

JDK.621.31

ENJAAC 35 (1 — 6) 1 — 540 (1986) YU ISSN 0013 — 7448

energija

ČASOPIS ELEKTROPRIVREDE HRVATSKE

Zagreb, prosinac 1986.

SADRŽAJ »ENERGIJE« U 1986. GODINI

	str.	br.		str.	br.
<i>Bajić A.</i> : Numerička simulacija strujanja na trasi dalekovoda	455	6	<i>Mužek Z.</i> : Cijene nafte u svijetu — dosadašnji razvitak i neke premise za budućnost	351	5
<i>Barta-Koštrun S.</i> — <i>Čauš I.</i> : Organizacija planiranja i praćenja studijsko-istražnih i projektnih radova elektroprivrede Hrvatske korištenjem kompjutora	205	3	<i>Nadinić B.</i> : Nova metoda utvrđivanja ekspanzionih linija turbina s vlažnom parom u nuklearnim elektranama	369	5
<i>Crnogorac Ž.</i> — <i>Mikac M.</i> : Prikaz upotrebe mikro-računala ZH spectrum za tehničke proračune	55	1	<i>Nadinić B.</i> : Procjena utjecaja na okolinu rashladnih tornjeva NE Krško	465	6
<i>Filipović-Grčić B.</i> — <i>Hrs I.</i> : Osvrt na problematiku rada pod naponom	41	1	<i>Ožegović M.</i> — <i>Sutlović E.</i> — <i>Grulović N.</i> : Automatska priprema osnovnih podataka za proračun tokova snaga i napona	17	1
<i>Granić G.</i> — <i>Bradarić M.</i> : Energetska bilanca u planiranju razvoja elektroenergetskog sistema /II dio/	5	1	<i>Ožegović M.</i> : Matematički model jednogpolnog kratkog spoja kada je otpor uzemljenja stanice različit od nule	449	6
<i>Granić G.</i> — <i>Pešut D.</i> : Elektroenergetska bilanca u planiranju razvoja elektroenergetskog sistema /III dio/	99	2	<i>Pavičić K.</i> : Teškoće u radu kompenzacijskog bazena Gusić Polje i njihovo uklanjanje	275	4
<i>Hüttl A.</i> : Ten years of experience in technology transfer for turnkey power plants	111	2	<i>Pavlović J.</i> : Sistem i politika cijena električne energije	163	3
<i>Ivanović M.</i> : Definiranje i realizacija energetske politike na području slavonsko-baranjske regije u razdoblju od 1980. do 1985. godine	33	1	<i>Požar H.</i> : O dugoročnom razvoju proizvodnje električne energije u Jugoslaviji konvencionalnim energetskim izvorima	339	5
<i>Ivanović M.</i> : Osječki časopis »Privreda« o razvoju slavonsko-baranjske energetike i o efikasnosti korištenja energije u toku svog tridesetogodišnjeg izlaženja	215	3	<i>Rajić F.</i> : Praktične granice automatike u termoelektranama	377	5
<i>Ivanović M.</i> : Potrošnja električne energije u domaćinstvima izabranih zemalja Evrope i Jugoslavije	257	4	<i>Praznik H.</i> : Dokumentacijsko-informativna djelatnost u elektroprivredi	401	5
<i>Jung M.</i> : Svrsishodnost izravnih mjerenja opasnosti u dojavnim vodovima	271	4	<i>Schenner R.</i> : Određivanje dnevnog dijagrama opterećenja grupe kućanstava pomoću modela	265	4
<i>Kalan B.</i> : Zahtjevi na kvalitetu regulacije razine vode u bubnju	197	3	<i>Šimović J.</i> : Uloga i značaj udruženih sredstava društvene reprodukcije u financiranju razvoja privredne infrastrukture	171	3
<i>Kandžija V.</i> : Međunarodno naftno tržište	247	4	<i>Tonković Z.</i> — <i>Radmilović B.</i> : Povezivanje zagrebačkog područja sa prijenosnom mrežom superponiranih napona	25	1
<i>Malbaša N.</i> : Analiza kriterija s obzirom na onečišćenje zraka u sklopu izbora lokacije za toplanu na ugljen u području Zagreba	179	3	<i>Tonković Z.</i> : Analiza i izbor najpovoljnijeg uklopnog stanja TS 380/220/110 kV Melina	393	5
<i>Markovčić B.</i> : 35 godina časopisa Energija	3	1	<i>Topić J.</i> : Analiza gubitaka električne energije u prijenosnoj mreži Jugoslavije	87	2
<i>Milanović Z.</i> : Povećanje energetske iskoristivosti postrojenja loženih prirodnim plinom	119	2	<i>Topić J.</i> : Analiza gubitaka električne energije u distributivnim mrežama Jugoslavije	439	6
<i>Milanović Z.</i> : Mogućnosti pročišćavanja dimnih plinova u budućoj palionici otpada u Zagrebu	477	6	<i>Vuković V.</i> : Neke specifičnosti u projektiranju nuklearnih elektrana	279	4
<i>Mileusnić E.</i> : Kvarovi na prekidačima	397	5	<i>Žutobradić S.</i> : O vjerojatnosti nastanka povratnog preskoka na elektrodistributivnim vodovima	127	2
<i>Moser J.</i> : Pravilno održavanje zračnih distributivnih mreža kao mjera zaštite od požara	461	6	Radovi Instituta za elektroprivredu u 1985. godini	291	4
<i>Muftić Dž.</i> — <i>Ilijanić V.</i> : Električko dimenzioniranje glave novih 400 kV stupova	187	3			

IZDAVAČI	Godište 35 (1986)	Zagreb 1986	Br. 1
----------	-------------------	-------------	-------

Zajednica elektroprivrednih organizacija
Hrvatske

Institut za elektroprivredu, Zagreb

SIZ za znanstveni rad Hrvatske

IZDAVAČKI SAVJET

Ivo Božin, dipl. inž., Institut za elektroprivredu, Zagreb — Josip Antić, dipl. inž., »Elektroprimorje« Rijeka — Anđelko Modrčin, dipl. inž., »Elektroprivreda« Rijeka — Anđelko Dujmović, dipl. inž., »Elektroslavonija« Osijek — Dragutin Stanić, dipl. ecc., »Elektroprivreda Dalmacije« Split — mr Damir Subašić, dipl. ecc., Elektroprivreda Zagreb — Zdenka Jelić, prof., Institut za elektroprivredu, Zagreb — Mladen Zeljko, dipl. inž., Institut za elektroprivredu, Zagreb

UREDNIČKI ODBOR

Glavni urednik: dr Zorko Cvetković, dipl. inž.

Urednik: Zdenka Jelić, prof.

Urednici rubrika: »Energetski sistemi«, Nikola Bilčar, dipl. inž. — »Hidroelektrane«, Đuro Hatić, dipl. inž. — »Termoelektrane i Toplane«, Mladen Nadinić, dipl. inž. — Prijenos električne energije, Zorko Cvetković, dipl. inž., Zagreb — Josip Neveščanin, dipl. inž., Split — »Razvod, distribucija i potrošnja električne energije«, Tomislav Belan, dipl. ec., Jure Šimović, dipl. ec., Petar Kuzele, dipl. inž. — »Ekonomika elektroprivrednih poduzeća, ekonomskofinancijska i tarifna pitanja, te ekonomika poslovanja«. — Tehnički urednik: Branko Mališ — Lektor: Vladimir Strojny, prof. — Metrološka recenzija: Mladen Zeljko, dipl. inž.

SADRŽAJ	
Markovčić B.: 35 godina časopisa Energija	3
Granić G. — Bradarić M.: Elektroenergetska bilanca u planiranju razvoja elektroenergetskog sistema (II dio) Originalni znanstveni rad	5
Ožegović M. — Sutlović E. — Grulović N.: Automatska priprema osnovnih podataka za proračun tokova snaga i napona — Originalni znanstveni rad	17
Tonković Z. — Radmilović B.: Povezivanje zagrebačkog područja sa prijenosnom mrežom superponiranih napona — Pregledni rad	25
Ivanović M.: Definiranje i realizacija energetske politike na području slavonsko-baranjske regije u razdoblju od 1980. do 1985. god. — Pregledni rad . .	33
Filipović-Grčić B. — Hrs I.: Osvrt na problematiku rada pod naponom — Stručni rad	41
Crnogorac Ž. — Mikac M.: Prikaz upotrebe mikroracunala ZX SPECTRUM za tehničke proračune — Stručni rad	55
Vijesti iz elektroprivrede	56
Iz strane stručne literature	59
Nove knjige	61
Oglasi	63

Časopis je oslobođen plaćanja poreza na promet rješenjem Republičkog sekretarijata za prosvjetu, kulturu i fizičku kulturu SR Hrvatske broj 886/1-1979.

Uredništvo i uprava:

Zagreb, Ulica Proleterskih brigada 37

Pošt. pretinac 293, telefoni 511-455, 513-822 (328)

Godišnje izlazi 6 brojeva. Godišnja pretplata za pojedince iznosi 1200 dinara, a za poduzeća i ustanove 4000 dinara. Cijena pojedinog broja u prodaji 600 (za studente 200) dinara.

Za inozemstvo \$ 90 godišnje.

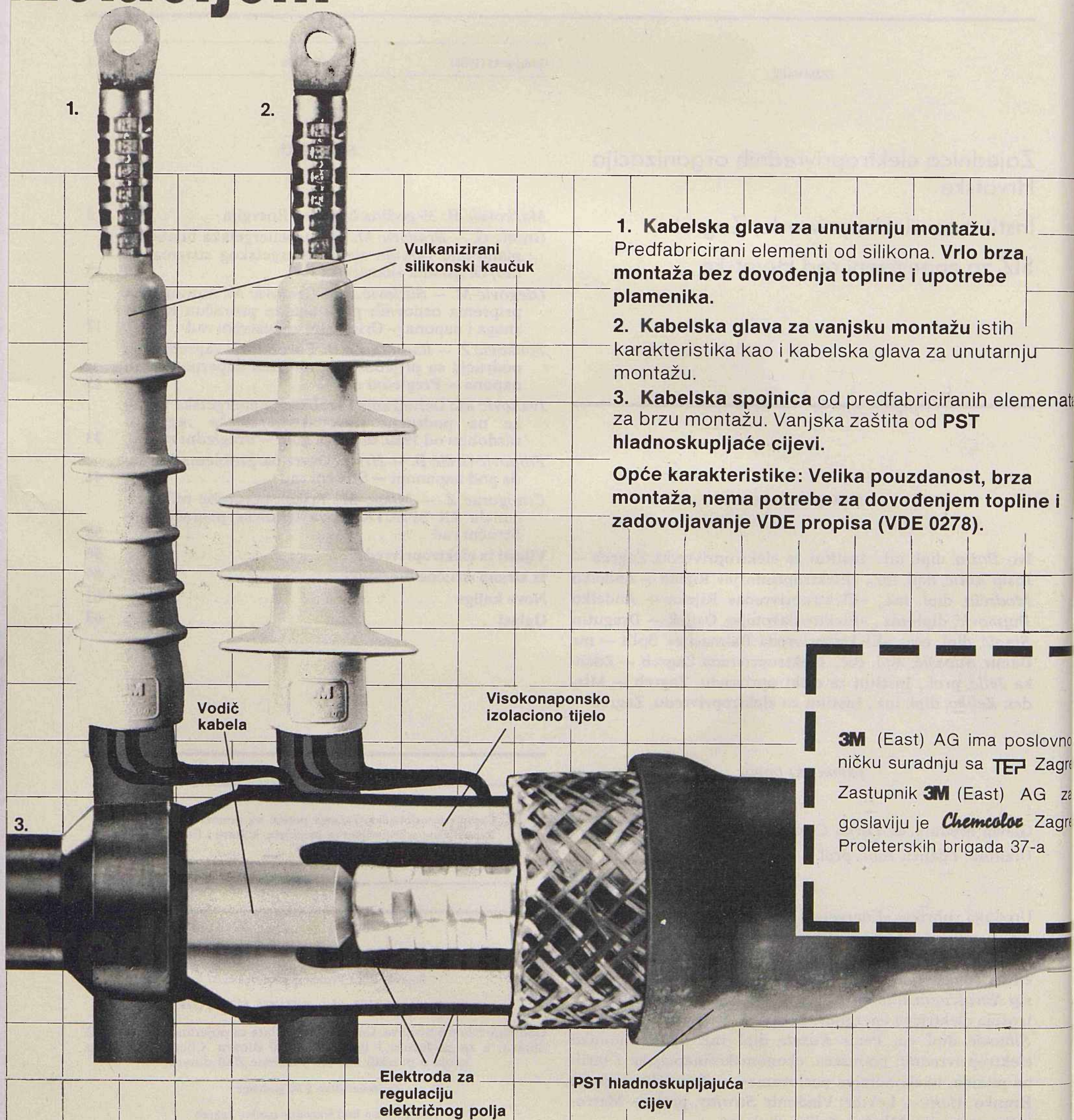
Tekući račun kod Narodne banke, Zagreb

Institut za elektroprivredu (za »Energiju«) broj 30101-603-565

Tisak i klišej: RO »Zrinski« TIZ, Čakovec

Kabelski pribor za energetiku

Scotch Predfabricirani elementi od silikona za kabele sa PE i XPE izolacijom



3M (East) AG ima poslovnu
ničku suradnju sa **TEP** Zagreb
Zastupnik **3M** (East) AG za
goslaviju je **Chemcolor** Zagreb
Proleterskih brigada 37-a



35 GODINA ČASOPISA »ENERGIJA«

*Boris Markovčić, od 1963. do
ovog broja glavni i odgovorni
urednik »Energije«*

»Energija« se prvi put pojavila 1951. godine kao Bilten elektroprivrede Hrvatske, umnožen na geštetneru, iako je već 1950. godine bilo pokušaja da se pokrene glasilo Generalne direkcije elektroprivrede Hrvatske. Bilten se počeo štampati 1956. godine od br. 3, a od 1957. mijenja ime u Energija — Bilten Zajednice elektroprivrednih poduzeća Hrvatske i Instituta za elektroprivredu.

Godine 1963. odlazi prvi i dugogodišnji glavni urednik inž. Božidar Filipović, a uredništvo od broja 5-6 iste godine preuzima inž. Boris Markovčić. Godine 1970. odlazi urednik Ernest Radetić, a dolazi Zdenka Jelić.

Od 1966. godine »Energiju« su pomagale radne organizacije: »Elektroprivreda« Rijeka, »Elektroprivreda Dalmacije« Split, »Elektra« Karlovac, »Elektroslavonija« Osijek, »Elektroistra« Pula, »Elektroprimorje« Rijeka, »Elektrodalmacija« Split, »Elektra« Zagreb, Elektroprivreda Zagreb — OOUR Elektroprenos, Institut za elektroprivredu, Zagreb.

Ovom prilikom im se zahvaljujemo na dvadesetogodišnjoj suradnji i razumijevanju.

Godine 1985. Samoupravnim sporazumom između ZEOH-a i Instituta financiranje časopisa riješeno je na mnogo jednostavniji i sigurniji način.

Od 1972. Energija dobiva dotaciju i SIZ-a za znanstveni rad SRH. Nekad skromna sredstva čine danas znatan iznos u sveukupnom financiranju.

Časopis je u toku svog dugogodišnjeg izlaženja pratio razvoj elektroprivrede Hrvatske i Jugoslavije i dao mu svoj skroman doprinos. Niz tehničkih, ekonomskih i organizacionih problema našlo je svoje mjesto na stranicama časopisa. Stručnjaci iz elektroprivrede najrazličitijih profila iznosili su svoja iskustva, prijedloge i tehnička rješenja, kao i obavijesti o dostignućima na polju proizvodnje, prijenosa i distribucije električne energije. Premda časopis elektroprivrede Hrvatske, on je svoje stranice otvorio i ostalim stručnjacima, naročito onima s elektrotehničkih fakulteta, a nije se ograničio samo na SR Hrvatsku, već je prihvatio i suradnju iz drugih republika i pokrajina.

Kao moderan znanstveno-stručni časopis »Energija« danas ispunjava sve zahtjeve Referalnog centra zagrebačkog sveučilišta. Primjenjuje međunarodne bibliografske oznake, način pisanja formula i mjernih jedinica.

Početak sedamdesetih godina u krugu Izdavačkog savjeta i Uredničkog odbora mnogo se raspravljalo o sadržaju i fizionomiji časopisa, a bilo je i nevezanih razgovora sa suradnicima iz elektroprivrede. Čulo se dosta divergetnih ideja, no prevladalo je mišljenje da časopis mora zadovoljiti širi krug čitalaca u elektroprivredi i prema tome se znanstveno-stručni nivo može kretati u dosta širokom rasponu. Bitna je aktualnost i opća kvaliteta radova. Stalo se nadalje na stanovište da treba nastaviti s dotadašnjom osnovnom linijom i fizionomijom časopisa i nastojati da se što potpunije ispuni zadatak časopisa postavljen već prilikom njegova osnivanja, tj. da obrađuje stručna pitanja elektroprivrede Hrvatske. O općoj energetici i ostalim nosiocima osim električne energije (ugljen, nafta, plin) smatralo se da treba pisati informativno u onom opsegu u kojem može interesirati elektroprivredu.

Svrha je časopisa da uzdiže kadrove i da informira. S jedne strane pisanjem u časopisu elektroprivredni stručnjaci imaju priliku da prošire znanje u području svoje djelatnosti, a s druge im se pak strane pruža mogućnost da pisanjem članaka produbljuju znanje i stječu širu tehničku kulturu. Naši tehnički radnici, naročito oni u operativi, imaju bogata i dragocjena iskustva o kojima bi vrijedilo pisati, ali se na to teško odlučuju.

Uredništvo je nastojalo da informira svoje čitatelje dijelom znanstveno-stručnim člancima, a dijelom putem rubrika vijesti iz elektroprivrede, Iz strane stručne literature, Nove knjige itd. Takvi informativni članci moraju biti na stručnoj visini i ostati aktualni u vremenskom razmaku izlaska časopisa koji izlazi dvomjesečno. Takva fizionomija časopisa ostala je sve do danas. Uredništvo dobiva najviše članaka iz područja studija i istraživanja, a manje je zastupljena pogonska problematika. Slabo su obuhvaćena pravna i organizaciona pitanja elektroprivrede, čemu su vjerojatno krive prilike u elektroprivredi.

Svih ovih godina dobra je suradnja s elektrotehničkim fakultetima u Zagrebu i Splitu, pa se nadamo da će takva i ostati.

Treba još dodati da časopis »Energija« izlazi već niz godina vrlo redovito, dvomjesečno, tj. 6 puta godišnje. U posljednje je vrijeme bilo dovoljno članaka, pa su recenzenti mogli primijeniti i strože kriterije pri njihovom odabiru.

Časopis je vrlo dobro primljen u zemlji i inozemstvu. Interes inozemstva najbolje se može procijeniti prema broju stranih časopisa koji dolaze kao zamjena za »Energiju«. Ova je zamjena naročito dragocjena danas kad se teže dolazi do inozemne literature. Osim toga, nekoliko svjetskih bibliografskih kuća vodi časopis u svojim katalozima.

U povodu ove obljetnice zahvaljujemo se drugovima: Davoru Machiedu, Branku Mrakovčiću, Petru Kuzeleu i Borisu Simončiću, koji više nisu članovi Izdavačkog savjeta i uredničkog odbora. Njihova pomoć i razumijevanje bili su nam dragocjeni u ne uvijek bezbrižnim danima.

B. M.

ELEKTROENERGETSKA BILANCA U PLANIRANJU RAZVOJA ELEKTROENERGETSKOG SISTEMA (II dio: proizvodnja termoelektrana, nuklearnih elektrana i termoelektrana-toplana)

dr Goran Granić — Miljenko Bradarić, Zagreb

UDK 621.31:621.31

ORIGINALNI ZNANSTVENI RAD

U radu je opisan dio metode za proračun elektroenergetske bilance za planiranje razvoja elektroenergetskog sistema koji se odnosi na termoelektrane, nuklearne elektrane i termoelektrane-toplane. Kod proračuna potrebne proizvodnje uvažava se vlastita neraspoloživost elektrana preko metode kumulanata.

Ključne riječi: elektroenergetski sistem, elektroenergetska bilanca, razvoj, planiranje.

1. UVOD

U ovom radu obradit će se problem raspodjele opterećenja između termoelektrana, nuklearnih elektrana i termoelektrana-toplana. Posebno se navodi svako od termoelektranih postrojenja jer postoji razlika u tretmanu koji proizlazi iz specifičnosti svakog postrojenja i mogućih ograničenja u pogonu.

Osnova za raspodjelu je krivulja trajanja opterećenja termoelektrana koja se dobije pošto se odredi bilanca snage i energije hidroelektrana uključivo i crpno-akumulacijska postrojenja s njihovim turbinskim i crpnim radom. Način određivanja krivulje trajanja opterećenja opisan je u L 1.

2. OSNOVNO O METODI

Površina ispod krivulje trajanja opterećenja predstavlja ukupnu proizvodnju termoelektrana, a oblik krivulje trajanja potrebne angažirane snage termoelektrana.

Kod raspodjele opterećenja na pojedine elektrane kao kriterij za raspodjelu uzima se minimum troškova proizvodnje. Traženje minimuma može se pojednostavniti ako se redoslijed angažiranja termoelektrana napravi prema veličini specifičnih troškova za gorivo na način da prioritet u angažiranju imaju elektrane s nižim specifičnim troškovima za gorivo. Takvo rješenje je uobičajeno u analizama prilika u planovima razvoja elektroenergetskih sistema i do sada se je kod nas primjenjivalo.

I uz poznavanje redoslijeda angažiranja i tehničkih karakteristika elektrana (snage na pragu i tehničkog minimuma) ostaje otvoreno pitanje mogućih neplaniranih ispada elektrana iz pogona i njihova utjecaja na vlastitu proizvodnju i proizvodnju ostalih termoelektrana.

Sama metoda dobila je naziv po koeficijentima reda kojima se opisuje krivulja trajanja opterećenja, kumulantima, koji se određuju kao linearna kombinacija statističkih momenata. U razradi metode iskorištena je mogućnost da se krivulja trajanja opterećenja može opisati redom u ovom slučaju Gram-Charlijerovim redom, te da je karakteristika kumulanata da se mogu koristiti za opisivanje vjerojatnosti distribucije ukupnih i parcijalnih ispada za svaki nivo opterećenja i za svaki agregat. Bitna karakteristika kumulanata je, također, da je suma nezavisnih slučajnih varijabli, iskazanih preko kumulanata, jednaka sumi kumulanata. To vrijedi za donos opterećenje — agregat ili agregat — agregat. Sama metoda pojavila se u stručnoj literaturi na kraju sedamdesetih godina i sada već ima raširenu primjenu u rješavanju ovakvih problema.

Kod određivanja potrebne proizvodnje termoelektrana objektivnom proračunu pridonosi uvažavanje potencijalne (očekivane) raspoloživosti i neraspoloživosti svakog agregata. Planirana neraspoloživost elektrana uzima se u proračun preko određivanja remonta i u tom vremenskom razdoblju (mjesec ili dva) elektrana u potpunosti nije sposobna za pogon. Neplanirani ispadi mogući su u bilo kojem vremenskom razdoblju i pri bilo kojem opterećenju. U analizama utjecaja neraspoloživosti termoelektrana na prilike u elektroenergetskom sistemu uvažavaju se sljedeći principi:

- vjerojatnost neplaniranog ispada elektrana jednaka je tijekom cijele godine i ne razlikuje se po sezonama
- vjerojatnost neplaniranih ispada jednaka je u bilo kojem trenutku osnovne vremenske jedinice (mjesec ili tjedan) i nezavisna je o veličini opterećenja ili ispadu nekog drugog agregata

— za svaku elektranu karakteristična je njena vjerojatnost neplaniranih ispada.

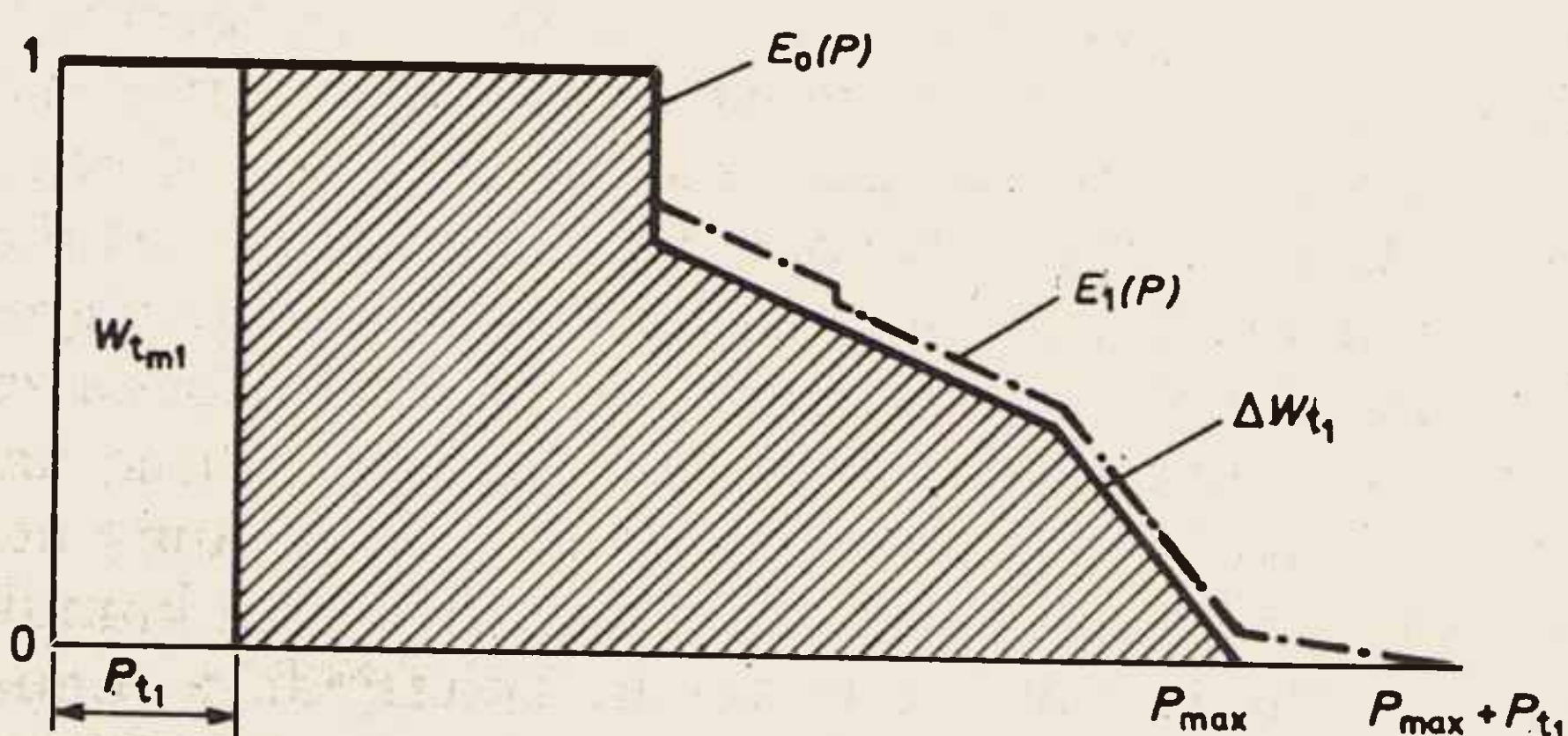
Neplanirani ispad elektrane utječe tako da smanjuje mogućnost proizvodnje elektrane, a povećava mogućnost proizvodnje ostalih elektrana u redoslijedu angažiranja koje slijede promatranu elektranu. Suštinsko je pitanje kod sagledavanja utjecaja neraspoloživosti elektrana:

- kako odrediti posljedice neraspoloživosti na vlastitu proizvodnju
- kako odrediti posljedice neraspoloživosti na proizvodnju ostalih elektrana.

Maksimalno moguća proizvodnja jednaka je proizvodnji elektrane prema položaju u krivulji trajanja opterećenja uz pretpostavku da je elektrana sposobna za rad u svakom trenutku. Za termoelektranu na sl. 1. maksimalno moguća proizvodnja jednaka je površini označenoj s W_{tm1} , a može se izračunati prema izrazu

$$W_{tm1} = T \int_0^{P_{t1}} E_0(P) dP \quad (1)$$

gdje je P_{t1} snaga na pragu elektrane, $E_0(P)$ funkcija koja opisuje krivulju trajanja opterećenja u koordinatnom sistemu vjerojatnost snaga.



Slika 1. Moguća i neostvarena proizvodnja elektrane u krivulji trajanja opterećenja

Ako se pretpostavi da je elektrana raspoloživa samo p_1 ($p_1 < 1$) vremena, onda se može izračunati i očekivana proizvodnja elektrane uz takvu vjerojatnost neplaniranih ispada

$$W_{t1} = p_1 \cdot W_{tm1} \quad (2)$$

Dio proizvodnje

$$\Delta W_{t1} = (1 - p_1) \cdot W_{tm1} \quad (3)$$

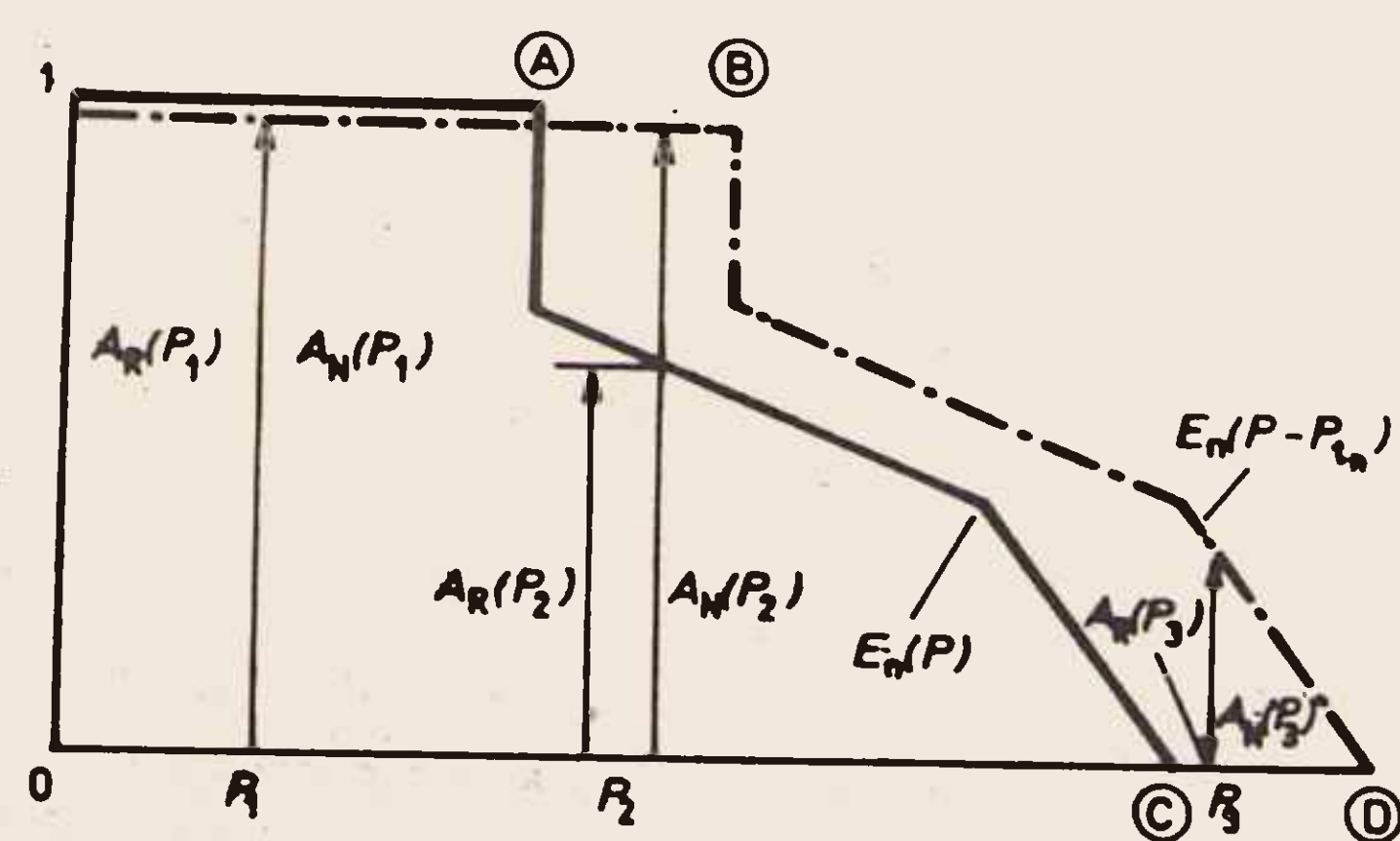
promatrane elektrane neće se moći ostvariti i taj dio proizvodnje preuzet će na sebe ostale elektrane.

Problem utjecaja neraspoloživosti jedne elektrane na proizvodnju ostalih elektrana rješava se po principu da se nakon angažiranja svake elektrane određuje preostali dio potrošnje koji trebaju zadovoljiti ostale elektrane. U taj preostali dio potrošnje uključen je i dio proizvodnje koji se ne može ostvariti zbog neraspoloživosti elektrane. Na sl. 1. jednostruko iscrtkana površina predstavlja potrošnju koju bi trebale zadovoljiti ostale elektrane da je raspoloživost prve elektrane $p_1 = 1$. Međutim, kako to nije slučaj, preostale elektrane trebaju zadovoljiti i dio potrošnje ΔW_{t1}

(dvostruko šrafirana površina) koju prva elektrana nije mogla zadovoljiti.

Kako se radi o krivulji trajanja opterećenja, s promjenjivim trajanjem pojedinog opterećenja, posebni problem je integracija dijela neostvarene proizvodnje ΔW_{t1} u krivulju trajanja opterećenja. Na jednostavnom primjeru moguće je objasniti osnovne principe integracije koji se temelje na već prije navedenim pravilima o nezavisnosti pojave opterećenja i mogućnosti ispada, kao i o vjerojatnosti da je ispad moguć pri svakom opterećenju.

Integracija neostvarene proizvodnje prvog agregata u krivulji trajanja opterećenja odnosi se na problem vremenske distribucije dodatne potrošnje, a ona proizlazi iz osnovne vjerojatnosti mogućih opterećenja koje treba da zadovolje preostale elektrane.



Slika 2. Krivulja trajanja opterećenja koja opisuje moguće prilike u sistemu nakon angažiranja promatrane elektrane

Na sl. 2. punom je linijom nacrtana krivulja trajanja opterećenja preostalih elektrana uz pretpostavku da je elektrana koja je prethodno angažirana (u ovom slučaju prva elektrana) 100% raspoloživa za pogon u svakom trenutku. Druga krivulja nacrtana je isprekidanom linijom i predstavlja krivulju trajanja opterećenja za preostale elektrane za slučaj da elektrana koja je prethodila nije raspoloživa za pogon. Između te dvije krajnosti nalazi se krivulja trajanja opterećenja koja će uzeti u obzir stvarnu raspoloživost za pogon promatrane elektrane.

Matematički postupak određivanja korigirane krivulje trajanja opterećenja, koja bi integrirala utjecaj nesposobnosti za pogon, temelji se na principu da je ispad elektrane jednako vjerojatan pri svakom opterećenju. Pojava opterećenja ovisi o obliku krivulje trajanja opterećenja (vjerojatnost E) i o vjerojatnosti ispada elektrane, tako da jedna mogućnost ima vjerojatnost p (krivulja s angažiranom elektranom), a druga vjerojatnost $(1 - p)$ (krivulja bez angažirane elektrane). Općenito se može napisati da je vjerojatnost pojave bilo kojeg opterećenja jednaka sumi umnožaka vjerojatnosti pojave stanja i vjerojatnosti pojave opterećenja i računa se prema izrazu

$$A(P) = p \cdot A_R(P) + (1 - p) \cdot A_N(P) \quad (4)$$

gdje je p — vjerojatnost da će elektrana biti raspoloživa za pogon, $A_R(P)$ — vjerojatnost pojave opterećenja koje bi trebale preuzeti druge elektrane za slučaj da je elektrana sposobna za pogon, $(1 - p)$ — vjerojatnost neplaniranog ispada iz pogona i $A_N(P)$ — vje-

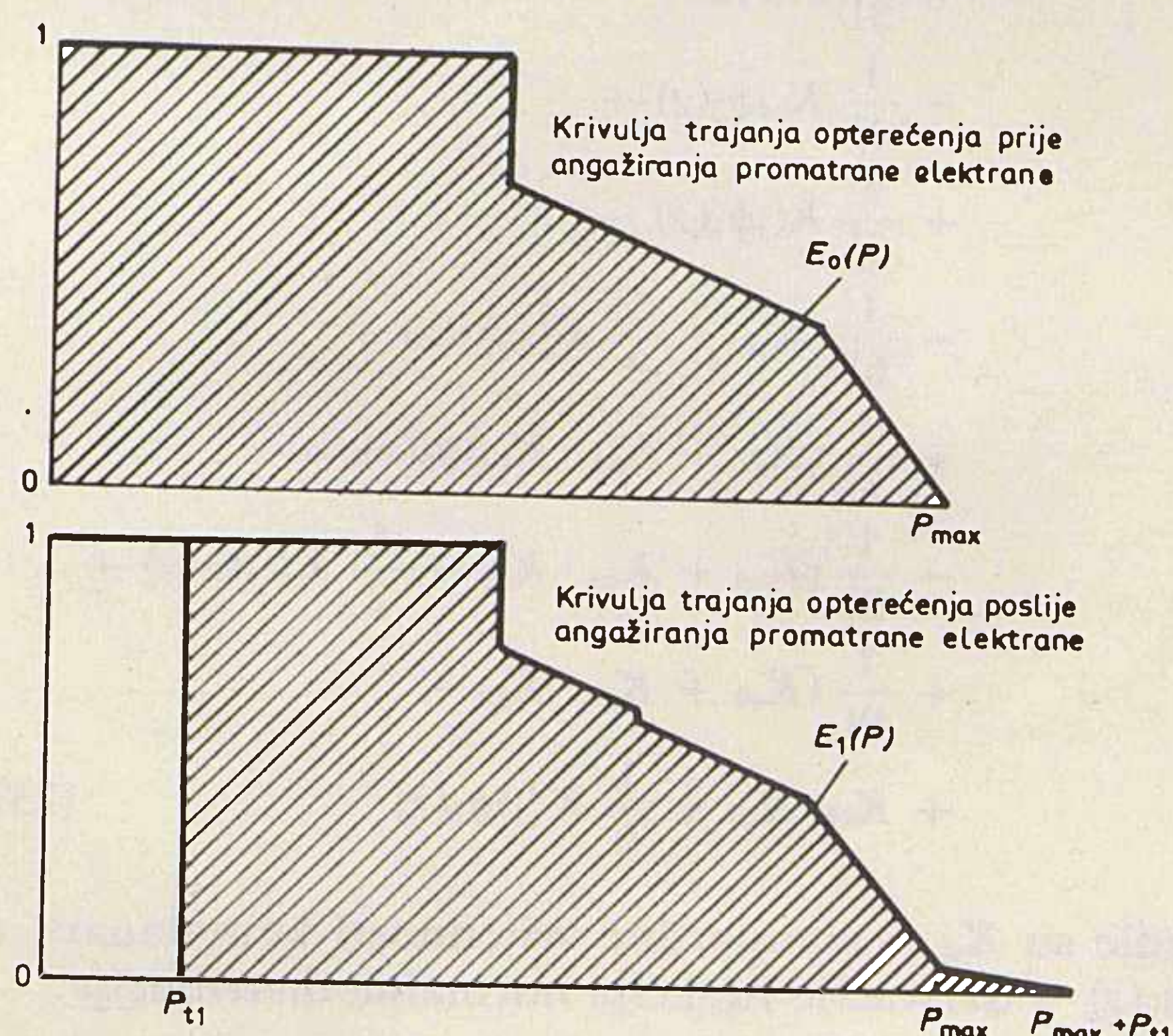
rojatnost pojave opterećenja koje bi trebale preuzeti ostale elektrane za slučaj da je promatrana elektrana izvan pogona. U dijelu opterećenja, prema slici 2. do točke A vjerojatnost $A_R(P)$ jednaka je vjerojatnosti $A_N(P)$ zato što je taj dio opterećenja koje moraju preuzeti ostale elektrane neovisan o tome da li je promatrana elektrana sposobna ili nije sposobna za pogon. Između točke A i B po jednoj krivulji već se ostale elektrane nalaze u području promijenjenog trajanja opterećenja. Karakteristike krivulje trajanja opterećenja u dijelu od (B) do (C) su slične, a u dijelu (C) i (D) postoji bitna razlika. Naime, kada bi promatrana elektrana bila sposobna za pogon ostale elektrane preuzele bi samo dio opterećenja do točke (C). Međutim, kako to nije slučaj, one treba da preuzmu i dio opterećenja između točke (C) i (D), jasno uz određenu vjerojatnost pojave takvog slučaja.

Ako bi se proveo proračun za svako opterećenje, dobila bi se integrirana krivulja kao na sl. 1., u koju je uključen, u odnosu na osnovnu krivulju, i dio neostvarene proizvodnje promatrane elektrane (dvostruko šrafirana površina na slici 8).

Potrebna proizvodnja svake elektrane određuje se kao razlika proizvodnje elektrana prije i poslije angažiranja promatrane elektrane.

$$W_{t1} = T \cdot \int_0^{P_{\max}} E_0(P) dP - T \cdot \int_{P_{t1}}^{P_{\max} + P_{t1}} E_1(P) dP \quad (5)$$

gdje je $P_{\max}$ — maksimalno opterećenje, $E_0(P)$ — funkcija koja opisuje zakonitost pojave opterećenja prije angažiranja promatrane elektrane, P_{t1} — snaga na pragu promatrane elektrane, $E_1(P)$ — funkcija koja opisuje zakonitost promjene opterećenja nakon angažiranja promatrane elektrane. Prvi integral daje potrebnu proizvodnju s proizvodnjom promatrane elektrane, a drugi integral proizvodnju ostalih elektrana uključivši i neostvarenu proizvodnju promatrane elektrane zbog cijene neraspoloživosti.



Slika 3. Potrebna proizvodnja termoelektrana prije i poslije angažiranja promatrane elektrane

3. METODA KUMULANATA

U razvoju metode kumulanata iskorištena je generalna sličnost između oblika krivulje trajanja opterećenja i kumulativne funkcije normalne distribucije. Dalja aproksimacija postiže se upotrebom Gram-Charlierova reda, koji se sastoji od funkcije normalne distribucije i njenih derivacija. Funkcija distribucije Gram-Charlierova reda ima osnovni oblik

$$F(z) = \sum \delta_i \cdot \phi_i(z) \quad \text{za } i = 0, 1, 2, 3, \dots \quad (6)$$

gdje je δ_i — koeficijenti reda sastavljeni iz kumulanta, ϕ_i — funkcija normalne distribucije i z — standardna varijabla. Krivulja trajanja opterećenja ima sličnosti s kumulativnom krivuljom normalne distribucije, pa je izraz za kumulativnu funkciju Gram-Charlierova reda integral funkcije $F(z)$

$$E(z) = \int_z^\infty \sum \delta_i \phi_i(z) dz \quad (7)$$

Daljnjim integriranjem funkcije $E(z)$ dobije se energija ispod krivulje trajanja opterećenja, odnosno potrebna proizvodnja elektrana:

$$W_t = \sigma \cdot T \int_z^\infty \int_z^\infty \sum \delta_i \phi_i(z) dz \quad (8)$$

U izraz je uključena σ — standardna devijacija zato što se integriranje izvodi preko standardne varijable z . Potrebna proizvodnja neke elektrane dobije se, kao što je to već navedeno u izrazu 5, kao razlika proizvodnje elektrane prije i poslije angažiranja promatrane elektrane.

Općeniti se izraz može napisati

$$W_{t1} = \sigma_{n-1} \cdot T \int_{z_{n-1}}^\infty E_{n-1}(z) dz - \sigma_n \cdot T \int_{z_n}^\infty E_n(z) dz \quad (9)$$

gdje je σ_{n-1} — standardna devijacija prije angažiranja n -te elektrane, σ_n — standardna devijacija poslije angažiranja n -te elektrane, $E_{n-1}(z)$ — kumulativna funkcija Gram-Charlierova reda koja opisuje oblik krivulje trajanja opterećenja prije angažiranja n -te elektrane, $E_n(z)$ — isto kao $E_{n-1}(z)$, ali poslije angažiranja n -te elektrane, z_{n-1} — standardna varijabla prije angažiranja n -te elektrane, z_n — standardna varijabla nakon angažiranja n -te elektrane.

Gram-Charlierov red

Osnova rada je funkcija normalne distribucije oblika

$$\phi_0(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-z^2/2} \quad (10)$$

gdje je z — standardna varijabla koja se računa prema izrazu $z = \frac{p - \mu}{\sigma}$, p — ekvivalentni nivo opterećenja za koji se računa ekvivalentna krivulja trajanja opterećenja, μ — srednja vrijednost koja se određuje prema izrazu $\mu = \frac{1}{n} \sum v_i \cdot P_i$, n — ukupni broj promatranja, v — apsolutna frekvencija, σ — standardna

devijacija koja se određuje prema izrazu $\sigma^2 = \frac{1}{n} \sum v \cdot (P_i - \mu)^2$.

Ostali članovi reda su derivacije funkcije normalne distribucije. Općenito se može za derivacije normalne distribucije napisati da je:

$$\phi_i = \frac{(-1)^i}{\sqrt{2\pi}} e^{-z^2/2} \cdot H_i(z) \quad (11)$$

gdje je $H_i(z)$ — skraćeni zapis za Hermiteov polinom.

$$H_i(z) = z^i + 1 \cdot \delta_2^i z^{i-2} + 1 \cdot 3 \cdot \delta_4^i z^{i-4} - 1 \cdot 3 \cdot 5 \cdot \delta_6^i z^{i-6} + \dots \quad (12)$$

Budući da prvi i drugi koeficijent (δ_1 i δ_2) imaju vrijednost 0, Gram-Charlierov red za funkciju distribucije glasi

$$F(z) = \phi_0 + \delta_3 \phi_3(z) + \delta_4 \phi_4(z) + \dots \quad (13)$$

ili

$$F(z) = \phi_0 - \frac{1}{3!} K_{s3} \cdot \phi_3(z) + \frac{1}{4!} K_{s4} \phi_4(z) - \dots \quad (14)$$

gdje su K_{s3} i K_{s4} — standardne vrijednosti kumulanata i mogu se izračunati preko kumulanata i standardne devijacije $K_{sj} = K_j / \sigma^j$. Vrijednost kumulanata K_j određuje se preko momenta višeg reda prema izrazu

$$K_j = \mu_j - \sum_{i=1}^{j-3} \binom{j-1}{i} \cdot \mu_{j-1-i} \cdot K_{i+1} \quad (15)$$

za $j = 3, 4, \dots$

Za prvi i drugi kumulanti uzima se da je

$$\begin{aligned} \mu_1 &= \mu = K_1 \\ \mu_2 &= \sigma^2 = K_2 \end{aligned} \quad (16)$$

Krivulja trajanja opterećenja opisuje se kumulativnom funkcijom distribucije, pa Gram-Charlierov red za kumulativnu funkciju distribucije glasi

$$E(z) = \int_z^\infty \phi_0(z) dz + \frac{1}{3!} K_{s3} \phi_2(z) - \frac{1}{4!} K_{s4} \cdot \phi_3(z) + \dots \quad (17)$$

4. PRORAČUN PROIZVODNJE ELEKTRANA

Proizvodnja elektrana određuje se prema izrazu 9. Nepoznanice u izrazu su funkcije $E_{n-1}(z)$ i $E_n(z)$ koje predstavljaju oblik krivulje trajanja opterećenja prije i poslije angažiranja n -te elektrane. Ako bi se proračun startao od početka, onda bi krivulja E_{n-1} bila osnovna (ili početna) krivulja trajanja opterećenja elektrana, a integral površine ispod krivulje predstavljao bi potrebnu proizvodnju elektrana. Obradom krivulje trajanja opterećenja prema prije navedenim izazima dobit će se $E_0(z)$.

Za određivanje funkcije E_n , tj. funkcije nakon angažiranja n -te elektrane, koristi se svojstvo kumulanata da je suma nezavisnih varijabli iskazanih preko ku-

mulanata jednaka sumi individualnih kumulanata krivulje trajanja opterećenja, odnosno elektrana. To znači da je kumulanti bilo kojeg reda poslije angažiranja agregata jednak sumi kumulanata prije angažiranja agregata i kumulanata istog reda agregata. Općenito bi se mogao napisati izraz

$$K_{nj} = K_{n-1j} + K_{ej} \quad \text{za } j = 1, 2, \dots \quad (18)$$

gdje je K_{n-1j} — kumulanti prije angažiranja elektrane j -tog reda, a K_{ej} — kumulanti elektrane, j — indeks reda kumulanata. Prethodno je pokazan proračun kumulanata krivulje trajanja opterećenja. I za kumulanate elektrana vrijede isti kriteriji, s naglaskom da se kod agregata promatra vjerojatnost neplaniranih ispada elektrana i njihov utjecaj na proizvodnju ostalih elektrana.

Srednja vrijednost (moment prvog reda) određuje se prema izrazu

$$\mu_{e1} = (1-p) \cdot P_t \quad (19)$$

a standardna devijacija (moment drugog reda)

$$\sigma_e^2 = (1-p) \cdot (P_t - \mu_{e1})^2 + p(0 - \mu_{e1})^2 \quad (20)$$

Analogno izrazu (20) mogu se izračunati momenti višeg reda

$$\mu_{aj} = (1-p) (P_t - \mu_{ej})^j + p(0 - \mu_{e1})^j \quad (21)$$

za $j = 3, 4, 5, \dots$

Kumulanti agregata, kao i kumulanti krivulje trajanja opterećenja određuje se prema izrazu 16.

$$K_{ej} = \mu_{ej} - \sum_{i=1}^{j-3} \binom{j-1}{i} \mu_{ej-1-i} \cdot K_{i+1} \quad (22)$$

za $j = 3, 4, \dots$

Točnost proračuna povezana je s brojem članova reda: što je veći broj članova reda veća je i točnost. Poželjno je da se proračun izvodi s više od 7 članova reda. Oblik funkcije $E(Z)$ s 9 članova naveden je u izrazu

$$\begin{aligned} E(z) &= \int_z^\infty \phi_0(z) dz + \\ &+ \frac{1}{3!} K_{s3} \phi_2(z) - \\ &- \frac{1}{4!} K_{s4} \phi_3(z) + \\ &+ \frac{1}{5!} K_{s5} \phi_4(z) - \\ &- \frac{1}{6!} (K_{s6} + \frac{1}{2} K_{s3}^2) \phi_5(z) + \\ &+ \frac{1}{7!} (K_{s7} + K_{s3} \cdot K_{s4}) \phi_6(z) - \\ &- \frac{1}{8!} (K_{s8} + K_{s3} \cdot K_{s5} + \frac{1}{2} K_{s4}^2) \phi_7(z) + \\ &+ \frac{1}{9!} (K_{s9} + K_{s3} \cdot K_{s6} + \\ &+ K_{s4} \cdot K_{s5} + \frac{1}{6} K_{s3}^3) \phi_8(z) \end{aligned} \quad (23)$$

gdje su K_{sj} — standardne vrijednosti kumulanata, a $\phi_j(z)$ — derivacije funkcije normalne distribucije.

Energija ispod krivulje trajanja opterećenja može se izračunati kao integral krivulje $E(z)$ od z do ∞ , a prema relaciji

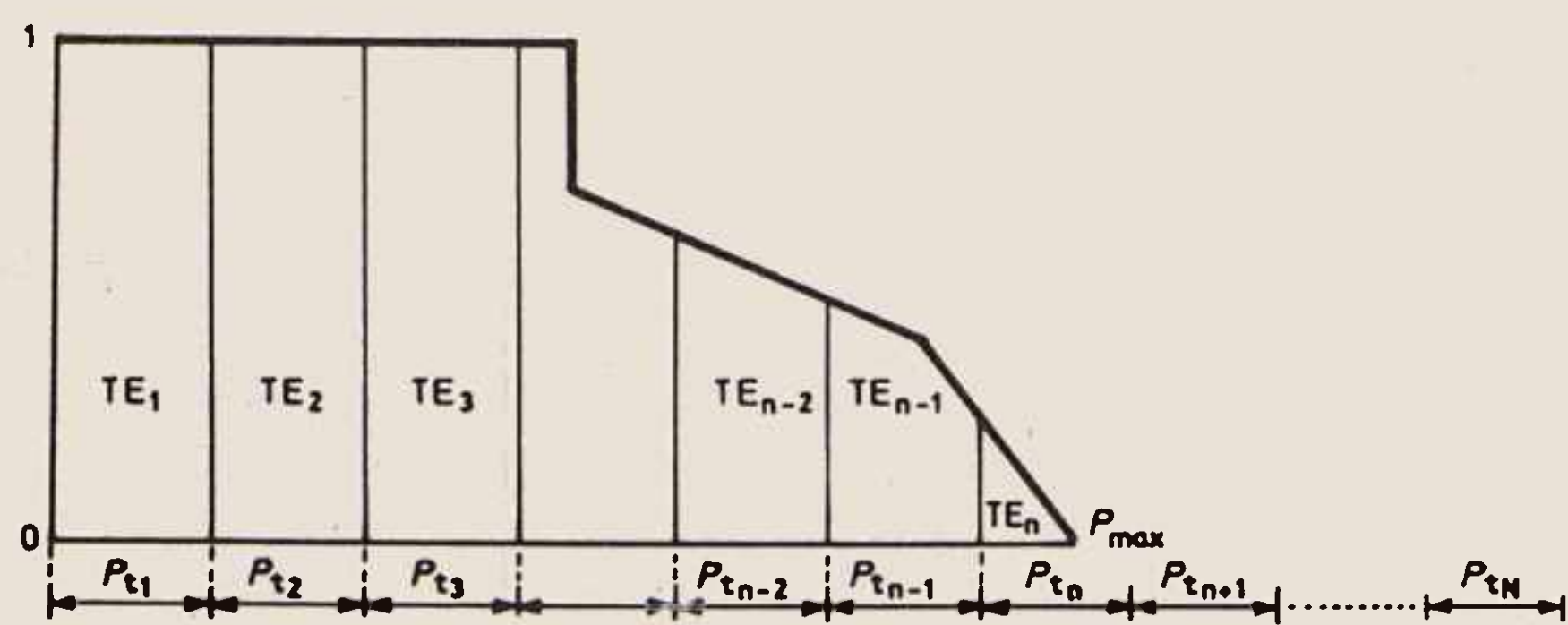
$$\begin{aligned}
\int_z^\infty E(z) dz &= \int_z^\infty \int_z^\infty \phi_0(z) dz - \\
&- \frac{1}{3!} K_{s3} \cdot \phi_1(z) + \\
&+ \frac{1}{4!} K_{s4} \cdot \phi_2(z) - \\
&- \frac{1}{5!} K_{s5} \cdot \phi_3(z) + \\
&+ \frac{1}{6!} (K_{s6} + \frac{1}{2} K_{s3}^2) \cdot \phi_4(z) - \\
&- \frac{1}{7!} (K_{s7} + K_{s3} + K_{s4}) \cdot \phi_5(z) + \\
&+ \frac{1}{8!} (K_{s8} + K_{s3} \cdot K_{s5} + \frac{1}{2} K_{s4}^2) \cdot \phi_6(z) - \\
&- \frac{1}{9!} (K_{s9} + K_{s4} \cdot K_{s5} + \frac{1}{6} K_{s3}^3) \cdot \phi_7(z)
\end{aligned}
\quad (24)$$

5. TERMoeLEKTRANE I NUKLEARNE ELEKTRANE

U postupku određivanja potrebne proizvodnje ne postoje metodološke razlike između termoelektrana i nuklearnih elektrana ako ne postoje druga ograničenja u pogonu osim maksimalne (snaga na pragu) i minimalne (tehnički minimum) snage. Redoslijed angažiranja određuje se prema specifičnim troškovima za gorivo na način da prioritet u angažiranju imaju elektrane s manjim specifičnim troškovima za gorivo.

Izgradnja sistema u pravilu je veća od maksimalno potrebne snage iz krivulje trajanja opterećenja zbog potrebne rezerve sistema zbog neplaniranih ispada elektrana i njihova remonta. Kada je isplaniran remont elektrana, onda je rezerva sistema u funkciji neplaniranih ispada.

Ako bismo na trenutak zanemarili vjerojatnost neplaniranih ispada elektrana iz pogona, predviđena potrošnja zadovoljila bi se samo dijelom elektrana koje su na raspolaganju u promatranoj vremenskoj jedinici.



Slika 4. Raspodjela opterećenja na elektrane uz zanemarenje mogućnosti ispada elektrana

Od ukupno N elektrana za zadovoljenje potrošnje prema primjeru sa slike 11. dovoljno bi bilo angažirati samo n elektrana, ostale elektrane predstavljale bi rezervu sistema. Međutim, vjerojatnost ispada iz pogona elektrana veća je od nule, pa će za zadovoljenje jednake potrošnje biti potrebno angažirati više od

n elektrana. Postavlja se pitanje tretmana $n+1$, $n+2$ i ostalih elektrana čije angažiranje ovisi o raspoloživosti elektrana do uključivo n -te elektrane. Kada ne bi postojala ograničenja na tehnički minimum, ostale elektrane ($n+1$, $n+2$ do N) angažirale bi se prema redoslijedu angažiranja. Tretman tih elektrana bio bi jednak kao i tretman ostalih elektrana.

Razlike u tretmanu proizlaze iz tehničkog minimuma, jer osim prioriteta u redoslijedu angažiranja, kojim se osigurava povoljnija raspodjela opterećenja, potrebno je zadovoljiti i ograničenje na minimalnu snagu (tehnički minimum elektrane). Da bi se zadovoljilo to ograničenje, snaga elektrane se dijeli na dva dijela: snagu tehničkog minimuma i preostalu snagu, i elektrane se angažiraju prema utvrđenom redoslijedu angažiranja, ali najprije tehnički minimumi elektrana, a nakon toga preostali dio snage elektrana.

Obavezno angažiranje tehničkog minimuma tehnička je nužnost bez obzira na povećanje troškova za gorivo. To je jednoznačno rješenje za prvih n elektrana, jer je njihovo angažiranje neovisno o njihovoj raspoloživosti, bez obzira na to što je njihova proizvodnja u funkciji neraspoloživosti. Uključivanje u raspodjelu opterećenja $n+1$ elektrane ovisi o tome da li su sve elektrane koje prethode u redoslijedu angažiranja raspoložive za pogon ili ne. Ispad bilo koje elektrane od prvih n elektrana otvara prostor za angažiranje $n+1$ elektrane. Potreba za angažiranjem $n+1$ elektrane pojavljuje se i onda ako ispadne bilo koja kombinacija od 2, 3 ili više elektrana. Vjerojatnost angažiranja bilo koje od prvih n elektrana je 100%, a $n+1$ znatno manja jer je vezana za ispad jedne ili više elektrana. Još je manja vjerojatnost angažiranja $n+2$ elektrane jer je ono vezano za ispad dvije ili više elektrana.

Prema prije navedenom postoje razlike u vjerojatnosti angažiranja tehničkog minimuma prvih n elektrana u odnosu na $n+1$, $n+2$ i ostale elektrane i te razlike trebaju se odraziti na raspodjelu opterećenja. Rješenje je potraženo u određivanju korigiranog tehničkog minimuma koji uzima u obzir osim vlastite neraspoloživosti i neraspoloživost za pogon elektrana koje su prethodile njezinu angažiranju. Naravno, to se odnosi na $n+1$, $n+2$, i druge elektrane nakon n -te elektrane.

Kao i kod proračuna ukupne proizvodnje termoelektrana, tako i kod određivanja proizvodnje sa snagom tehničkog minimuma, promatra se prilika u sistemu kroz dva stanja u kojima se svaka elektrana može naći:

- stanje sposobnosti za pogon s vjerojatnošću p i
- stanje nesposobnosti za pogon s vjerojatnošću $(1 - p)$.

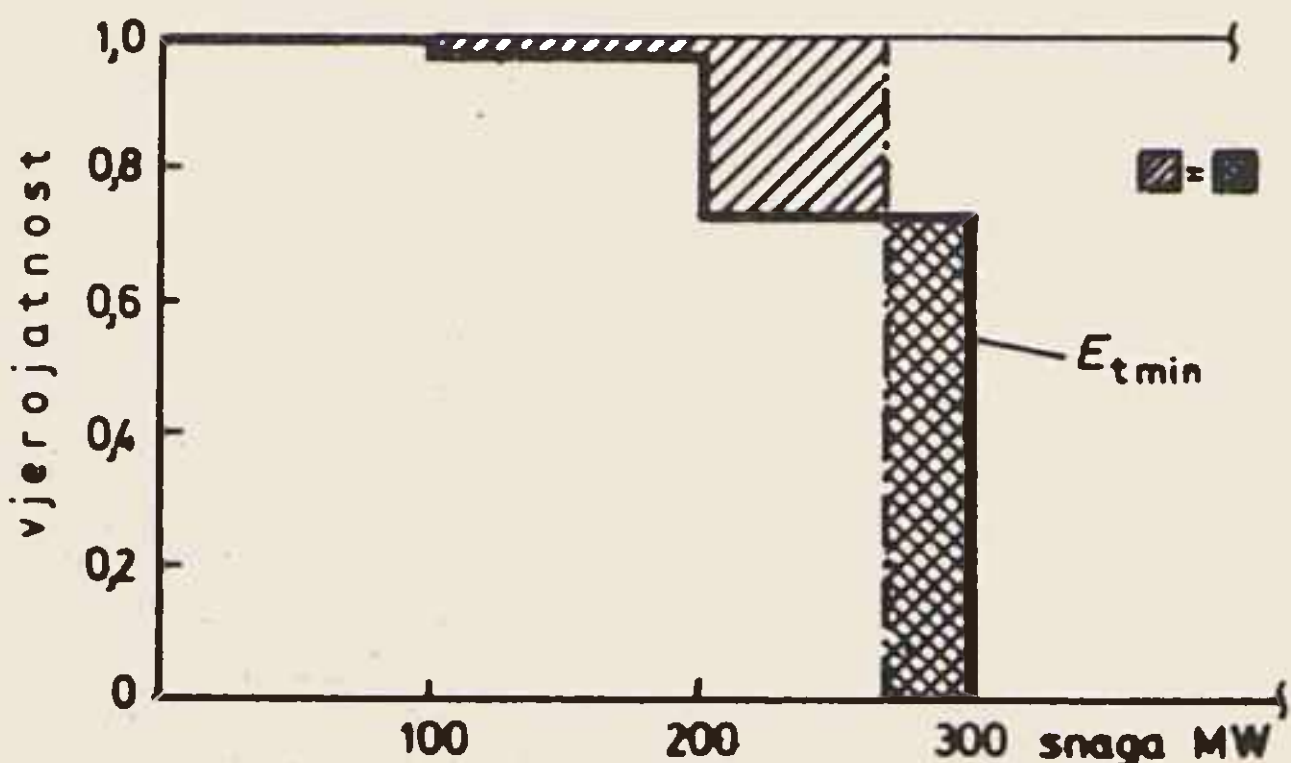
Budući da se svaka elektrana može naći u dva stanja, broj kombinacija je jednak 2^N . Za primjer s tri elektrane broj kombinacija iznosi 8. Moguća stanja s odgovarajućom vjerojatnošću i snagama navedena su u sljedećoj tablici:

Br. kom.	Vjerojatnost mogućih stanja i odgovarajuće snage					
	1 elektrana		2 elektrane		3 elektrane	
	vjerojatnost	snaga MW	vjerojatnost	snaga MW	vjerojatnost	snaga MW
1	0,100	0	0,010	0	0,001	0
2	0,900	100	0,090	100	0,009	100
3			0,090	100	0,009	100
4			0,810	200	0,009	100
5					0,081	200
6					0,081	200
7					0,081	200
8					0,729	300
1,000			1,000		1,000	

U primjeru su promatrane kombinacije s 1, 2 i 3 elektrane sa snagom tehničkog minimuma od 100 MW i vjerojatnosti sposobnosti za pogon od 0.9. Kako neke kombinacije imaju jednaku snagu i vjerojatnost događanja mogu se grupirati, pa za varijantu s 3 elektrane vrijedi sljedeće:

Snaga MW	Vjerojatnost	
	pojedinačna	kumulativna ($E_{tn\ min}$)
300	0,729	0,729
200	0,243	0,972
100	0,027	0,999
0	0,001	1,000

Kumulativna krivulja vjerojatnosti raspoloživih snaga elektrana prikazana je na sl. 5.



Slika 5. Kumulativna krivulja raspoloživih snaga elektrana za slučaj s tri (jednake) elektrane

Svaka elektrana sa snagom tehničkog minimuma mogla bi maksimano proizvesti

$$W_{tmin} = P_{min} \cdot T$$

(25)

Međutim, dio proizvodnje

$$\Delta W_{tmin} = (1 - p) \cdot W_{tmin}$$

(26)

zbog svoje neraspoloživosti neće proizvesti. Ukupna proizvodnja svih n elektrana mogla bi se izračunati prema izrazu

$$W_{tmin} = T \sum_{i=1}^n p_i \cdot P_{tmin}$$

(27)

Jednaka energija dobila bi se ako bi se odredio integral krivulje E_{tmin} sa sl. 5. od 0 do $\sum_{i=1}^n P_{tmin}$

$$W_{tnmin} = T \int_0^{\sum_{i=1}^n P_{tmin}} E_{tmin}(P) dP$$

(28)

Ostale elektrane u redoslijedu angažiranja mogu proizvesti ukupno samo onaj dio energije koji prvih n elektrana ne mogu proizvesti zbog svoje neraspoloživosti

$$\Delta W_{tnmin} = T \cdot \sum_{i=1}^n P_{tmin} - T \cdot \int_0^{\sum_{i=1}^n P_{tmin}} E_{tmin}(P) dP$$

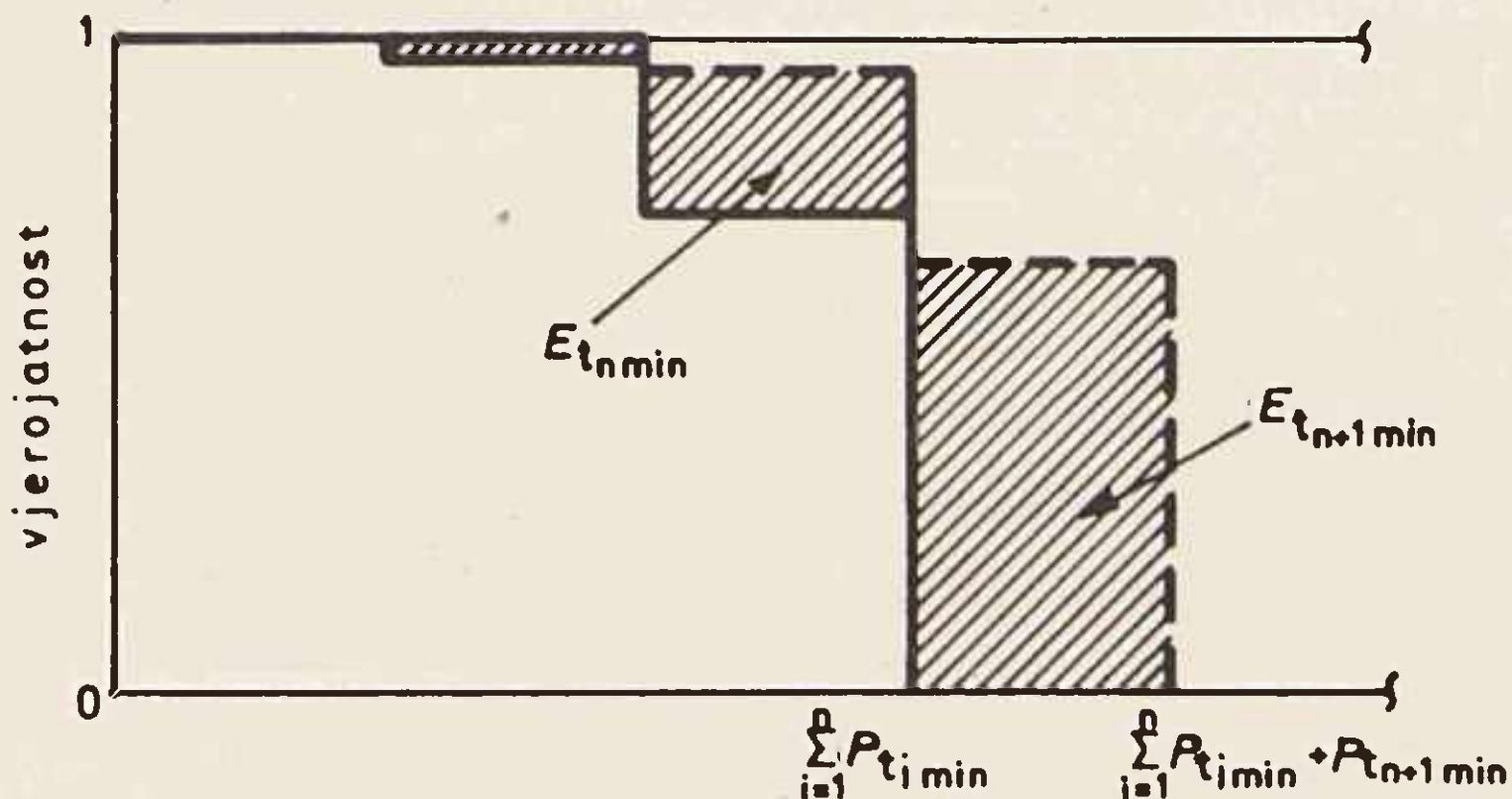
(29)

Ako bi se angažirala n+1 elektrana (u primjeru je n=3) zato što se sve događa u konstantnom dijelu krivulje trajanja opterećenja, ona bi povećala moguću proizvodnju svih elektrana za iznos

$$W_{tn+1min} = P_{n+1} \cdot P_{tn+1min} \cdot T$$

(30)

koji odgovara umnošku vjerojatnosti P_{n+1} , snage tehničkog minimuma $p_{tn+1min}$ i trajanja vremenske jedinice T . Međutim, rad n+1 elektrane u konstantnom dijelu nije moguć kada su prvih n elektrana raspoloživi za pogon (u primjeru to je u 72,9% slučajeva), već samo onda kada je jedna ili više elektrana izvan pogona.



Slika 6. Moguća proizvodnja n+1 elektrane s tehničkim minimumom

Za slučaj s četiri elektrane kumulativna krivulja vjerojatnosti raspoloživih snaga navedena je u sljedećoj tablici

Snaga MW	Vjerojatnost	
	pojedinačna	kumulativna ($E_{t\ n+1\ min}$)
400	0,6561	0,6561
500	0,2916	0,9477
200	0,0486	0,9963
100	0,0036	0,9999
0	0,0001	1,0000

Dvostruko iscrtkana površina na slici 6. predstavlja proizvodnju koju n+1 (4) elektrana ne može proizvesti jer je tada n (3) elektrana sposobnih za pogon, pa je isključena mogućnost angažiranja tehničkog minimuma n+1 elektrane. Integral kumulativne krivulje raspoloživosti snaga elektrana $E_{tn+1min}$ daje proizvodnju n+1 elektrane koja se iz prije navedenih razloga ne može realizirati.

$$\Delta W_{tn+1} = T \int_0^{\sum_{i=1}^{n+1} P_{tmin}} E_{tn+1min}(P) dP$$

(31)

Iz izračunate neostvarene proizvodnje $\Delta W_{t\ n+1}$ i moguće proizvodnje s tehničkim minimumom i raspoloživosti p_{n+1} može se izračunati korigirana snaga tehničkog minimuma $n+1$ elektrane

$$P_{t\ n+1\ min}^{(K)} = \frac{P_{n+1} \cdot T \cdot P_{t\ n+1\ min} - \Delta W_{t\ n+1}}{T \cdot P_{n+1}} \quad (32)$$

Jednaki postupak može se ponoviti na $n+2$, $n+3$ i ostale elektrane koje su raspoložive za pogon. Jasno je da je potreba za angažiranjem elektrana s većim rednim brojem sve manja što je redni broj veći. Granični slučaj je kada je snaga manja ili jednaka od neke unaprijed određene vrijednosti ε

$$P_{t\ 1\ min}^{(K)} \leq \varepsilon \quad \text{za } n+1 < 1 < N \quad (33)$$

Prema slici 6. vidljivo je da se već s $n+1$ elektranom pokriva glavina neostvarene proizvodnje prvih n elektrana, kao i da bi angažiranje $n+2$ elektrane samo neznatno promijenilo sliku, jer se već s četvrtim agregatom ostvaruje vjerojatnost opterećenja od 300 MW u iznosu 0,9477.

U prethodnom dijelu objašnjene su osnove metode određivanja korigiranih snaga tehničkog minimuma za sve elektrane iznad rednog broja n u redoslijedu angažiranja. Kod većeg broja agregata kumulativna krivulja vjerojatnosti raspoloživosti snaga poprima oblik sličan krivulji normalne distribucije, odnosno Gram-Charlierovom redu. Ta sličnost iskorištena je za razvoj metode za određivanje korigiranih snaga tehničkog minimuma.

Razvoj osnovnog modela Gram-Charlierova reda temeljio se je na sagledavanju neraspoloživosti elektrana i integriranju utjecaja neraspoloživosti u krivulju trajanja opterećenja. U slučaju tehničkog minimuma promatra se utjecaj i doprinos raspoloživosti elektrana, srednja vrijednost (ili moment prvog reda) određuje se prema izrazu

$$\mu_{t\ min\ 1} = p \cdot P_{t\ min}, \quad (34)$$

a standardna devijacija (moment drugog reda)

$$\sigma_{t\ min} = p(P_{t\ min} - \mu_{t\ min\ 1})^2 + (1-p)(P_{t\ min} - 0)^2$$

Relacija za proračun vršnih momenata glasi:

$$\mu_{t\ min\ j} = p(P_{t\ min} - \mu_{t\ min\ 1})^j + (1-p)(P_{t\ min} - 0)^j \quad \text{za } j = 3, 4, \dots \quad (35)$$

Kumulanti reda mogu se izračunati prema izrazu 22, i u ovom primjeru razvoja Gram-Charlierova reda vrijede sve zakonitosti reda o kojima je već bilo riječi.

Bilancom snage i energije hidroelektrana određena je raspodjela opterećenja između hidroelektrana i termoelektrana. Rezultat proračuna je krivulja trajanja opterećenja termoelektrana koja osim podataka o potrebnoj snazi i energiji daje informaciju i o vremenskom rasporedu potrošnje. Tok proračuna raspodjele opterećenja dijeli se u dvije faze:

— pripremnu, koja se sastoji od aproksimacije krivulje trajanja opterećenja termoelektrana Gram-Charlierovim redom, proračuna kumulanata elektrana i određivanja n elektrana s kojima bi se mogla zadovoljiti potreba ako se ne bi uvažila njihova neraspoloživost

— raspodjelu opterećenja, koja se sastoji iz proračuna proizvodnje prvih n elektrana sa snagom tehničkog minimuma, proračuna korigiranog tehničkog minimuma za ostale elektrane i proizvodnje s takvim tehničkim minimumom, te proračuna dijela proizvodnje koju bi preuzele elektrane s preostalom snagom

Kod određivanja broja elektrana kojima bi se mogla zadovoljiti potrošnja ako bi se zanemarila neraspoloživost elektrana, osim potrebne snage iz termoelektrana iz krivulje trajanja opterećenja potrebno je osigurati i dio rezerve u sistemu koji otpada na termoelektrane. Po već prihvaćenom principu rezerva u sistemu najprije se osigurava iz viška snage iz hidroelektrana, a preostali dio iz termoelektrana. Ako je

$$\Delta P_h > R \quad (36)$$

gdje je ΔP_h — višak snage iz hidroelektrana određen iz bilance snage i energije hidroelektrana u krivulji trajanja opterećenja i R — potrebna rezerva u sistemu, ukupno se rezerva može osigurati u hidroelektranama $R_H = R$, a rezerva u termoelektranama jednaka je nuli $R_T = 0$. Kada je obrnuti slučaj, tj. kada je

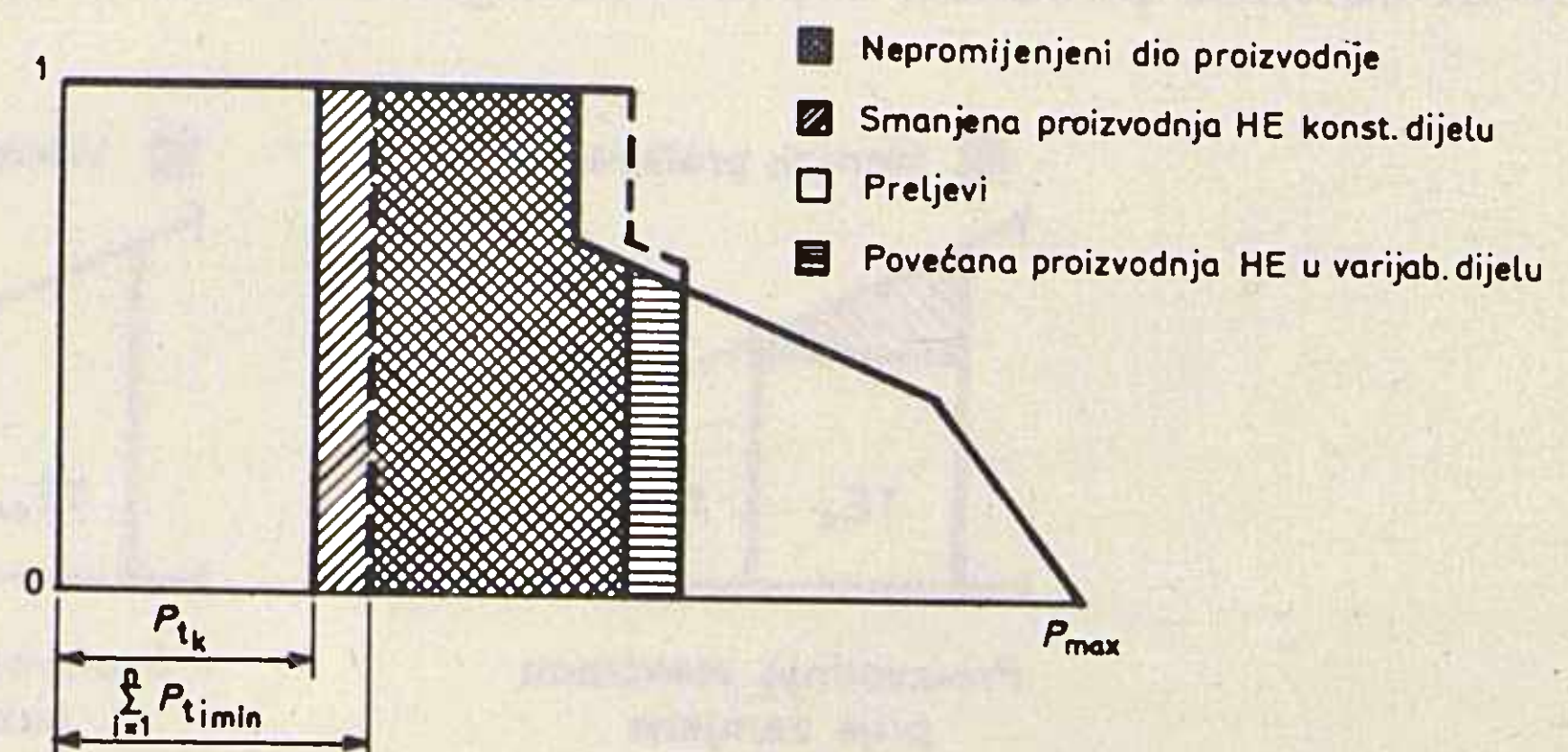
$$\Delta P_h < R \quad (37)$$

rezerva se raspodjeljuje na hidroelektrane i termoelektrane i to u iznosu: $R_H = \Delta P_h$, a $R_T = R - R_H$.

Bez obzira na iznos rezerve u sistemu iz termoelektrana kod određivanja prvih n elektrana u sistemu treba zadovoljiti nejednadžbu

$$\sum_{i=1}^n P_{ti} \geq P_T + R_T \quad (38)$$

koja opisuje da suma snaga elektrana P_i do broja n mora biti veća ili jednaka od sume maksimalne snage iz krivulje trajanja opterećenja P_T i potrebne rezerve iz termoelektrana R_T . Brojem n određena je i ukupna snaga tehničkog minimuma koji treba primijeniti na mogućnost plasmana te snage u krivulju trajanja opterećenja. Naime, u određenim slučajevima snaga tehničkog minimuma prvih n elektrana može biti veća od minimalnog opterećenja P_{TR} . Kako je nužan uvjet za proračun raspodjele opterećenja da snaga elektrana bude veća (ili jednaka) od maksimalne snage i potrebe snage za osiguranje rezerve u sistemu (izraz 38), potrebno je korigirati krivulju trajanja opterećenja termoelektrana, odnosno odrediti novi položaj hidroelektrana da se u konstantnom dijelu krivulje mogu smjestiti tehnički minimumi elektrana.



Slika 7. Korekcija rada HE zbog tehničkog minimuma TE

Tehnički minimumi elektrana potiskuju hidroelektrane u varijabilni dio krivulje tajanja opterećenja, što izaziva preljeve u hidroelektranama i smanjuje njihovu iskoristivu proizvodnju.

Raspodjela opterećenja termoelektrana računa se prema korigiranoj krivulji trajanja opterećenja termoelektrana.

6. TERMoeLEKTRANE S OGRANIČENOM PROIZVODNjom

Kada je određena gornja granica godišnje proizvodnje termoelektrana pojavljuju se dva problema u određivanju proizvodnje promatrane (ili promatranih) elektrana. Prvi se odnosi na sezonsku raspodjelu proizvodnje unutar osnovne vremenske jedinice.

Sezonske oscilacije proizvodnje svake termoelektrane pod utjecajem su hidrologije i rasporeda remonta ostalih i promatrane elektrane. Ako se omogućava dinamičko utvrđivanje sezonske raspodjele moguće proizvodnje elektrana prema stanju prilika u sistemu, onda se sa stanovišta sistema koji koristi promatranu elektranu postižu najveći efekti. Znatno nepovoljnije za sistem jest utvrđivanje sezonske raspodjele moguće proizvodnje termoelektrana unaprijed. Kod ovakvog principa moguće je raspodjelu napraviti na dva načina:

- prema prosječnim hidrološkim prilikama u sistemu ili
- u jednakim dijelovima za svaku vremensku jedinicu izvan vremena remonta.

Za daljnji proračun, bez obzira na odabrani princip, potrebno je odrediti za svaki mjesec proizvodnju termoelektrana W_{tl} iz godišnjeg iznosa W_{tgod} .

Ako se napravi raspodjela opterećenja poštujući redoslijed angažiranja, maksimalnu i minimalnu snagu termoelektrana, samo slučajna proizvodnja u nekoj vremenskoj jedinici može biti jednaka ograničenoj proizvodnji W_{tl} , pa se ta mogućnost može gotovo i isključiti. Kao slučajevi mogu se pojaviti

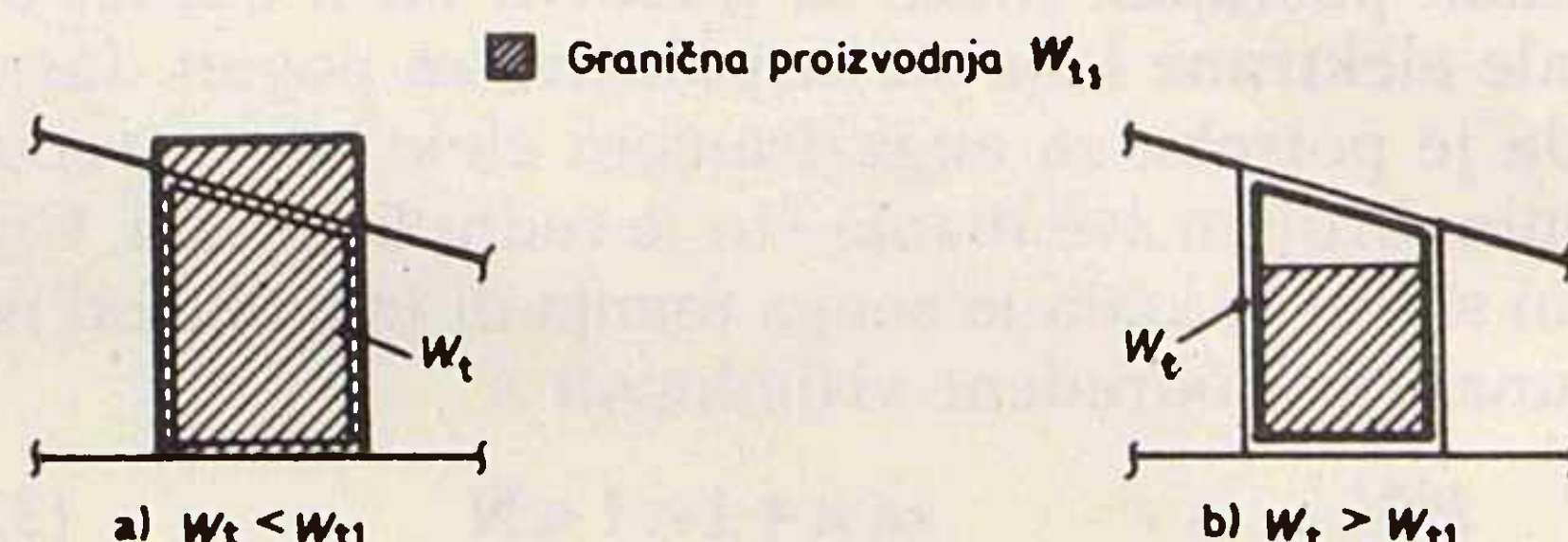
$$W_t < W_{tl}, \text{ ili} \quad (39)$$

$$W_t > W_{tl} \quad (40)$$

U prvom slučaju, kada je $W_t < W_{tl}$, proizvodnja termoelektrana određena na način da se ostvare najmanji troškovi manja je od granične proizvodnje u toj vremenskoj jedinici. Pomak prema povoljnijem položaju u krivulji trajanja opterećenja nije opravdan jer bi se time povećali troškovi za gorivo u termoe-

lektranama. Izračunata proizvodnja ujedno je i najpovoljnije rješenje za sistem, pa se ne izvode daljnje korekcije.

Kod drugog slučaja (izraz 40) proizvodnja promatrane termoelektrane, koja je proizašla iz najpovoljnije raspodjele opterećenja, veća je od granične proizvodnje W_{tl} .

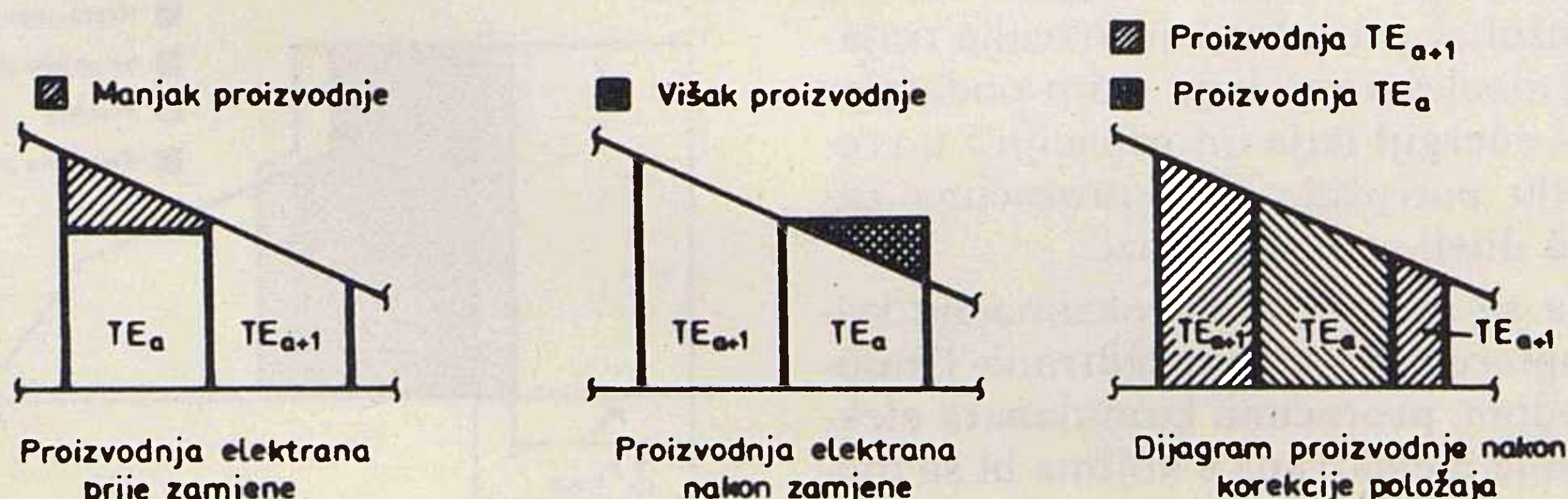


Slika 8. Mogući slučajevi proizvodnje elektrana W_t u odnosu na graničnu proizvodnju W_{tl}

Raspodjela opterećenja elektrana proračunava se na način da se prioritet u angažiranju daje elektranama s najmanjim specifičnim troškovima za gorivo. Time se osigurava da najveću proizvodnju imaju elektrane s najmanjim troškovima, jer se angažiranje provodi od mjesta najveće proizvodnje prema mjestu najmanje proizvodnje. Situacija u kojoj je izračunata proizvodnja veća od moguće proizvodnje termoelektrane nameće potrebu pomaka u redoslijedu angažiranja prema mjestu u kojem bi se uspostavila ravnoteža. Praktično to znači da se umjesto promatrane elektrane angažira sljedeća elektranu prema redoslijedu angažiranja, a nakon nje ponovo promatrana elektranu. Ako ni tada nije uspostavljena potrebna ravnoteža, postupak se ponavlja sa sljedećom elektranom, itd.

Promjene u redoslijedu angažiranja izazvane neravnotežom između potrebne i moguće proizvodnje termoelektrana ne mijenjaju kriterije o raspodjeli opterećenja, bez obzira na to što će ukupni troškovi porasti. Konačni troškovi, nakon uspostavljanja potrebne ravnoteže, minimalni su za ograničenja koja su postavljena, pa se proizvodnja povećala onim elektranama koje slijede u redoslijedu angažiranja promatranu elektranu.

Već je prije rečeno da je vjerojatnost da se u prvom koraku uspostavi ravnoteža između potreba i mogućnosti vrlo mala, pa se kao takva može zanemariti. Vjerojatno će se u dva koraka proračuna pojaviti takav slučaj da je prije zamjene elektrane potrebna proizvodnja manja od moguće, a nakon zamjene veća od moguće.



Slika 9.

U tom slučaju, kao na slici 16, za termoelektranu kojoj je ograničena proizvodnja traži se položaj u krivulji trajanja koji odgovara upravo ograničenoj proizvodnji promatrane elektrane, a korekcija se izvodi na elektrani koja slijedi u redoslijedu angažiranja iza promatrane elektrane.

7. TERMoeLEKTRANE — TOPLANE

Tretman termoelektrana sa spojnim procesom razlikuje se od tretmana ostalih termoelektrana iz dva osnovna razloga:

- ovisnosti o proizvodnji (potrebama) toplinske energije,
- tehničkim rješenjima, ovisno o tome da li se radi o termoelektrani toplani s protutlačnom turbinom ili o termoelektrani — toplani s kondenzaciono-oduzimnom turbinom.

Ovisnost proizvodnje električne energije iz termoelektrana — toplana o proizvodnji toplinske energije u samom postupku određivanja raspodjele opterećenja može se uzeti ako ograničenje u radu elektrane u pogledu količine proizvodnje u svakoj vremenskoj jedinici posebno. To je ujedno i načelno rješenje koje će se u konačnosti uzeti. Međutim, osnovni problemi proizlaze iz apoksimacije ostalih karakteristika električkog odnosno toplinskog sistema.

Potrošnja topline ovisi o veličini i karakteristikama potrošača na području koje se zadovoljava iz jedne ili više termoelektrana — toplana. Ono također ovisi, s velikim utjecajem, o temperaturi, tako da velike oscilacije temperature donose i velike oscilacije u režimu rada elektrana.

U usporedbi karakteristika elektroenergetskog i toplinskog sistema očituju se razlike

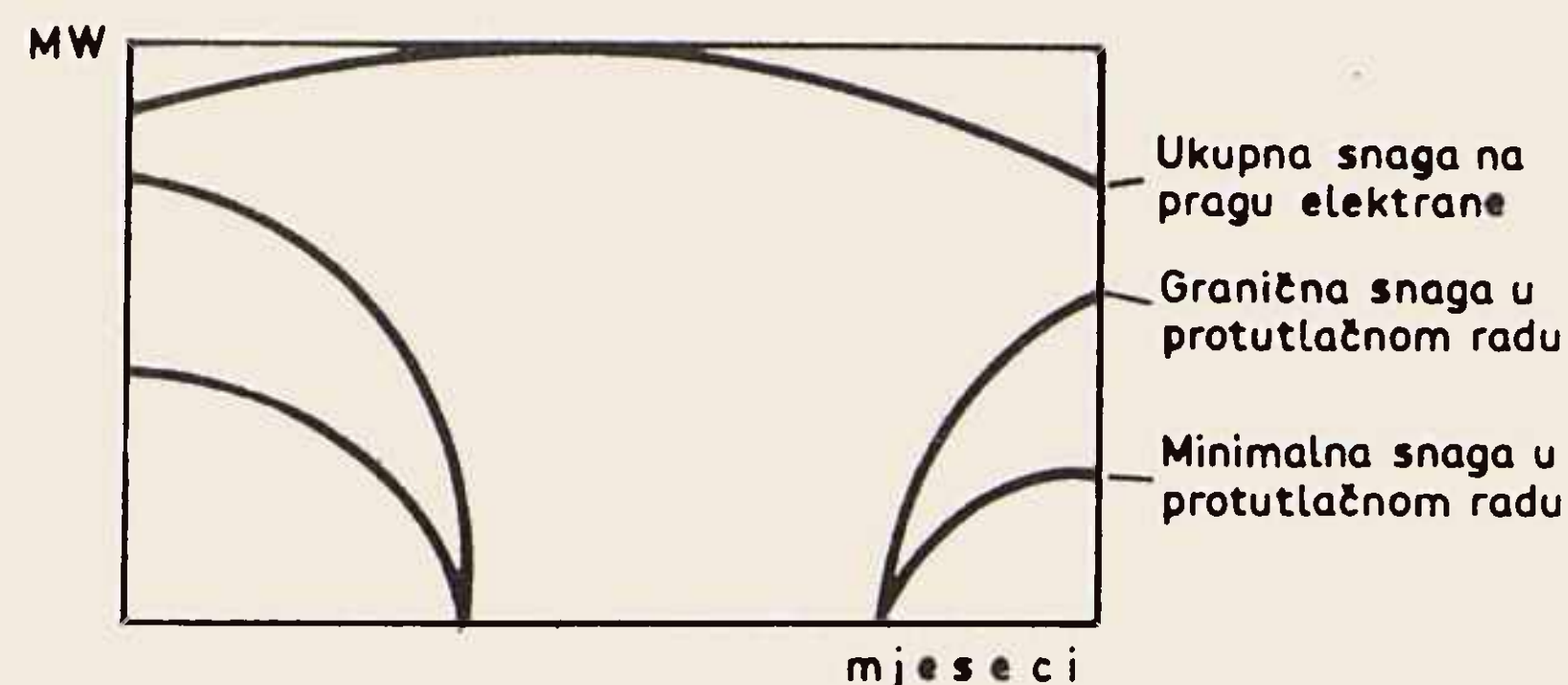
- u odnosima između minimalnih i maksimalnih opterećenja
- u trenutku nastupanja minimalnog i maksimalnog opterećenja
- u trajanju pojedinog opterećenja
- u tromosti (ili brzini) prilagođavanja sistema uzrocima koji su izazvali potrebu prilagođavanja
- u zakonitosti ostvarenja potrošnje u tjednu kod elektroenergetskog sistema i nepostojanju takve zakonitosti u toplinskom sistemu
- u znatno većoj ovisnosti potrošnje topline o temperaturi i neponovljivosti promjena temperature u toku tjedna.

Spomenute razlike između karakteristika elektroenergetskog i toplinskog sistema ukazuju na potrebu aproksimacija tretmana elektrana spojnog procesa u kojima bi se obuhvatile osnovne karakteristike toplinskog sistema, a zanemarile one karakteristike koje su slučajne i u zakonitosti promjena neponovljive.

Uzimajući u obzir sve prije navedeno, položaj svake elektrane spojnog procesa u protutlačnom režimu rada određen je

- očekivanom proizvodnjom
- minimalnom snagom u razdoblju velikih opterećenja i
- graničnom snagom u razdoblju velikih opterećenja.

Za termoelektrane — toplane s kondenzaciono-oduzimnom turbinom određena je i maksimalna električka snaga koju elektrana može dati pri određenom protutlačnom režimu rada.



Slika 10. Sezonske oscilacije snage kod termoelektrana-toplana

Parametri elektrane određuju se prema očekivanim (prosječnim) temperaturama za svako razdoblje godine; one se predviđaju za svaku elektranu posebno vodeći brigu o pouzdanosti takvih elektrana na jednoj lokaciji i mogućnosti zajedničkog rada.

Jedan od utjecajnih faktora, temperatura, na rad termoelektrana — toplana je zanemaren. Uzet je kroz prosječnu temperaturu koja samo jednim dijelom (u glavnini) opisuje potrebe za toplinskom energijom, ali ne u potpunosti i oscilacije. Razlozi za takvu aproksimaciju su sljedeći:

- temperaturu kao utjecajni faktor u analizama elektroenergetskog sistema ima smisla uvesti onda ako se promatra utjecaj temperature na promjene u potrošnji i karakteristikama potrošnje u toplinskom i elektroenergetskom sistemu
- mali udio takvih elektrana u zadovoljenju ukupne potrošnje, i
- djelomična nezavisnost rada nekih termoelektrana — toplana o temperaturi ako je raspodjela opterećenja u toplinskom sistemu napravljena tako da se prilagođavanje oscilacijama izvodi vrelovodnim kotlovima, a temeljni dio preuzimaju elektrane.

Razlika u tretmanu hidroelektrana u odnosu na termoelektrane — toplane proizlazi iz njihova značenja za sistem. Istraživanja koja su provedena pokazuju da će se i odnos prema njima (hidroelektranama) mijenjati kako se bude mijenjao njihov udio u ukupnoj proizvodnji elektrana.

Dijagram na slici 10. karakterističan je za termoelektranu — toplanu s kondenzaciono-oduzimnom turbinom. U slučaju tipa postrojenja s protutlačnom turbinom ukupna električka snaga jednaka je graničnoj snazi u protutlačnom radu.

Termoelektrana — toplana uključuje se u raspodjelu opterećenja sa svojom mogućnošću rada u kondenzacionom režimu rada (ako za to postoje mogućnosti) s odgovarajućom specifičnom cijenom troškova za go-

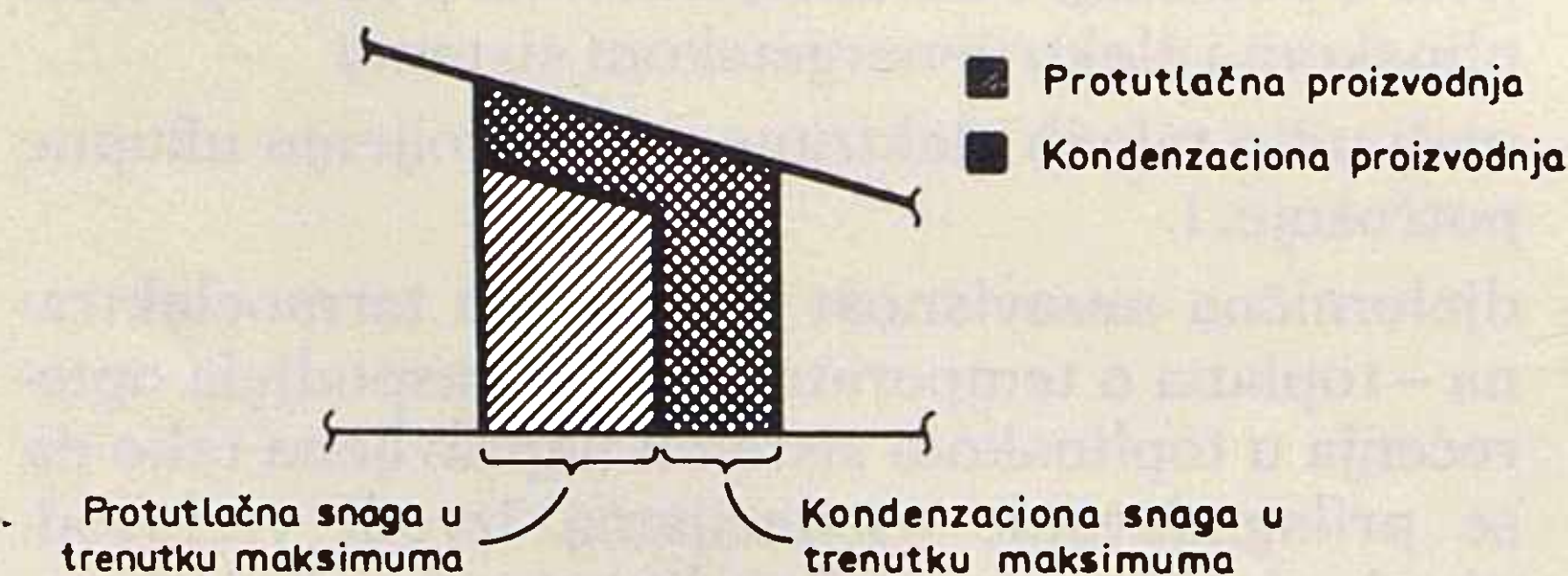
rivo. Kod redoslijeda angažiranja uvažavaju se specifične cijene i mogućnost rada u jednom i drugom režimu rada.

Kako je ograničena protutlačna proizvodnja termoelektrana – toplana, potrebno je odrediti položaj elektrane u krivulji trajanja opterećenja takav da se uravnoteže potrebe i mogućnosti. Jednako kao i kod termoelektrana kod kojih postoji ograničenje na proizvodnju potrebno je pretraživanjem položaja naći onaj položaj kod kojega se uspostavlja ravnoteža potreba i mogućnosti.

Moguć je također i slučaj da su potrebe u sistemu manje nego mogućnosti proizvodnje u protutlačnom režimu rada. Bez obzira na to što se radi o uvjetovanju proizvodnji potrošnjom energije u toplinskom sistemu, kriterij minimuma troškova nameće potrebu smanjenja proizvodnje termoelektrana – toplana.

Preostala snaga elektrane, u varijanti s kondenzaciono-oduzimnom turbinom, angažira se prema redoslijedu angažiranja određenog na temelju specifičnih troškova za gorivo. Za taj dio nema ograničenja u proizvodnji, i on ima tretman kao i preostala snaga bilo koje termoelektrane. Razlika u tretmanu pojavljuje se samo onda kada u redoslijedu angažiranja iza protutlačnog dijela elektrane slijedi njen kondenzacioni dio. U tom slučaju, kao na slici 11, raspodjela opterećenja izvodi se tako da se u jednom dijelu krivulje trajanja opterećenja uzima da je to izvan trenutka maksimuma dio kondenzacione snage povećan za dio protutlačne snage, jer je u tom razdoblju protutlačna snaga za toliko manja.

Kako je rad termoelektrane – toplane uvjetovan toplinskom potrošnjom, potrebno je za proračun unaprijed zadati sve vrijednosti parametara koji opisuju rad svake takve elektrane za svaku vremensku jedinicu tijekom godine.



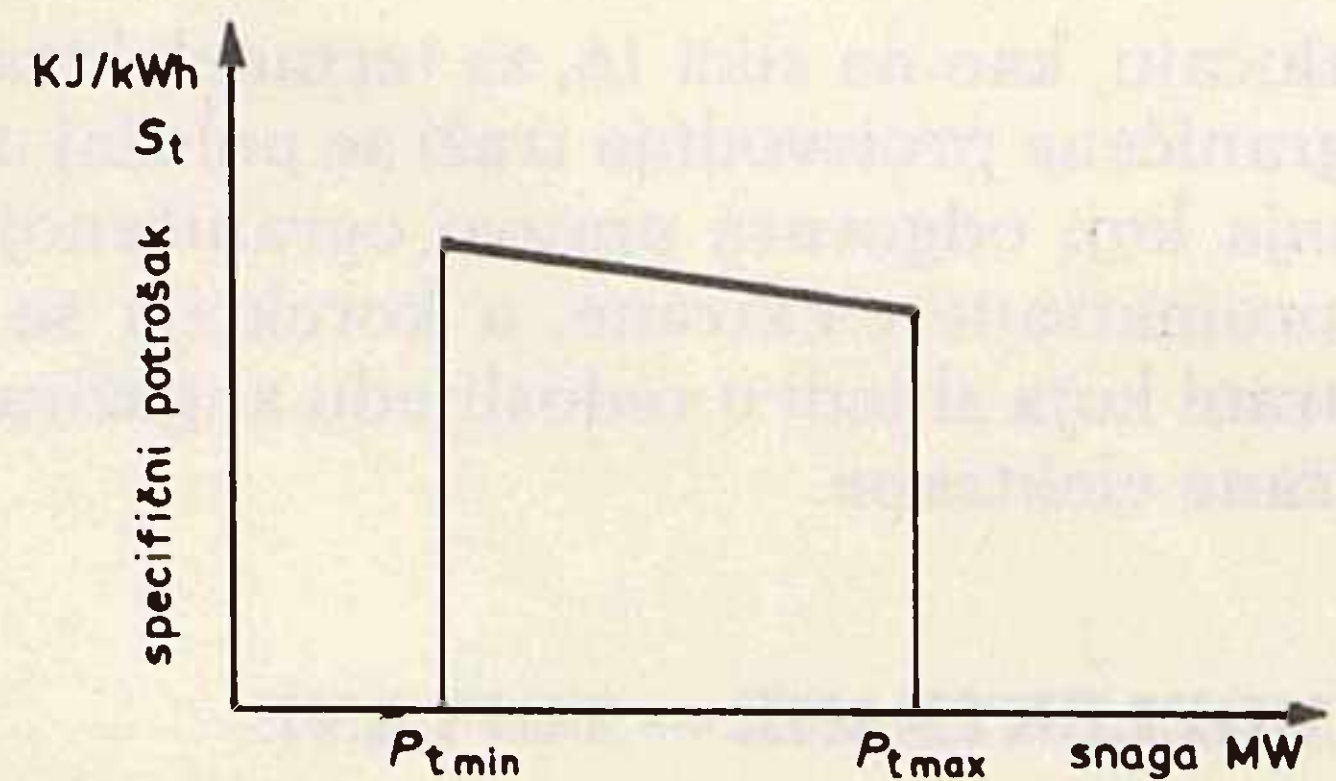
Slika 11. Jedan od slučajeva raspodjele opterećenja na protutlačni i kondenzacioni dio

8. TROŠKOVI PROIZVODNJE

Pod troškovima proizvodnje razumijevaju se troškovi za gorivo u termoelektranama, nuklearnim elektranama i termoelektranama – toplanama. Elementi za proračun troškova su:

- specifični potrošak (kJ/kWh),
- cijena goriva (d/kJ),
- ostvarena proizvodnja.

Specifični potrošak elektrane promatra se u funkciji angažirane snage. Uzet je najjednostavniji oblik funkcije – pravac (sl. 12).



Slika 12. Specifični potrošak u ovisnosti o angažiranoj snazi

U razvijenoj metodi raspodjele opterećenja uvijek se angažira ukupna snaga elektrane, a mijenja se vrijeme angažiranja svake elektrane. Kraće vrijeme rada u funkciji je većeg broja promjena opterećenja od minimalnog do maksimalnog, ili ulazaka odnosno izlazaka iz pogona. Kao mjerodavna snaga za određivanje troškova za gorivo odabrana je iskoristiva snaga koja se određuje prema relaciji

$$P_{ti} = \frac{W_t}{p \cdot T} \quad (41)$$

gdje je W_t – izračunata proizvodnja, p – raspoloživost elektrane, a T – trajanje osnovne vremenske jedinice (tjedan ili mjesec). Samo u slučaju kada je elektrana angažirna isključivo u konstantnom dijelu krivulje trajanja opterećenja iskoristiva snaga P_{ti} jednaka je maksimalnoj snazi

$$P_{ti} = P_{tmax} \quad (42)$$

U svim ostalim slučajevima

$$P_{ti} < P_{tmax} \quad (43)$$

Moguć je slučaj da je ostvarena proizvodnja manja nego što bi se mogla ostvariti snagom P_{tmin} . Treba podsjetiti da se kod određenih elektrana korigira snaga tehničkog minimuma, a u tom slučaju se uzima da je

$$P_{ti} = P_{tmin} \quad (44)$$

Prema tako određenoj iskoristivoj snazi moguće je izračunati specifični potrošak elektrane $S_t(P_{ti})$, a preko njega, proizvodnje i specifičnih troškova za gorivo i troškove za gorivo

$$G_t = S_t(P_{ti}) \cdot W_t \cdot C_t \quad (45)$$

gdje je G_t – troškovi za gorivo, C_t – specifični troškovi za gorivo.

Za protutlačnu proizvodnju termoelektrana – toplana troškovi za gorivo određuju se putem cijena i proizvodnje

$$G_t = C_{tt} \cdot W_t \quad (46)$$

gdje je C_{tt} – specifična cijena proizvodnje električne energije d/kWh. Razlog za diferencijaciju načina proračuna troškova protutlačne proizvodnje proizlazi iz činjenice da je C_{tt} dogovorena cijena između toplinskog i elektroenergetskog sistema i bez dogovora nemoguće ju je jednoznačno izračunati.

9. ZAKLJUČNE NAPOMENE

Bitna karakteristika raspodjele opterećenja među termoelektranama u krivulji trajanja opterećenja jest uvažavanje neraspoloživosti svake elektrane posebno. U ovom radu ona je u potpunosti obuhvaćena i riješena preko metode kumulanata. Posebna pažnja posvećena je problemu tehničkog minimuma koji je u razradama probabilističkih metoda do sada bio zanemaren. Razrađen je problem raspodjele opterećenja s termoelektranama s ograničenom proizvodnjom termoelektrana — toplana, čime je u potpunosti obuhvaćen problem raspodjele opterećenja termoelektrana.

LITERATURA

- [1] G. GRANIĆ, M. BRADARIĆ: »Elektroenergetska bilanca u planiranju razvoja elektroenergetskog sistema (I dio: hidroelektrane, crpno-akumulacijska postojenja i remont termoelektrana) Energija, br. 6, 1985.
- [2] J. P. STREMEL, R. T. JENKINS, R. A. BOBL, V. D. DOXLERS: »Production Costing Using the Cumulant Method of Representing the Equivalent Load Curve« IEEE Transactions on Power Apparatus and System, Vol. Pas-99, No-5 Sept/det 1980.
- [3] P. W. SAUER, G. T. HEYUT: »A Convergent Multivariate Gram-Charlier Type A Series« IEEE Transactions on Communication, Vol. Com-27, No-1, 1979.
- [4] G. GRANIĆ: »Dogradnja modela za energetske ekonomsku valorizaciju nivoa elektrana radi njihova izbora« (I dio: Simulacija prilika u elektroenergetskom sustavu), Institut za elektroprivredu, Zagreb 1982.
- [5] G. GRANIĆ, M. BRADARIĆ: »Dogradnja modela za energetske ekonomsku valorizaciju novih elektrana radi njihova izbora (II dio: Elektroenergetska bilanca), Institut za elektroprivredu, Zagreb, 1985.
- [6] H. POŽAR: »Snaga i energija u elektroenergetskim sistemima«, Prvi svezak, Informator, Zagreb, 1983.
- A ELECTRIC POWER METHOD FOR PLANNING OF ELECTRIC SYSTEM DEVELOPMENT (II PART: PRODUCTION OF THERMO-, NUCLEAR- AND HEATING POWER PLANTS)**
- In the article is described a method for planning of electric system development which relates to thermo-, nuclear- and heating power plants. Unreliability of power plants is taken in account by cumulative method in calculation of required power supply.
- ELEKTROENERGETISCHE BILANZ BEI DER PLANUNG DER ENTWICKLUNG DES ELEKTROENERGETISCHEN SYSTEMS (II TEIL: HERSTELLUNG DER WÄRMELASTWERKE, KERNKRAFTWERKE UND WÄRMELASTWERKE)**
- In der Arbeit wird ein Teil der Methode für die Berechnung der elektroenergetischen Bilanz für die Planung der Entwicklung des elektroenergetischen Systems beschrieben, das sich auf die Wärmekraftwerke, Kernkraftwerke und Wärmekraftwerke — Wärmeversorgungsanlagen bezieht. Bei der Berechnung der notwendigen Herstellung wird der eigene Elektrowerke — Mangel über die Methode der Kumulierung berücksichtigt.
- ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ БАЛАНС ПРИ ПЛАНИРОВАНИИ РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ (II часть: Производительность ТЭС, АЭС и ТЭЦ)**
- В труде описана часть метода подсчета электроэнергетического баланса при планировании развития электроэнергетической системы, относящейся к ТЭС, АЭС и ТЭЦ. При расчете необходимой производительности принимается во внимание собственная нерасполагаемость электростанций через метод коммулянтов.

Naslov pisaca:

**Dr Goran Granić, dipl. inž.
Miljenko Bradarić, dipl. inž.
Institut za elektroprivredu
41000 Zagreb, Proleterskih b. 37
Jugoslavija**

Uredništvo primilo rukopis
1985-09-06

INGRA

ZAGREB – YUGOSLAVIA

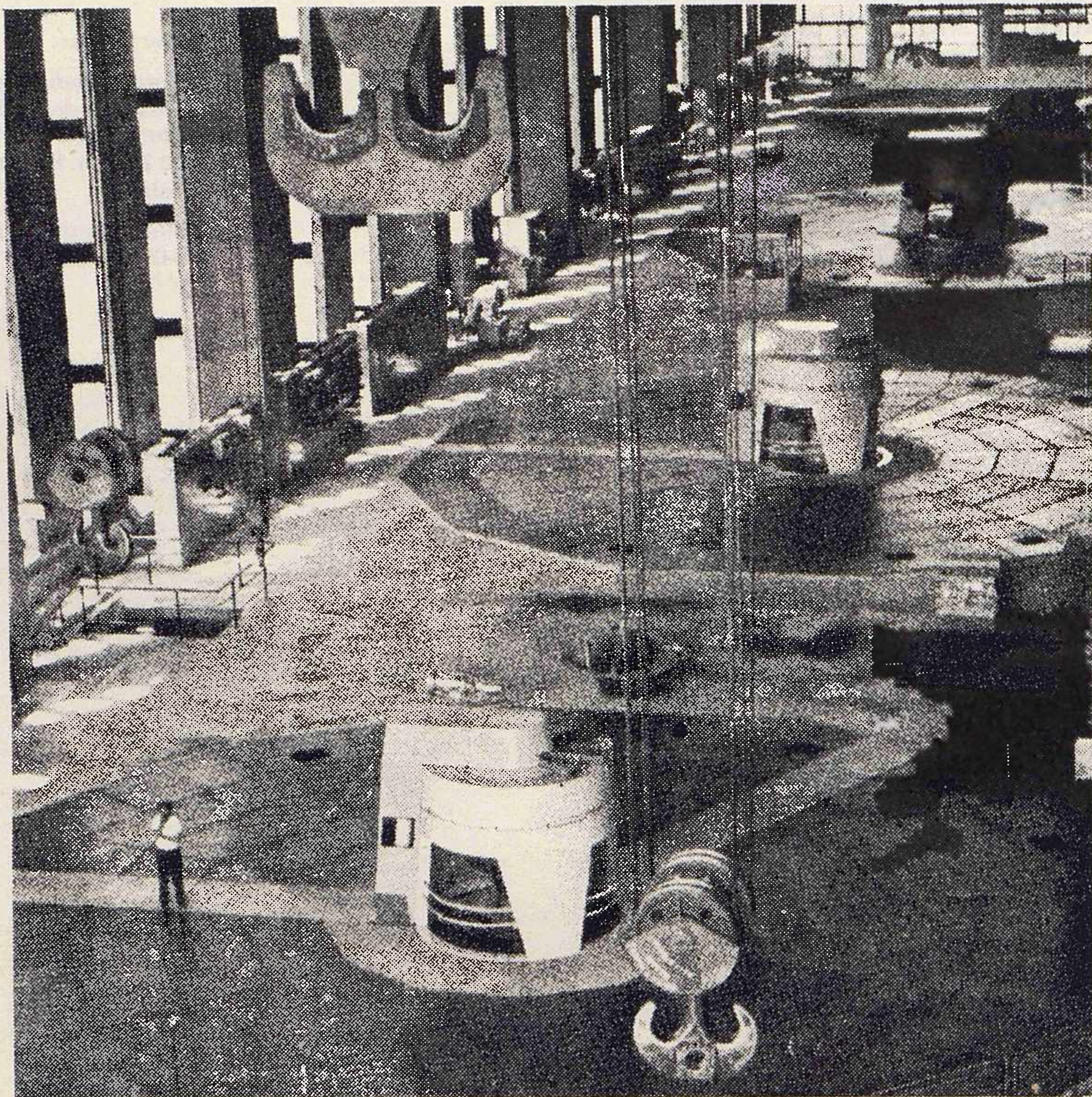
DUGOGODIŠNJA TRADICIJA U PROIZVODNJI I MONTAŽI OPREME ZA HIDRO, DIESEL I TERMO ENERGETSKE OBJEKTE KAO I U PODRUČJU PRIJENOSA I DISTRIBUCIJE ELEKTRIČNE ENERGIJE, OMOGUĆILA JE INGRE DA UDE U KRUG PONUĐAČA SVJETSKI RENOMIRANIH ORGANIZACIJA KAO POUZDAN, KONKURENTAN I KVALITETAN PARTNER.

NIZ ENERGETSKIH OBJEKATA IZGRAĐEN U MNOGIM ZEMLJAMA SVIJETA, PREDSTAVLJA ZNAČAJNU REFERENCU ZA DALJNJE AKTIVNOSTI INGRE NA TOM PODRUČJU.

UDRUŽENI ČLANOVI INGRE, VELIKE PROIZVODNE I PROJEKTANTSKE ORGANIZACIJE, KAO ŠTO SU ELEKTRO-PROJEKT, METALNA, LITOSTROJ, JUGOTURBINA, RADE KONČAR, PA ZATIM ĐURO ĐAKOVIĆ, TPK, ATM, VEMOS, DALEKOVOD, PREDSTAVLJAJU GLAVNE ČINIOCE ENERGETSKOG PROGRAMA INGRE, TE NA TAJ NAČIN OMOGUĆAVAJU DA INGRA, NA BAZI INŽENJERINGA, REALIZIRA KOMPLETNE ENERGETSKE OBJEKTE U ZEMLJI I INOZEMSTVU KAO I DA ISPORUČI UGOVORENU OPREMU INVESTITORU.

PORED ENERGETIKE U PROGRAM INGRE ULAZI PROCESNA INDUSTRIJA, GRAĐEVINARSTVO, ČELIČNE KONSTRUKCIJE I MONTAŽA.

41000 ZAGREB, PROLETERSKIH BRIGADA 62 P. O. P. 277 CABLE: INGRA ZAGREB PHONE: 515-355 TLX. 21 239, 21 728 YU INGRA



AUTOMATSKA PRIPREMA OSNOVNIH PODATAKA ZA PRORAČUN TOKOVA SNAGA I NAPONA

prof. dr Marija Ožegović — Elis Sutlović — Nedjeljka Grulović, Split

UDK 621.3.01:681.3

ORIGINALNI ZNANSTVENI RAD

U prikazanom rješenju automatskog generiranja ulaznih podataka za proračun tokova snaga i napona uzimaju se iz tehničke baze podataka podaci o elementima mreže, o opterećenjima konzuma, o angažiranosti elektrana i spremaju u radnu datoteku LF. U članku su također pokazana neka ključna rješenja automatizacije, a posebno je obrađen pristup tehničkoj bazi podataka.

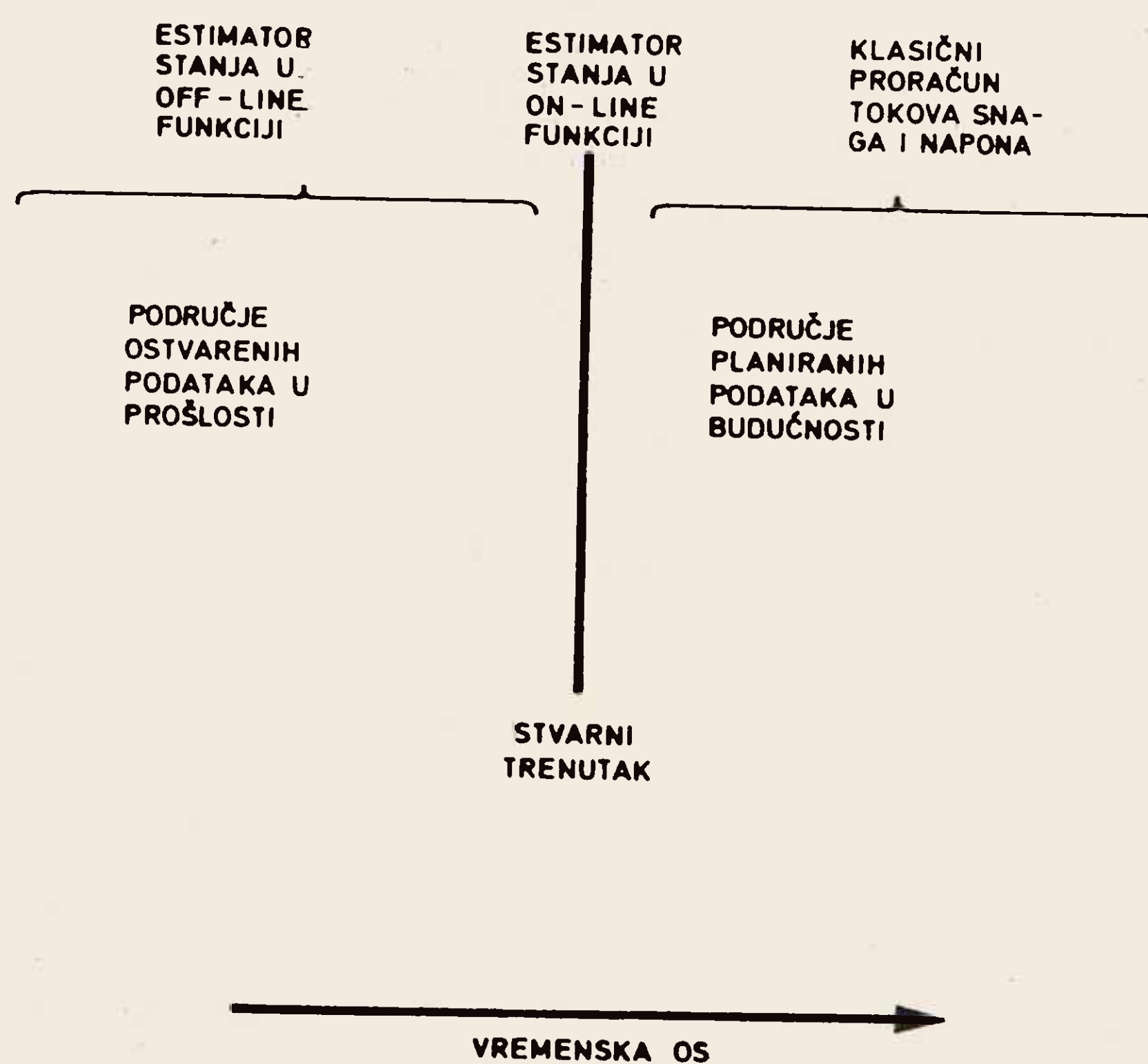
Ključne riječi: električne mreže, tokovi snaga i naponi, automatsko generiranje ulaznih podataka, baza podataka.

1. UVOD

Neka su za neki trenutak vremena definirane električke prilike u sistemu vektorom napona čvora $\vec{V}$. Trenutak može biti u prošlosti, u realnom vremenu ili u budućnosti. Za proračune iz prošlosti moraju se upotrijebiti pristupačni arhivirani podaci, a za proračune u realnom vremenu služe informacije prenese ne direktno s mjernih mjesta u sistemu. Uključivanje u račun skupa podataka čije osobine, kao što je manjak nekih podataka, višak drugih podataka, vjerovatnost greške mjernog mjesta, prijenosa i transformacije itd. traži specijalnu matematičku obradu zadatka. Nasuprot tome, proračuni rađeni za budućnost koriste se isključivo planiranim podacima, što izaziva privid jednostavnijih matematičkih podloga. Naime, obrada planiranih podataka za ulaz u proračun odvija se nezavisno kroz niz istraživačkih programa, a isto tako rezultati proračuna samo su jedna karika u lancu analiza, čija sinteza tek daje pravo rješenje.

Proračuni tokova snaga i napona ovisno o vremenu pokazani su na sl. 1. U ovom članku obrađivat će se samo područje budućnosti, tj. područje obrade planiranih podataka. Automatsko generiranje ulaznih podataka za ovaj klasični proračun tokova snaga i napona nazvat ćemo ukratko »automatizacija LF«.

Automatizacija LF je racionalna jedino u slučaju kada su na raspolaganju za brzi automatski dohvat gotovo svi potrebni podaci za generiranje ulaznih podataka. Ovo je ostvareno formiranjem datoteka UPEM (ukupni podaci elemenata mreže), UPOK (Ukupni podaci opterećenja konzuma) i UPAI (Ukupni podaci angažiranosti izvora). Programi za formiranje radne datoteke LF služe za dohvat podataka iz UPEM-a, UPOK-a i UPAI-a, te izmjenu i dopunu ovih podataka. Za otkrivanje logičkih grešaka služi program »KOMPAT«.



Slika 1. Proračun tokova snaga i napona ovisno o vremenu

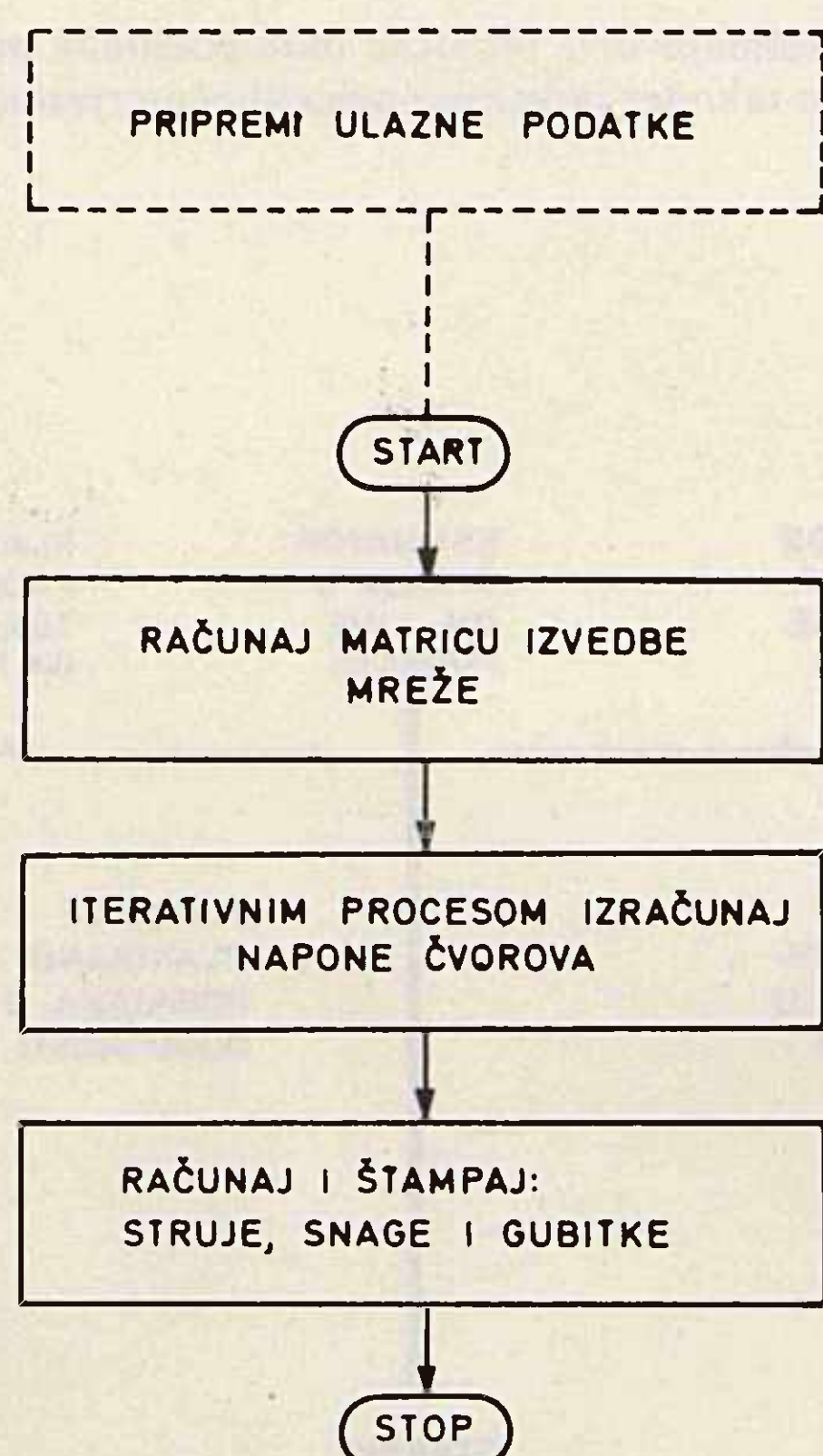
2. KONCEPCIJA AUTOMATIZACIJE LF

Automatsko generiranje ulaznih podataka za proračun tokova snaga i napona logički je nastavak automatizacije programa »UKSX« iz područja kratkog spoja. Zato je u automatizaciju tokova snaga i napona ugrađena datoteka UPEM uz odgovarajuće dopune. Također su korištena i unaprijeđena iskustva u komuniciranju čovjek — računalo. Datoteke UPOK i UPAI kreirane su kao autonomne, što ovim datotekama daje mogućnost nesmetanog razvoja prema potrebama raznih aplikacionih programa i razvoju raznih internih programa.

Novo u rješenju automatizacije programa za tokove snaga i napona jest uvođenje radne datoteke LF. glavnina posla oko pripreme podataka gotova je kada se u ovoj datoteci nađu sređeni podaci koji odgovaraju topološkim uvjetima mreže, garantiraju kom-

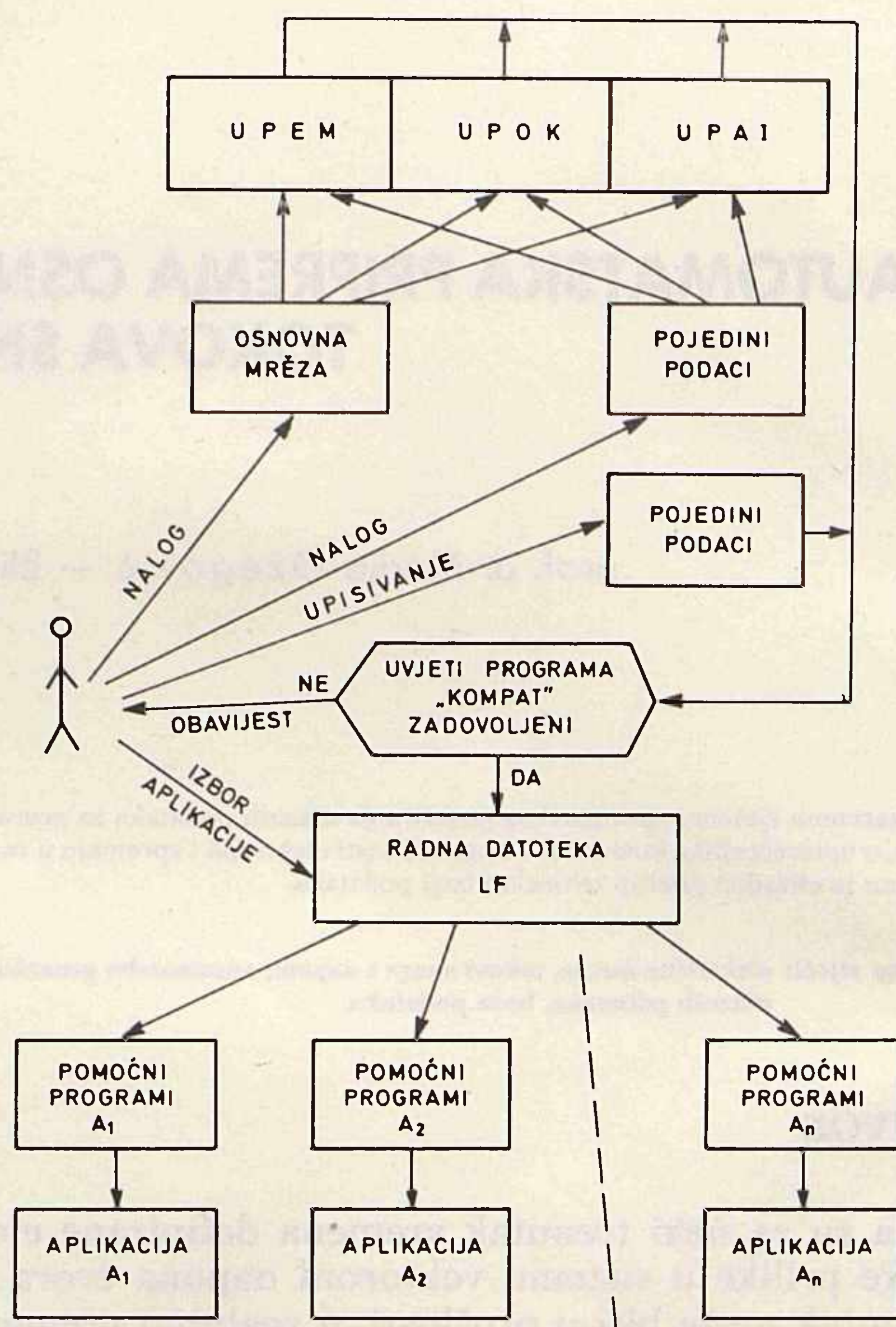
patibilnost čvorova opterećenja s čvorovima mreže i nude prihvatljivu bilancu snaga. Aplikacioni programi iz proračuna tokova snaga i napona komuniciraju jedino s radnom datotekom LF, što znači da se sami aplikacioni programi oslobađaju velikog dijela problema oko pripreme podataka. Na taj način radna datoteka LF omogućuje rad na pripremi podataka bez poznavanja aplikacionog programa i analogno omogućuje rad na aplikacionim programima bez poznavanja rješenja u pripremi podataka.

U principu klasični proračun tokova snaga i napona odvija se prema blok-dijagramu toka na sl. 2. Korišćenje elektroničkog računala od strane aplikacije počinje ručnim upisivanjem prethodno nezavisno pripremljenih podataka (na slici crtkano).



Slika 2. Klasični proračun tokova snaga i napona

Prema sl. 3, kod automatiziranog generiranja ulaznih podataka korisnik upravlja radom stroja na maksimalno udoban način. Na ekranu se javljaju upiti o željama iz UPEM-a, UPOK-a i UPAI-a, na koje se jednostavno odgovara sa da ili ne. Na ekranu se pojavljuju paneli za upisivanje podataka u obliku formula-ra koji oslobađaju korisnika od poznavanja fizičke strukture datoteka. Na ekranu se također pojavljuju obavijesti programa »KOMPAT« o vrsti i lokaciji greške. Iz sređenih podataka u radnoj datoteci LF, ovisno o samoj aplikaciji, automatski se formiraju konačni ulazni podaci i nakon toga se obavlja proračun. U kratkoročnim i dugoročnim prognozama proračun tokova snaga i napona jedan je od ključnih proračuna. U kratkoročnim prognozama to su dnevna, mjesečna, godišnja, a nekad i višegodišnja planiranja normalnog rada sistema. Tome treba dodati planiranja nenormalnih stanja kao što su iskapčanja, obustave, smanjena proizvodnja, redukcije. Bez automatizacije su proračuni tokova snaga i napona otuđeni od planera u dispečerskim centrima, koji se po prirodi posla bave kratkoročnim prognozi-ranjem. Tek automatizacijom postaju ovi proračuni rutina dispečarskih službi.



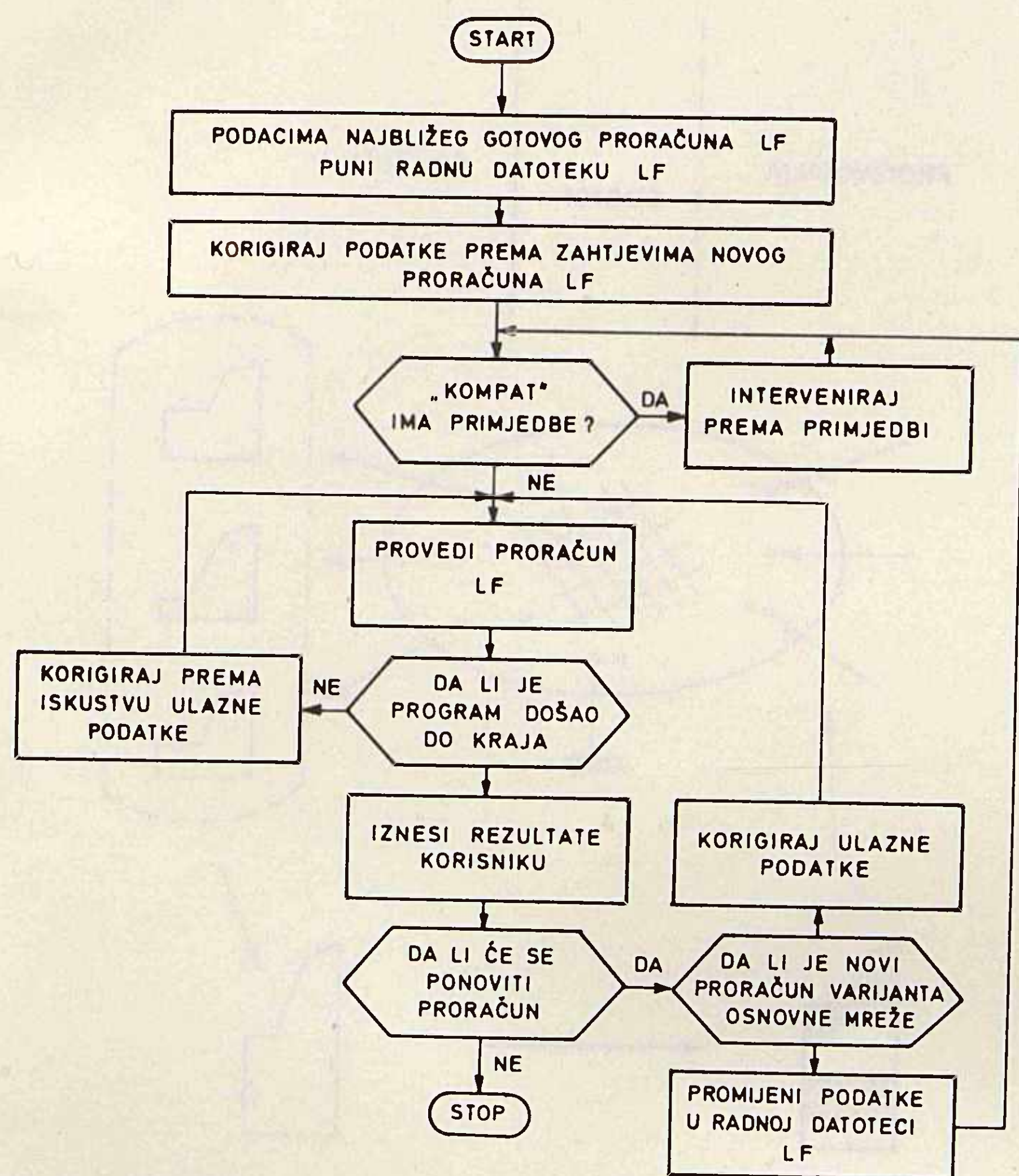
Slika 3. Automatizacija programa za proračun tokova snaga i napona

Dugoročno planiranje podloga je investicionoj politici. Proučavaju se razni smjerovi razvoja da bi se izabrao optimalni. Zatim se prilazi sve detaljnijem definiranju ne samo konačnog rješenja nego se također odlučuje i dinamika ulaganja sredstava odnosno izgradnje. Razvojne službe jedino uz pomoć automatizacije programa mogu same rutinski brzo i fleksibilno izvoditi potrebne proračune. Rutinski rad dispečerskih i razvojnih službi na području računa, toкова snaga i napona omogućen je rješenjem automatizacije prema blok-dijagramu toka na sl. 4. Tok novog proračuna LF na temelju starog proračuna LF podloga je rutinskog korištenja automatiziranog proračuna tokova snaga i napona, što znači da su u datotekama UPEM, UPOK i UPAI sačuvani ulazni podaci starih proračuna LF ako su rađeni za buduće stanje, ili ulazni podaci iz rezultata obrade raznih stanja iz prošlosti. Takva jedna mreža s odgovarajućim opterećenjima nazvana je »osnovni slučaj«.

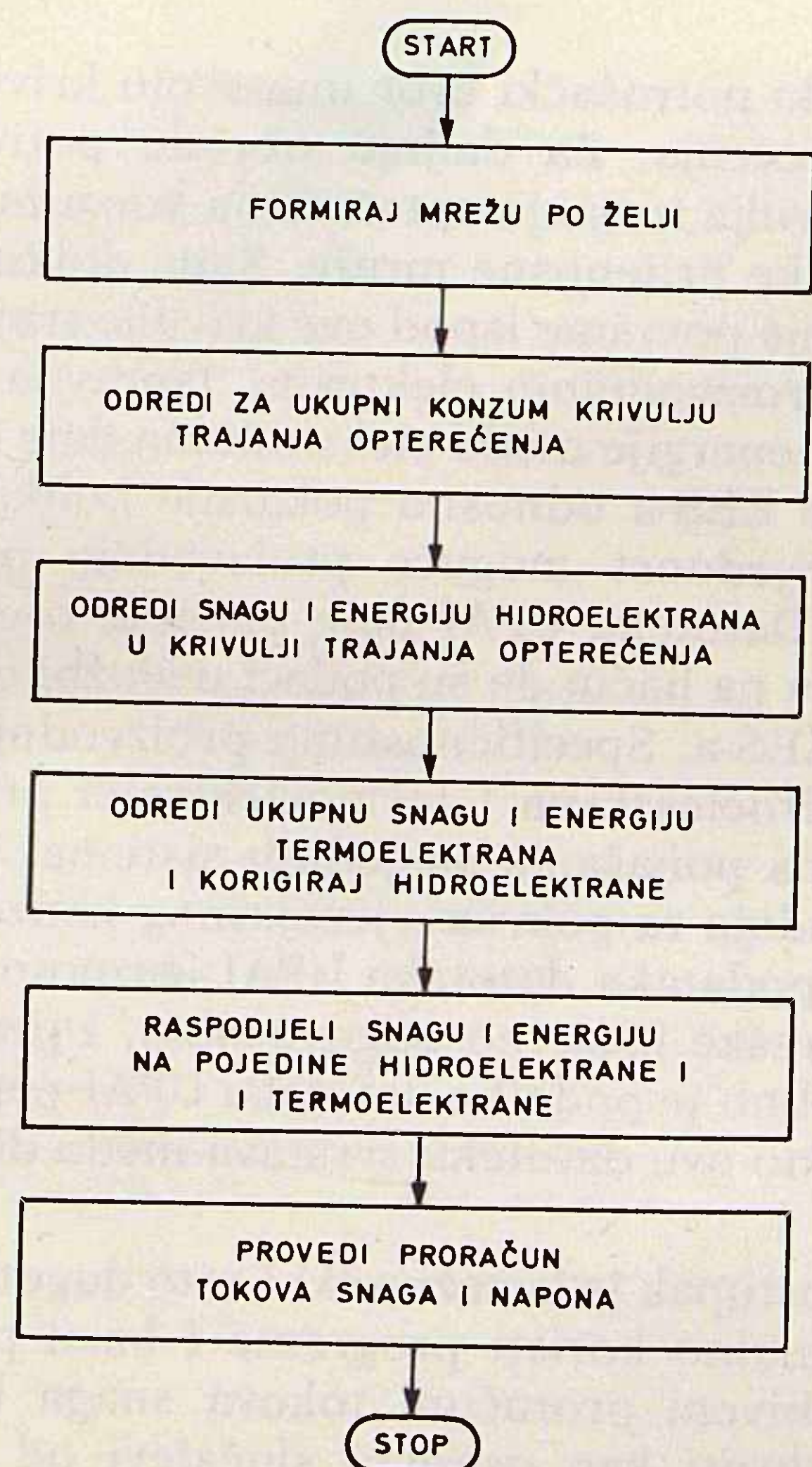
Na sl. 5. pokazan je potpuno nov proračun tokova snaga i napona da bi se dobio »osnovni slučaj«. Postupak je dugotrajan jer uključuje proračune po raznim kriterijima racionalne eksploatacije i izgradnje elektroenergetskog sistema.

3. DATOTEKE UPEM, UPOK i UPAI

Razvoj datoteka UPEM, UPOK i UPAI kreće se u pravcu formiranja baze podataka, a osnovne operacije nad bazom podataka jesu ažuriranje, sortiranje i



Slika 4. Tok novog proračuna LF na temelju starog proračuna



Slika 5. Potpuno novi proračun tokova snaga i napona

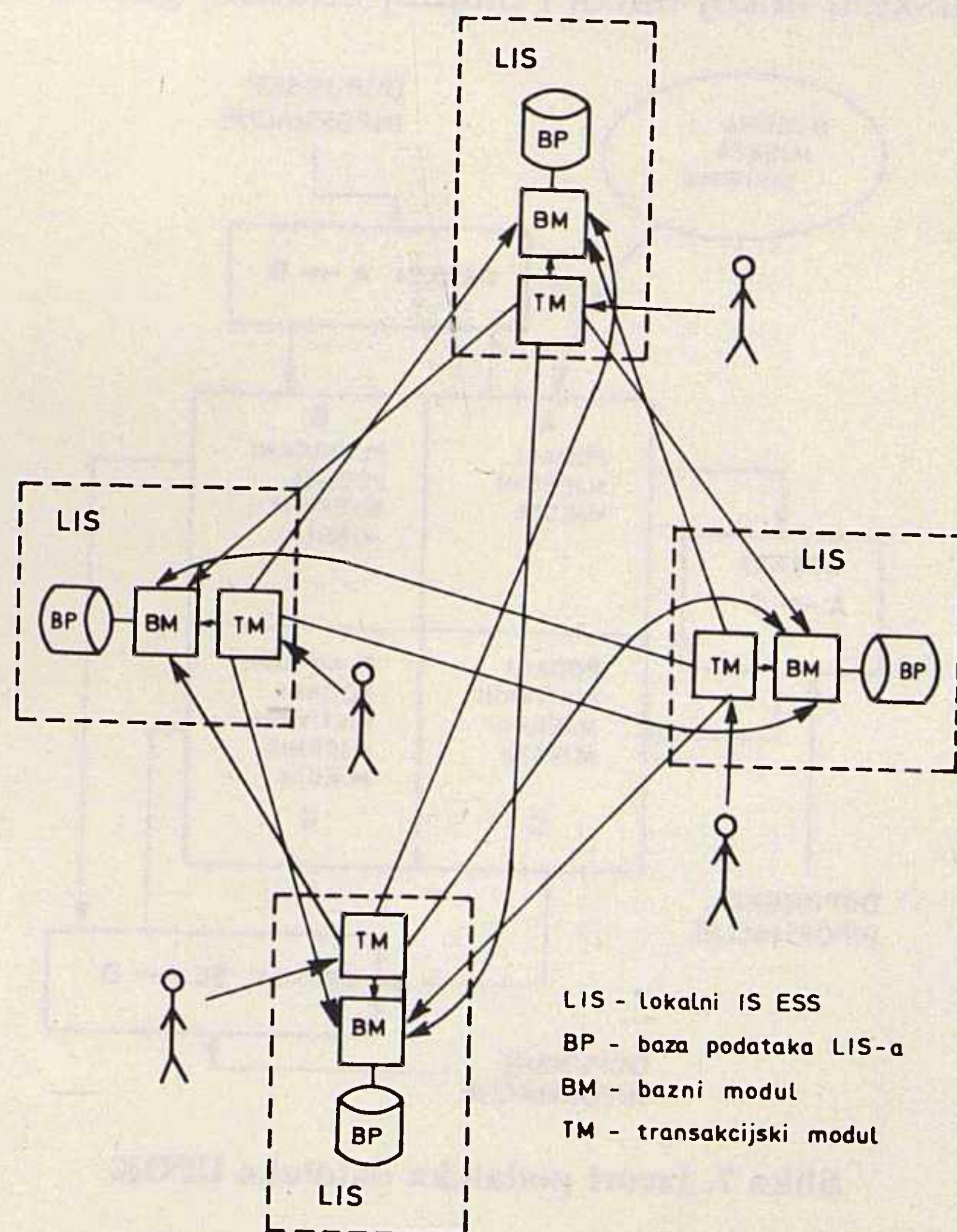
pretraživanje. S tog aspekta može se procijeniti da će UPEM biti relativno statička baza podataka, a da će UPOK i UPAI biti dinamičke baze podataka.

Zadatak je elektroenergetskog sistema da opskrbljuje potrošače kvalitetnom električnom energijom, pa su stoga zahtjevi potrošača primarni. To podacima UPOK-a daje prioritet. Potražnja se pokriva proiz-

vodnjom, dakle podacima iz UPAI-a, a sve zajedno se ostvaruje kroz mrežu izvora, prijenosa i distribucije, odnosno podacima iz UPEM-a. Postoji, dakako, i povratna sprega među datotekama jer se na rast potražnje reflektira izgrađenost sistema i mogućnost nove proizvodnje.

Cjelinu elektroenergetskog sistema čine svi njegovi sudionici. Glomaznost sistema zahtijeva supstituiranje pojedinih njegovih dijelova ekvivalentnim elementima i opterećenjima. Ti ekvivalenti su rezultat matematičke obrade određenog pogonskog stanja dijela sistema koji se ekvivalentira. Stoga se u datotekama UPEM, UPOK, i UPAI moraju nalaziti izvorni podaci za postupak ekvivalentiranja i rezultati ekvivalentiranja. Iako se analiza mreže provodi za njezin mali dio, nužno je ostvariti pristup podacima cjelokupnog sistema.

Nemoguće je zamisliti na jednom mjestu uredno vođenu bazu podataka jednog tako glomaznog i široko rasprostranjenog sistema kao što je elektroenergetski. Kad bi se i uspostavila centralna baza podataka, njezino ažuriranje i pretraživanje moralo bi se organizirati s više lokacija, a to znači da bi se ionako morali riješiti svi ključni problemi distribuiranih baza podataka. Na sl. 6. pokazana je distribuirana baza podataka, koju je nužno ostvariti kada se radi o informacionom sistemu iz analize mreže.



Slika 6. Distribuirana baza podataka na 4 lokacije

U sadašnjoj fazi razvoja datoteke UPEM, UPOK i UPAI služe za analize mreže LIS-a u Splitu. U ove datoteke unose se novi podaci, ispravljaju i brišu stari podaci na osnovi službeno ovjerenih formulara.

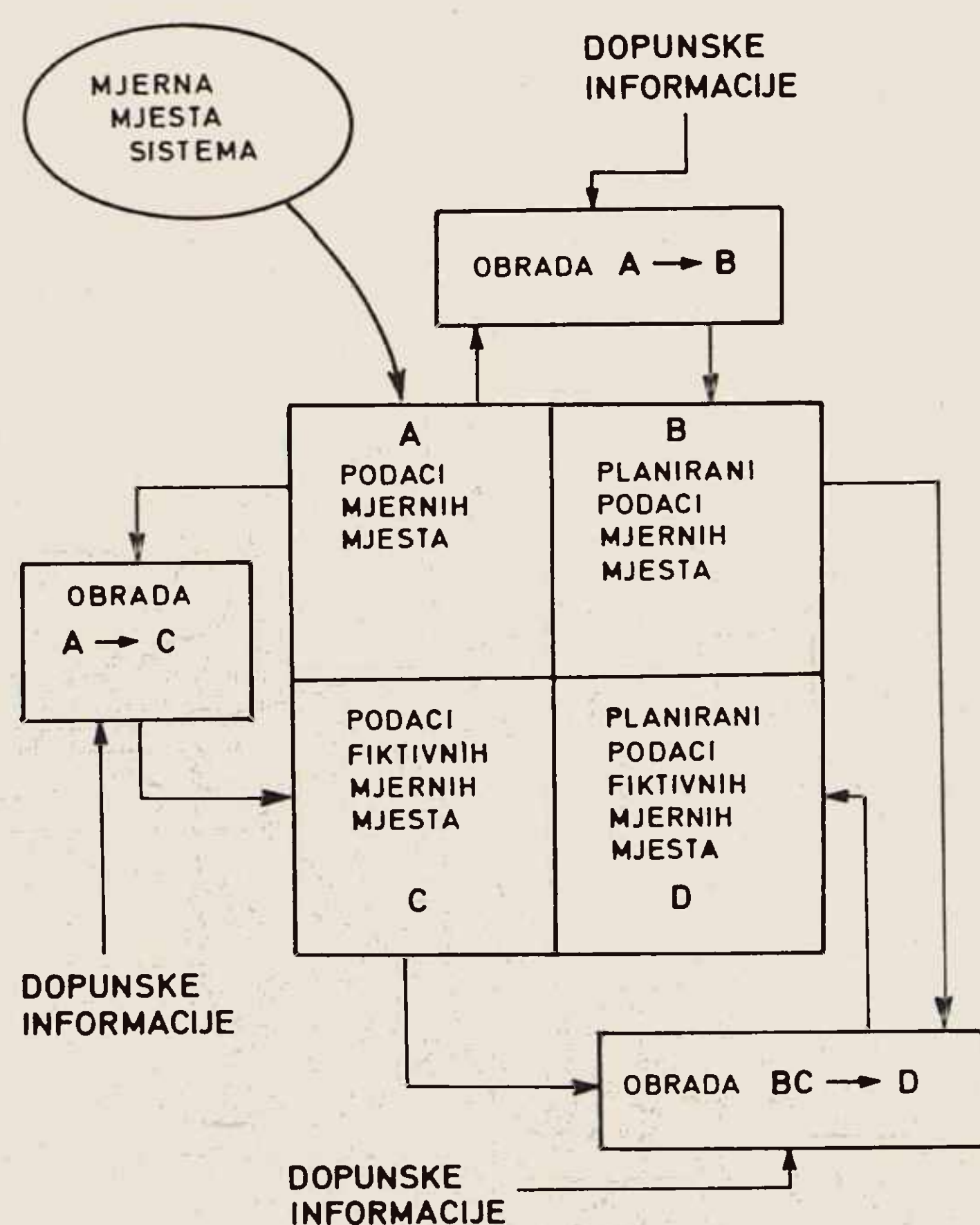
Podaci se upisuju ručno s formulara pomoću panela. Panel je napravljen na osnovi sastava sloga. Podaci

se pregledavaju, ispravljaju i brišu također preko panela. Panel je nacrtani formular na ekranu koji treba ispuniti. Rad preko panela donosi točnost, brzinu i udobnost.

Datoteka UPEM sastavljena je od 8 datoteka. S pojedinom su datotekom obuhvaćeni dalekovodi, kabeli, transformatori, generatori i poprečne prigušnice i kondenzatori, te ekvivalentni dalekovodi, ekvivalentni transformatori i ekvivalentni generatori. Osnovni podaci su podaci za prvih pet tipova elemenata. Podaci za ekvivalente su rezultati ekvivalentiranja.

Datoteka UPOK sastavljena je za sada od jedne datoteke. U toku je razgrađivanje i dopunjavanje ove datoteke na niz datoteka, koje su potrebne velikom broju aplikacionih programa iz analize konzuma.

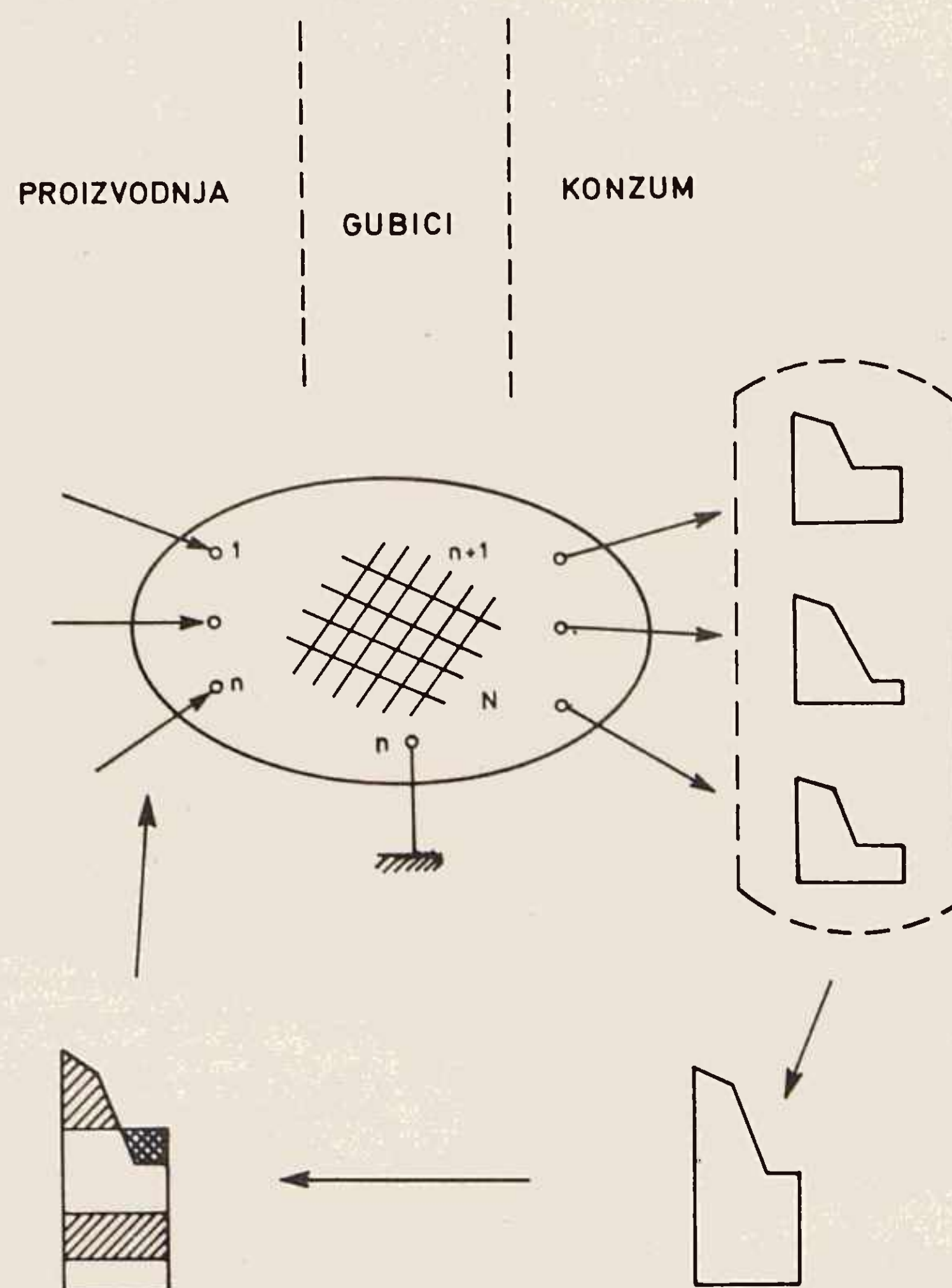
Punjenje datoteke UPOK podacima pokazuje sl. 7. Podaci o opterećenjima stvarnih mjernih mjesta osnovni su materijal za proučavanje konzuma (skup podataka $A \rightarrow B$) daje prognozu opterećenja stvarnih mjernih mjesta. Druga obrada istog skupa podataka (obrada $A \rightarrow C$) istražuje kompleksno ponašanje opterećenja u određenom prošlom vremenu, pa se pojavljuju fiktivna mjerna mjesta, kao što je npr. opterećenje SR Hrvatske i sl. Obradom na višem nivou apstrakcije (obrada $BC \rightarrow D$) dobijemo planirane podatke fiktivnih mjernih mjesta. Rezultat je npr. dnevna ili tjedna krivulja trajanja opterećenja SR Hrvatske u nekoj bližoj i daljoj budućoj godini.



Slika 7. Izvori podataka datoteke UPOK

Datoteka UPAI sastavljena je također od jedne datoteke. U toku je razgrađivanje i dopunjavanje ove datoteke na niz datoteka, koje su potrebne velikom broju aplikacionih programa u istraživanjima na optimalnom radu i izgradnji izvora.

Na sl. 8. nacrtan je klasičan model sistema za koji se obavlja proračun tokova snaga i napona. Lijevo su izvori, a desno potrošači. Povezuje ih prijenosna

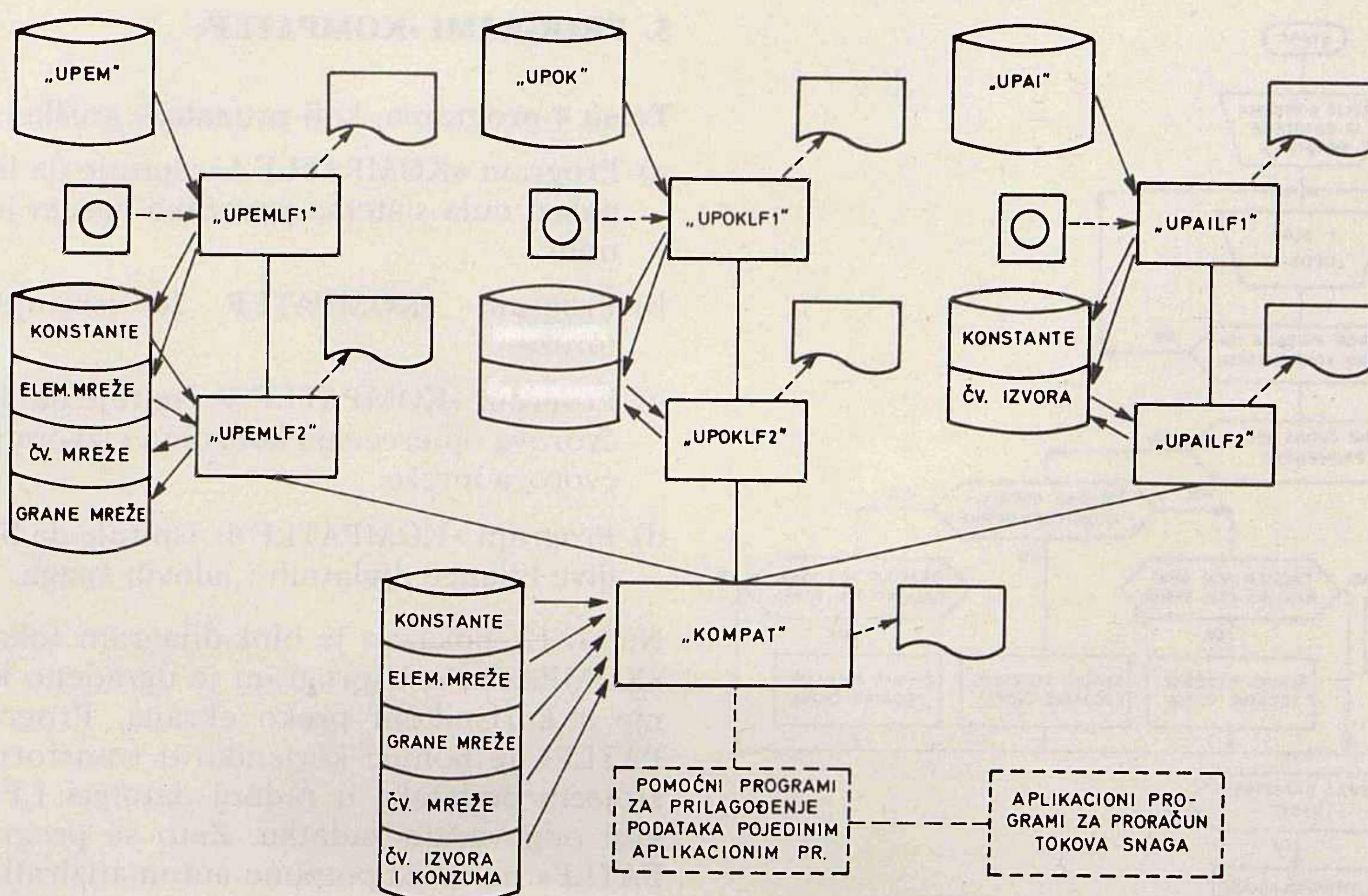


Slika 8. Klasični model sistema za proračun tokova snaga i napona

mreža. Svaki potrošački čvor ima svoju krivulju trajanja opterećenja. Za daljnju obradu potrebna je ukupna krivulja trajanja opterećenja konzuma uvećana za gubitke prijenosne mreže. Sada dolazi na red popunjavanje površine ispod ove krivulje trajanja opterećenja proizvodnjom elektran. Ispravna raspodjela snage i energije među elektranama daje optimalno vođenje EES-a odnosno pokazuje kolika će biti stvarna vrijednost moguće proizvodnje planirane elektrane. Datoteka UPAI daje podatke o energiji i snazi izvora na način da su podaci u službi optimiranja rada EES-a. Specifičnostima proizvodnje raznorodnih hidroelektrana i termoelektrana pridružuju se određena ponašanja susjednih sistema. Vjerojatna proizvodnja za pokriće vjerojatnog konzuma čini pripremu podataka datoteke UPAI izuzetno teškom, a cijena greške izuzetno odgovornom. Upravo zbog toga potrebno je podatke datoteke UPAI neprekidno ažurirati, što ovu datoteku svrstava među dinamičke datoteke.

Opisani postupak je istraživački i zato dugotrajan, iako maksimalno koristi programe i bazu podataka. Ovako dobiveni proračuni tokova snaga i napona mogu poslužiti kao osnovni slučajevi od kojih se stvaraju varijante koristeći također informacije u bazi podataka. Zato se u datotekama UPEM, UPOK i UPAI nalaze također i podaci riješenih osnovnih slučajeva, na temelju kojih korisnik priprema podatke za novi proračun tokova snaga i napona.

Može se zaključiti da sadržaj datoteka UPEM, UPOK i UPAI raste ažuriranjem sirovih podataka, specifičnom obradom podataka i kroz spremanje rezultata aplikacionih programa.



Slika 9. Blok-dijagram automatizacije proračuna tokova snage i napona

4. PROGRAMI ZA FORMIRANJE RADNE DATOTEKE LF

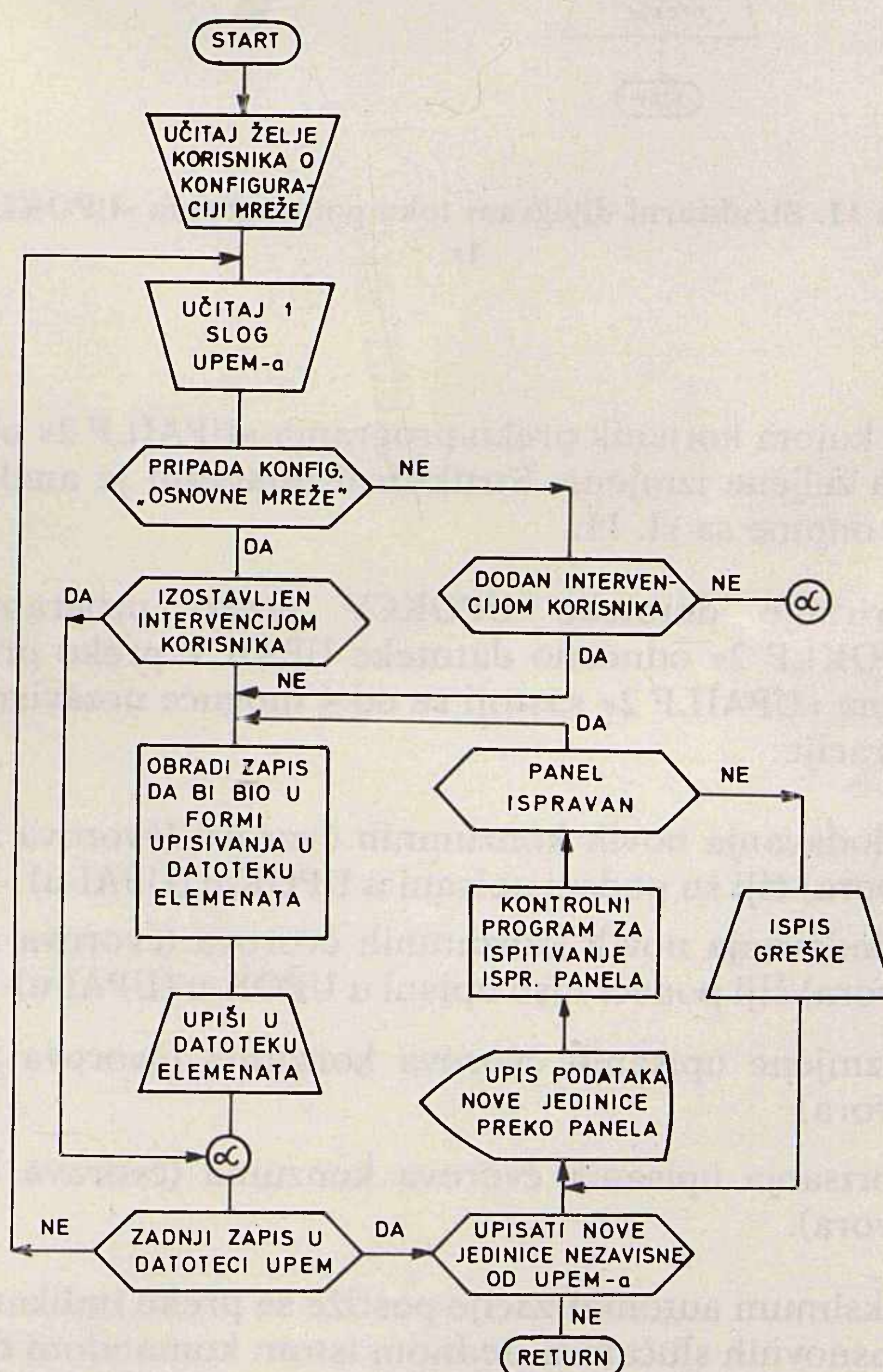
Na sl. 9. pokazani su najvažniji pomoćni programi koji sudjeluju u automatskoj pripremi podataka te sve datoteke s kojima ti programi saobraćaju. Cjelokupnim tokom automatizacije upravlja jedan zajednički EXEC program koji omogućava korisniku da putem brojnih manuala usmjerava tok obrade.

U procesu kreiranja mreže sudjeluju dva pomoćna programa. Program »UPEMLF 1« stvara datoteku elemenata korisnikove mreže iz UPEM-a i ažuriranju u toku rada. Ova datoteka je osnovna za sve daljnje proračune jer sadrži osim parametara i topologiju mreže.

Svaki element EES-a definiran je različitim parametrima. Zato je za obradu svakog tipa elementa iz UPEM-a u okviru programa »UPEMLF 1« načinjen poseban potprogram. Svaki potprogram redom slaže podatke o pojedinom elementu u datoteku elemenata. Jedan slog iz datoteke UPEM rezultira jednim slogom u datoteci elemenata. Strukturni dijagram toka programa »UPEMLF 1« pokazan je na sl. 10.

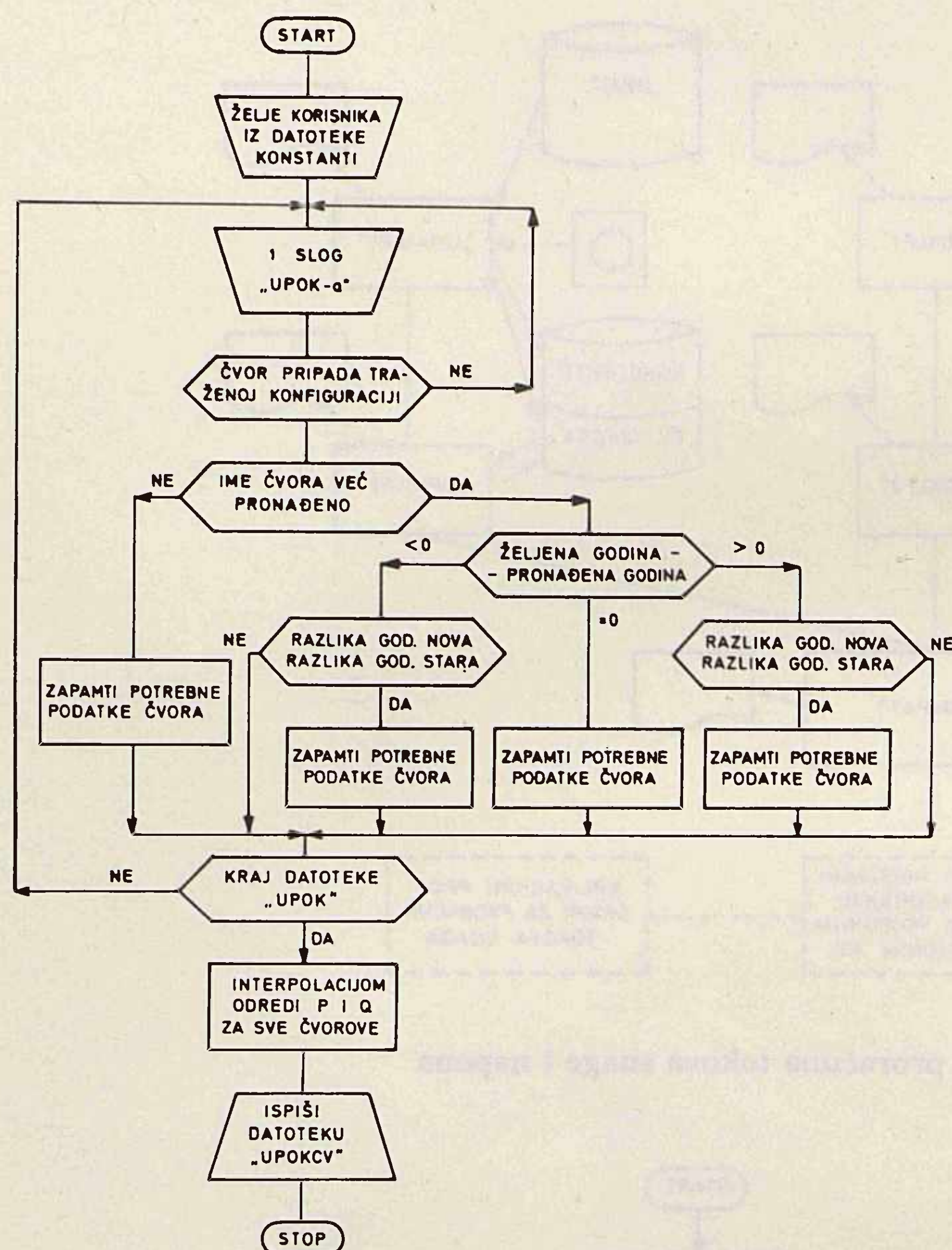
Pomoćni program »UPEMLF 2« numerira čvorove i formira datoteku čvorova početne numeracije mreže i datoteku grana početne numeracije mreže. Pošto se preko programa »Mompat« utvrdi suvislost mreže i ispravnost numeracije, nadograđuju se datoteke ostalim parametrima mreže.

Pripremu podataka opterećenja konzuma obavljaju pomoćni programi »UPOKLF 1« i »UPOKLF 2«. Program »UPOKLF 1« kreira datoteku konzumnih čvorova UPOKCV nad kojom korisnik preko programa »UPOKLF 2« obavlja željene izmjene. Strukturni dijagram toka potprograma »UPOKLF 1« pokazan je na sl. 11.



Slika 10. Strukturni dijagram toka programa »UPEMLF 1«

Pripremu podataka opterećenja izvora obavljaju pomoćni programi »UPAILF 1« i »UPAILF 2«. Program »UPAILF 1« kreira datoteku čvorova izvora UPAICV



Slika 11. Strukturalni dijagram toka potprograma »UPOKLF 1«

nad kojom korisnik preko programa »UPAILF 2« obavlja željene izmjene. Strukturalni dijagram je analogan onome sa sl. 11.

Ažuriranje datoteke UPOKCV preko programa »UPOKLF 2« odnosno datoteke UPAICV preko programa »UPAILF 2« sastoji se od 4 moguće nezavisne operacije:

- dodavanja novih konzumnih čvorova (čvorova izvora) čiji su podaci upisani u UPOK-u (UPAI-u)
- dodavanja novih konzumnih čvorova (čvorova izvora) čiji podaci nisu upisani u UPOK-u (UPAI-u)
- izmjene upisanih čvorova konzuma (čvorova izvora)
- brisanja upisanih čvorova konzuma (čvorova izvora).

Maksimum automatizacije postiže se preko indikatora osnovnih slučajeva. Jednom istom komandom dobije se iz UPEM-a osnovna mreža, iz UPOK-a opterećenja čvorova potrošača osnovne mreže, a iz UPAI-a opterećenja izvora iste i osnovne mreže. Kada korisnik obrađuje godinu koja pada unutar godina za koje ima spremljene osnovne slučajeve, automatski dobije bilancu koja je interpolirana između dvije najbliže godine.

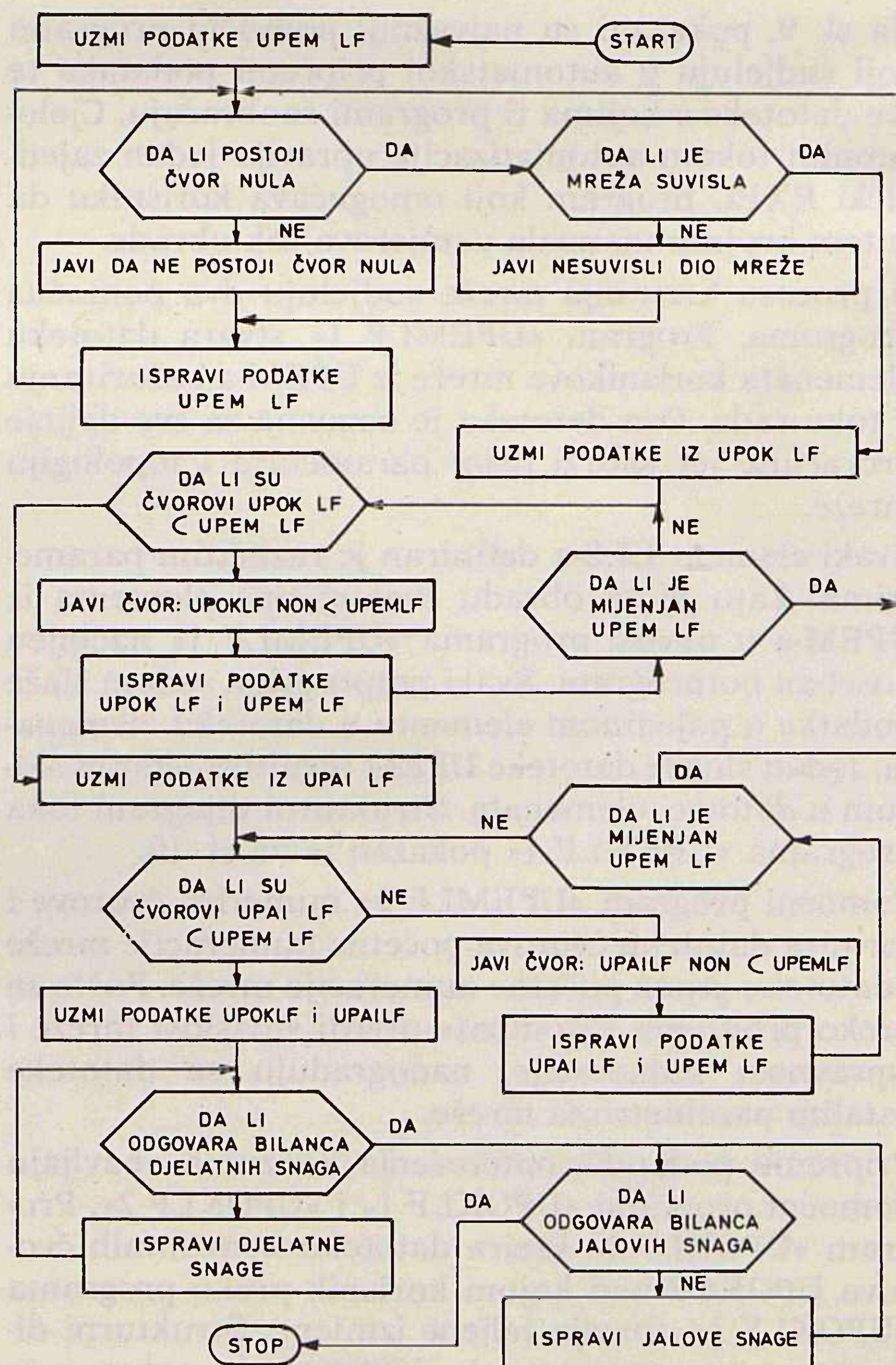
5. PROGRAMI »KOMPATLF«

To su 4 programa, koji pronalaze greške:

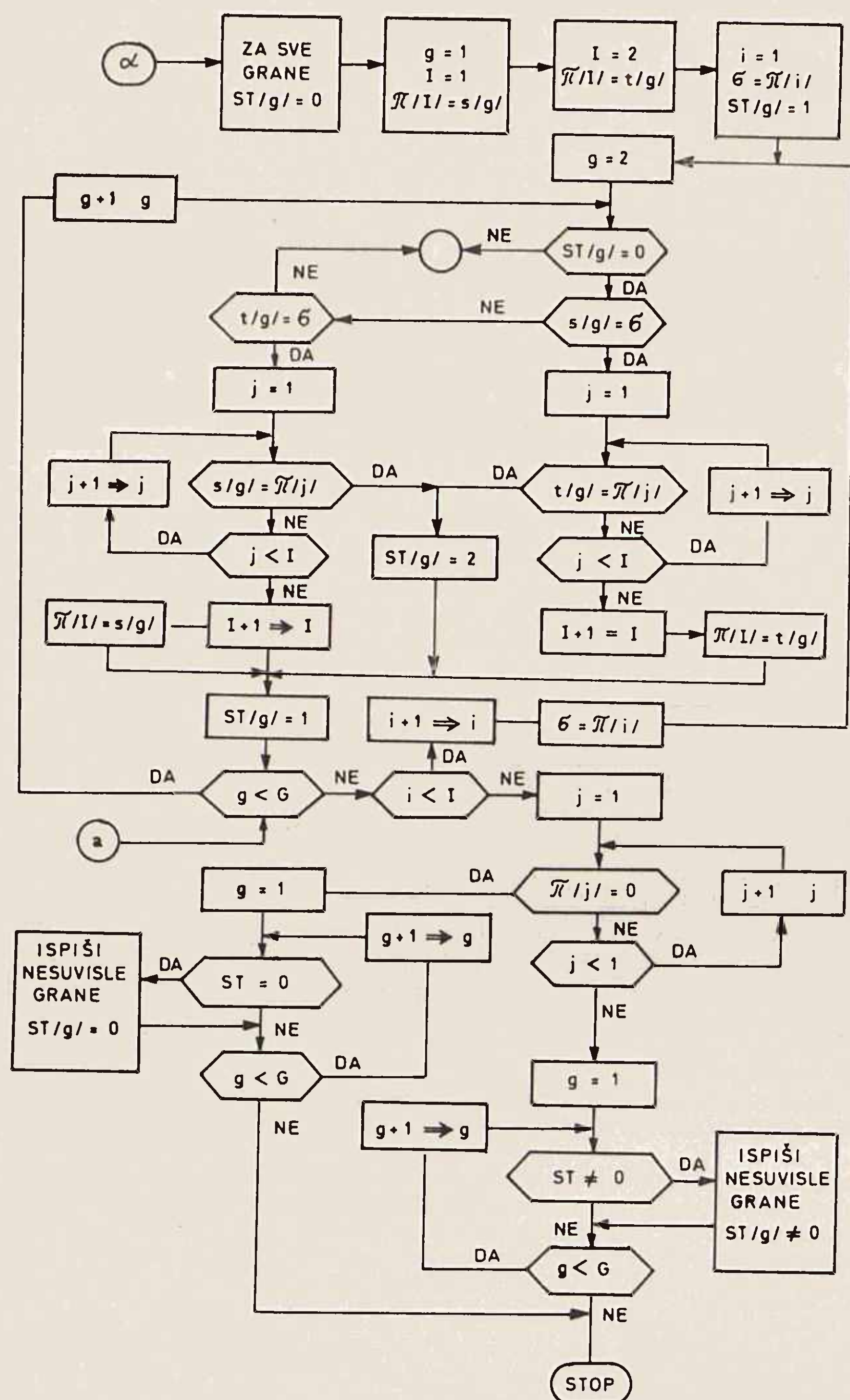
- Program »KOMPATLF 1« ispituje da li se u mreži nalazi nula sistema povezana barem jednom granom.
- Program »KOMPATLF 2« ispituje suvislost mreže.
- Program »KOMPATLF 3« ispituje da li su skupovi čvorova opterećenja konzuma i izvora podskupovi čvorova mreže.
- Program »KOMPATLF 4« ispituje da li su prihvatljive bilance djelatnih i jalovih snaga.

Na sl. 12. pokazan je blok-dijagram toka programa »KOMPATLF«. U program je ugrađeno komuniciranje s korisnikom preko ekrana. Program »KOMPATLF« je pomoć korisniku u transformiranju postojećih podataka u radnoj datoteci LF u podatke koji odgovaraju zadatku. Zato se program »KOMPATLF« ne može potpuno automatizirati.

Najkompliciraniji od ova četiri programa jest program »KOMPATLF 2«, pa će se zato ovom programu posvetiti posebna pažnja. Dijagram toka ovog programa pokazan je na sl. 13.



Slika 12. Blok-dijagram toka programa »KOMPATLF«



Slika 13. Dijagram toka programa »KOMPATLF 2«

Iz liste grana u kojoj su rubrike

$g \quad s \quad t \quad \bar{y}_{s-t}$

formira se lista grana

$g \quad s \quad t \quad ST$

Za sve grane treba upisati $ST = 0$. Brojevi čvorova mogu biti od nule do 999, a preskočenih brojeva nema.

Ispitivanje suvislosti mreže provodi se tako da se unutar mreže formira stablo. Svaka suvisla mreža ili njezin suvisli dio ima određen broj zavisnih grana koje tvore stablo. Nije definirano koje grane će biti nezavisne i koja je topologija stabla, ali je definirano kojim uvjetima mora stablo udovoljavati.

Formiranje stabla počinje prvom granom u listi grana. Ova grana donosi prve čvorove s i t , s kojima se počinje formirati lista čvorova stabla $\pi(I)$. Ovom stablu dograđuju se druge zavisne grane koje donose nove čvorove. Tako raste stablo dok se ne uključe sve grane stabla, a ujedno se do kraja formira lista čvorova $\pi(I)$.

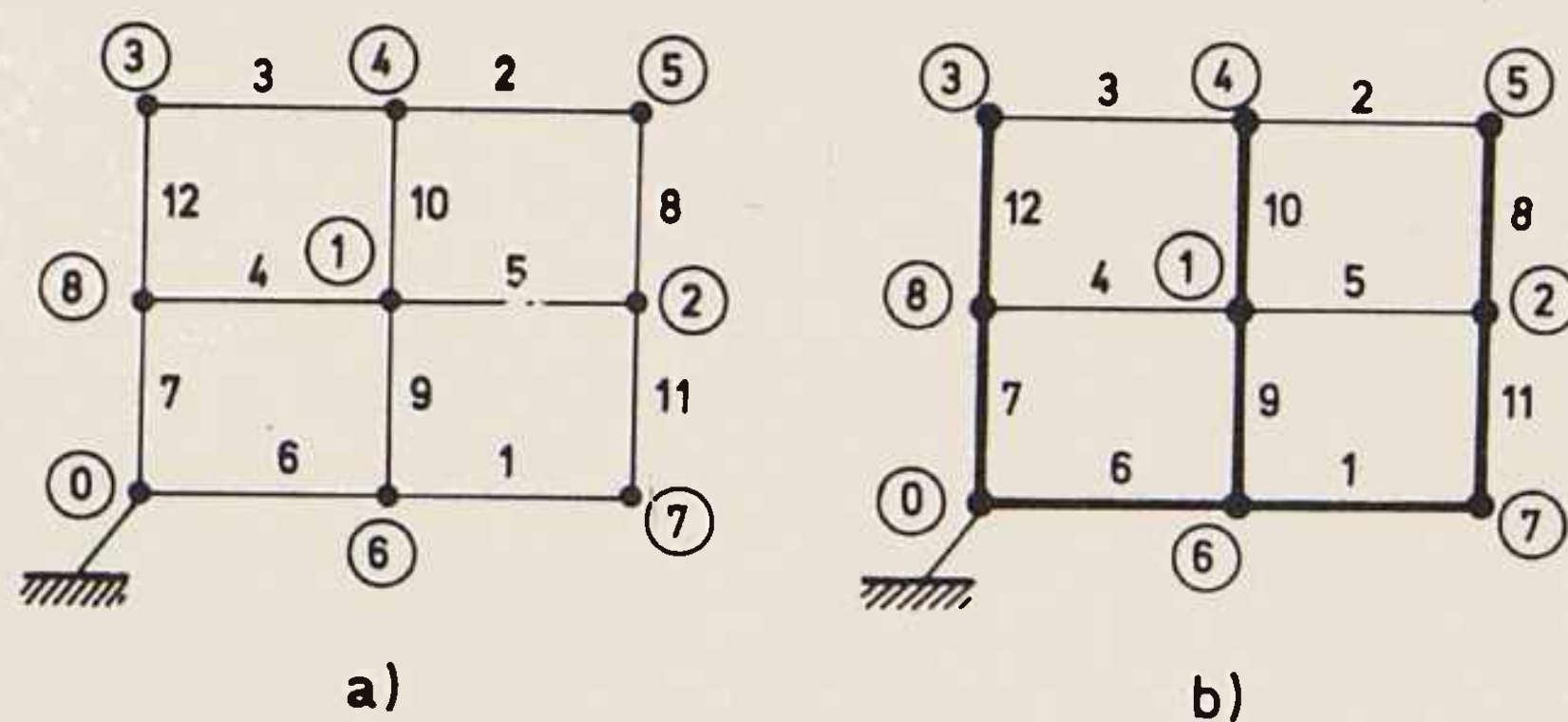
U početku treba osigurati za sve grane mreže $ST = 0$. Tokom formiranja stabla mijenja se ST . Ako se grana uključuje u stablo, onda se ST mijenja u 1, a ako se utvrdi da je grana nezavisna, tj. da tvori

petlju, onda se ST mijenja u 2. Na kraju procesa možemo izdvojiti grane stabla, nezavisne grane i grane koje su ostale izvan mreže.

Sada ispitujemo da li se u listi čvorova $\pi(I)$ nalazi čvor nula. Ako se nalazi, onda su grane kojima je ST ostalo nula grane koje nisu uključene u mrežu. Ako se u listi čvorova ne nalazi čvor nula, onda znači da se čvor nula nalazi u onom dijelu mreže, kojoj je $ST = 0$. Zato je potrebno u prvom slučaju ispisati one grane mreže kojima je ST ostalo nula, a u drugom slučaju one grane kojima je ST različito od nule.

Sada je red na korisniku da intervenira. Poznate su mu grane koje nisu uključene u mrežu, pa je grešku lako pronaći i ispraviti. Postupak se ponavlja sve dok postoje obavijesti »KOMPAT-a« o nesuvislim dijelovima mreže.

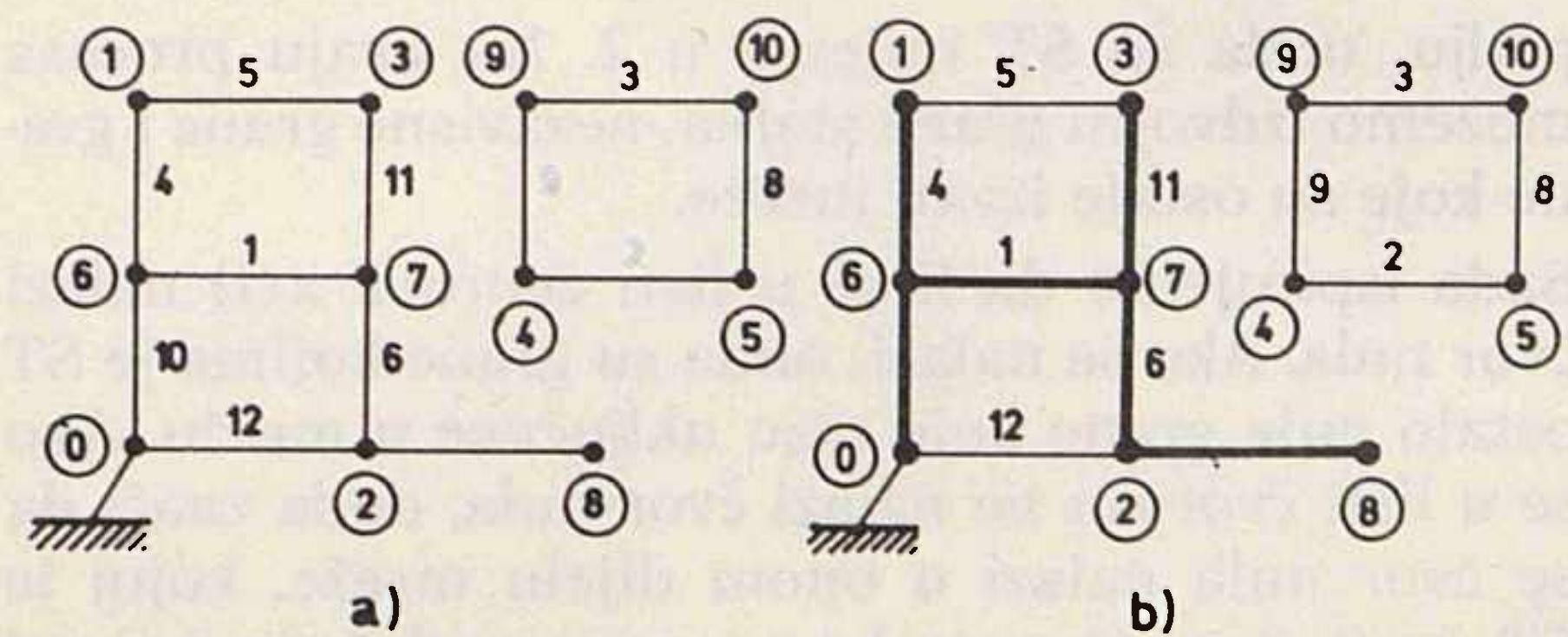
Primjer 1: Zadana je mreža prema sl. 14. Mreža je zadana listom grana u kojoj je ST jednak nuli za sve grane. Na kraju procesa istraživanja suvislosti mreže u ovom primjeru promijenili su se ST za sve grane, što znači da je mreža suvisla. Formirana je i tablica $\pi(I)$. Iz te tablice nacrtano je stablo na sl. 14 b.



Slika 14. Zadana suvisla mreža

g	s	t	ST	I	i	π	σ
1	6	7	1	1	1	6	6
2	4	5	2	2	2	7	7
3	3	4	2	3	3	0	0
4	1	8	2	4	4	1	1
5	1	2	2	5	5	2	2
6	0	6	1	6	6	8	8
7	0	8	1	7	7	4	4
8	2	5	1	8	8	5	5
9	1	6	1	9	9	3	3
10	1	4	1				
11	2	7	1				
12	3	8	1				

Primjer 2: Zadana je mreža prema sl. 15. Mreža je zadana listom grana u kojoj je ST jednak nuli za sve grane. Na kraju procesa istraživanja suvislosti mreže u ovom primjeru nisu se promijenili ST za sve grane, što znači da je mreža nesuvisla. Formirana je tablica $\pi(I)$. Za $I = 4$ vidimo da je $\pi = 0$, što znači da je dio mreže kojemu smo gradili stablo suvisla mreža. Grane $ST = 0$ su grane izvan mreže. Možemo ih pročitati iz zadane liste grana nakon završenog procesa. To su grane $g = 2, 3, 8$ i 9 .



Slika 15. Zadana nesuvizla mreža

g	s	t	ST	I	i	π	σ
1	6	7	1	1	1	6	6
2	10	9	0	2	2	7	7
3	6	9	0	3	3	1	1
4	6	1	1	4	4	0	0
5	1	3	2	5	5	2	2
6	2	7	1	6	6	3	3
7	2	8	1	7	7	8	8
8	10	5	0				
9	4	9	0				
10	0	6	1				
11	7	3	1				
12	2	0	2				

6. ZAKLJUČAK

Uvođenjem automatizacije proračun tokova snaga i napona postaje rutina i tek time pravo oruđe u rukama korisnika. Dobro organizirana suradnja između istraživačkih, operativnih i investitorskih organizacija i timova može na ovom području primjene aplikacionih programa dati velik doprinos u postizanju optimuma. potrebna automatska priprema osnovnih podataka dala je također svoj doprinos sagledavanju baze podataka iz područja analize mreže. Izgradnja UPEM-a, UPOK-a i UPAI-a ako autonomnih datoteka uz nužnu povezanost pokazala se ispravnom jer je time omogućen njihov daljnji razvoj u službi ostalih kategorija aplikacionih programa.

LITERATURA

M. OŽEGOVIĆ, M. ZNAOR, Ž. KOVAČ, E. SUTLOVIĆ, N. GRULOVIĆ: »Optimizacija korištenja informacionog sistema za potrebe eksploatacije, analiza i razvoja EES Dalmacije« — 2 dio, Split, lipanj 1985.

AUTOMATIC DATA ACQUISITION FOR CALCULATION OF POWER FLOWS AND VOLTAGES

In automatic data acquisition for calculation of power flows and voltages, data for network elements, demands, power plant productions are taken from technical data bank and stored in working file »LF«. In the article are also described some base solutions of automation and specially is elaborated system of technical data bank.

AUTOMATISCHE VORBEREITUNG DER GRUNDANGABEN FÜR DIE BERECHNUNG DER KRAFT UND SPANNUNGLÄUFE

In der dargestellten Lösung der automatischen Erzeugung der Eingangsdaten für die Berechnung der Kraft und Spannungsläufe werden aus der technischen Angaben — Basis Angabe über die Netzelemente genommen, über die Belastungen des Konsums, über das Angagement der Elektrowerke, die in der Arbeitsdatei LF gespeichert werden. Im Artikel werden ebenfalls eininge Schlüssellösungen der Auttomatisierung gazeigt, wobei besonders die Behandlung der technischen Basis der Angaben bearbeitet wurde.

АВТОМАТИЧЕСКАЯ ПОДГОТОВКА ОСНОВНЫХ ДАННЫХ ДЛЯ ПАСЧЕТА ПОТОКОВ МОЩНОСТИ И НАПРЯЖЕНИЯ

В показаном решении автоматического генерирования входных данных для расчета потоков мощности и напряжения берутся из технической базы сведений данные о элементах сети, о нагрузках потребителей, о учестии электростанций и направляются в рабочий файл ЛФ. Встатье также показаны некоторые ключевые решения автоматизации, а особо обработан подход к технической базе сведений.

Naslov pisaca:

Prof. dr Marija Ožegović, dipl. inž.
Elis Sutlović, dipl. inž.
Nedeljka Grulović, dipl. inž.
Fakultet elektrotehnike,
strojarstva i brodogradnje, Split
58 000 Split Rudera Boškovića bb

Uredništvo primilo rukopis
1985-08-25

POVEZIVANJE ZAGREBAČKOG PODRUČJA S PRIJENOSNOM MREŽOM SUPERPONIRANIH NAPONA

mr Zdenko Tonković — Božidar Radmilović, Zagreb

UDK 621.316.1:621.31

PREGLEDNI RAD

U članku se govori o području »Elektroprivrede Zagreb« i o potrebi njegovog povezivanja s prijenosnom mrežom superponiranih napona.

Ključne riječi: područje Zagreba, prijenosna mreža, superponirani napon.

Područje »Elektroprivrede Zagreb« čini 42% potrošnje Hrvatske. Od toga je gotovo polovica šire područje Zagreba, između stanica Samobor i Resnik te Jertovec i Mraclin. Ono se napaja iz superponirane mreže 220 i 400 kV napona kroz dvije transformatorske stanice: TS 220/110 kV Mraclin i TS 400/110 kV Tumbri (Zagreb), te iz izvora raspoložive snage na turbini (MW): TE-TO Zagreb $2 \times 32 + 1 \times 120$ (gorivo: mazut, plin), EL-TO Zagreb $1 \times 11 + 1 \times 30$ (gorivo: plin, mazut) i PTE Jertovec $2 \times 12,5 + 1 \times 14,4 + 2 \times 31,5$ (gorivo: zemni plin, lako ulje).

Imajući u vidu vrstu goriva ovih izvora i realnu neizvjesnost njegove nabave, očita je ovisnost zagrebačkog područja, pa i cijelog »Elektroprivrede Zagreb«, o napajanju superponirane mreže.

Ilustrirat ćemo taj zaključak nekim orijentacionim podacima*. U 1983. godini potrošnja šireg zagrebačkog područja bila je (zanemarujući direktnu i ostalu potrošnju te gubitke) oko 2 059 GWh, a proizvodnja navedenih elektrana 561 GWh, što znači da se samo 27% potrebne energije osiguravalo u lokalnim izvorima. Analogno je 1984. godine od oko 2 192 GWh distributivne potrošnje lokalnim izvorima podmireno 386 GWh ili 18%! Situacija nije povoljnija ni onda uključili se u ovo razmatranje i sisačko područje sa svojim velikim izvorom TE Sisak (1×210 MW/110 kV i 1×210 MW/220 kV; gorivo: mazut, plin): potrošnja 1983. godine bila je oko 278 GWh u distribuciji i 186 GWh u Željezari — dakle sa zagrebačkim područjem 2 523 GWh (bez gubitaka), a ukupno sa zagrebačkim elektranama je proizvedeno $561 + 752 = 1\,313$ GWh. U 1984. godini: $2\,192 + (362 + 190) = 2\,744$ GWh zagrebačko-sisačke potrošnje (bez gubitaka) i $386 + 328 = 714$ GWh ukupne proizvodnje.

Dodajmo tome i deficit sjevernog dijela područja: distributivna potrošnja segmenata Bjelovar — Križevci, Zabok, Varaždin, Čakovec i Koprivnica — Virovitica bila je u 1983. godini oko 1072 GWh, a pro-

izvodnja HE Varaždin i HE Čakovec 654 GWh. U 1984. godini distributivna potrošnja bila je oko 1 152 GWh, a proizvodnja u navedenim hidroelektranama 802 GWh. Može se konačno učiniti bilanca i za cijelo područje »Elektroprenosa-Zagreb«: ukupna je potrošnja 1983. godine bila 4 754 GWh (bez gubitaka) a proizvodnja 2 102 GWh, što znači da se ostatak od 56% potrebne električne energije dobavljao iz drugih područja Hrvatske i Jugoslavije, pa i iz uvoza. Analogno je u 1984. godini ukupna potrošnja bila 5 062 GWh (bez gubitaka) a proizvodnja 1 752 GWh, pa je trebalo dobiti još 65% energije. Budući da su mogućnosti razmjene 110 kV vodovima limitirane, najveći dio deficita podmiruje se iz superponirane 220 kV i 400 kV mreže.

S obzirom na veliku deficitarnost šireg zagrebačkog gradskog područja u energiji postavlja se pitanje sigurnosti i kvalitete *interkonekcije sa superponiranom mrežom — koja u ovom kontekstu i za ovo područje znači veliki izvor električne energije!*

Poremećaji u proizvodnji električne energije zbog kvarova u elektranama ili nedostatka tekućeg goriva i slabih hidroloških prilika, kao i pravci tranzitiranja energije zbog istih takvih problema u drugim republikama rezultiraju neuobičajenim tokovima snage u prijenosnom sistemu *kakvi se dosada nisu smatrali ozbiljnima u analizama sistema pri planiranju.*

Za zagrebačko područje ta se nova elektroenergetska situacija, sa svim izgledima da postane trajnom, manifestira gotovo praznom 220 kV mrežom — zbog malog angažiranja izvora na toj naponskoj razini — tako da se cijelo područje praktički napaja iz TS Tumbri. Time je ova transformacija visoko opterećena, a razvod energije u zagrebačko područje nesiguran jer je 110 kV mreža planirana i građena pod pretpostavkom jednolike raspodjele tereta između obiju interkonekcija. Ulaskom NE Krško u trajni pogon (2. X 1981) ovaj se veliki izvor na 400 kV našao električki na pragu Zagreba (DV 2×400 kV Krško — Tumbri 48 km). S druge strane, uz poznate probleme s tekućim gorivom transformacija u Mraclinu za sušnih jeseni

* Izvor podataka za ove analize bili su »Izveštaji o ostvarenju elektroenergetske bilance Hrvatske« i podaci za obračun energetske-dispečarske službe i mjerenja dani u »Mjesečnim izvještajima Tehničkog ureda Elektroprenosa Zagreb«.

— zima (kao što je bilo 1982. i 1983. godine) ovisi samo o razmjeni sa Slovenijom. Ako ona izostane (neraspoloživost voda), prazna je 220 kV mreža, i iskapčanje 220 kV sabirnica u Mraclinu jedva bi se osjećalo ako bi funkcionirala instalirana kompenzacija u tom čvorištu.

Iako izražavanje energijom nije u duhu filozofije prijenosne mreže, ipak za ovu problematiku može biti indikativno da je u 1983. godini kroz TS Tumbri dobavljeno 2 333 GWh, a kroz TS 220/110 kV Mraclin 422 GWh (kroz TS TE Sisak – 6 GWh). U 1984. kroz TS Tumbi je dobavljeno 2691 GWh, a kroz TS Mraclin 486 GWh (kroz TS TE Sisak 226 GWh). To znači da je odnos u napajanju zagrebačkog područja električnom energijom između Tumbra i Mraclina u 1983. i 1984. godini bio 85 % : 15 %. Sve se ove veličine odnose na djelatnu energiju. Pitanja jalove energije i šnaga ostavljamo za drugu priliku.

Kako se razvijala ova deformacija? TS Tumbri svečano je stavljena pod napon 8. svibnja 1978, zajedno s potezom Ernestinovo.....Krško. U »Mjesečnom izvještaju Tehničkog ureda Elektroprenosa Zagreb« podaci o mjerenjima za ovu stranicu navode se po trećim srijedama mjeseca od kolovoza 1978. godine. Razvoj opterećenja pokazat ćemo putem nekoliko karakterističnih istovremenih vrijednosti struja mjerenih u trećoj srijedi mjeseca na 110 kV strani transformatora pri ovom maksimalnom opterećenju u Tumbri ili Mraclin: kolovoz 1978. godine — Mraclin 840 A, Tumbri 500 A, srpanj 1979. godine — Mraclin 200 A, Tumbri 1 300 A (nominalna struja jedinice 300 MVA je 1 500 A). U Tumbri se bilježi 1 600 A u kolovozu 1980. godine, uz 600 A u Mraclinu. Sličan je odnos u veljači i ožujku 1982. godine, da bi se u rujnu mjerilo u Tumbri 2 400 A, a u Mraclinu 400A. U 1983. godini ukupno je preko šest mjerenja za treću srijedu mjeseca pokazalo se oko 2 000 A u Tumbri (II... VI, X, XII; uz 20 % preopterećenja jedne jedinice dozvoljena struja je 1 900 A) a 500-700 A u Mraclinu. U 1984. godini mjerenja za treću srijedu rujna, listopada i studenog pokazuju 2 500 A u Tumbri, a, s izuzetkom srpnja i kolovoza, sve su vrijednosti više od 1 500 A. Istovremeno je u Mraclinu mjereno do 1 050 A (nominalna struja jedinice 150 MVA je 750 MVA).

Kada je u »Elektroprenosu Zagreb« uočeno da se ne radi o pogonskim oscilacijama, nego o trendu sve većih tokova energije kroz transformaciju 400/110 kV, dan je zadatak Institutu za elektroprivredu da elaborira taj problem i o cijeloj smo situaciji i pravcima iznalaženja rješenja izvijestili člankom »Poremećaji u proizvodnji električne energije i problemi prijenosa na zagrebačkom području« objavljenom u »Energiji«, br. 1. 1983. Tada je to nenormalno stanje bilo potencirano remontom DV 220 kV Mraclin — Cirkovci, a kolizija s aktualnom energetskom krizom sugerirala je pravac razmišljanja. Kasnije su, međutim, analize pokazale da se promijenilo i težište konzuma! Jedan snimak prosječne raspodjele u tadašnjoj topologiji i elektroenergetskom stanju (15. IX 1982) pokazivao je sljedeće odnose: TS Tumbri 433 MW/154 MvAr, TS Mraclin 10 MW/75 MvAr.

Od tada, međutim, ta je nesimetrija pravilo. Možemo je pratiti, kao između spojenih posuda, protjecanjem 110 KV vodom Tumbri — Mraclin koji spaja nižena-ponske strane obje interkonekcije; npr. po trećim srijedama u maksimumu od XI 1984. do II 1985. Tumbri su davali Mraclinu redom (MVA): 130, 96, 62, 133, a samo opterećenje ukupno instalirane snage TS Tumbri (2 × 300 MVA) dosizalo je preko 80 %.

Takva, više ili manje neharmonična raspodjela kakva traje već nekoliko godina — s velikom vjerojatnošću da se produlji i dalje pogorša s porastom potrošnje regije — zahtijeva što hitnije rješenje. Implicitno su jasne reperkusije kvara jedne transformatorske jedinice u TS Tumbri pri većim opterećenjima, kao i teške posljedice ispada 110 kV vodova. Zbog svega toga nužno je osigurati sigurniju vezu između superponirane mreže kao izvora i zagrebačkog područja kao potrošača.

Da li je područje »Elektroprivrede Zagreb« podimenzionirano u intaliranoj snazi transformacije sa mrežom superponiranog 220 kV i 400 kV napona? U referatu »O sigurnosti napajanja zagrebačkog područja« na savjetovanju CIGRE u Strugi 1985. godine, koji noveliramo ovim člankom, potražili smo neke pokazatelje i dajemo ih u sljedećoj tablici za posljednje dvije godine.

(1)	(2)	(3)		(4)		(5)		(6)		(7)		(8)	
		1983.	1984.	1983.	1984.	1983.	1984.	1983.	1984.	1983.	1984.	1983.	1984.
Osijek	900	1 569	1 699	219	215	53	6	144	150	293	351	212	191
Rijeka	1 550	1 698	1 795	348	351	1 274	1 532	888	1 665	301	312	355	370
Split	1 950	3 561	3 979	209	199	1 029	1 065	187	189	618	618	217	221
Zagreb	1 250	4 763	5 081	100	100	1 726	1 546	100	100	861	861	100	100
Hrvatska	5 650	11 591	12 554	186	183	4 082	4 149	183	190	2 063	2 268	189	186

(1) elektroprivredno područje
(2) ukupna instalirana snaga transformacije sa superponiranom mrežom, MVA
(3) potrošnja 1983. i 1984. godine (bez gubitaka), GWh
(4) relativni odnos (2)/(3): Zagreb = 100
(5) proizvodnja na 110kV i 30 kV: u ideanom dijelu je dano kod elektrana s dijelom proizvodnje i 220 kV GWh
(6) relativni odnos (2)/[(3) – (5)]; Zagreb = 100
(7) vršna potrošnja područja u 1983. i 1984. godini, MW
(8) relativni odnos (2)/(7): Zagreb – 100

U ovoj tablici pokušali smo instaliranu snagu transformacije 400/110 kV, 400/200 kV i 220/110 kV elektroprivrednih područja Hrvatske dovesti u vezu s potrošnjom, prvo, bez valoriziranja proizvodnje područja (4), zatim s registriranim u 1983. i 1984. godini energetske saldom područja (6) i, konačno, s potrošnjom snage za 1983. i 1984. godinu (8). Sve su bilance na 110 kV razini.

Ovi neegzaktni i neprecizni odnosi numeričkih vrijednosti ipak bacaju neko svjetlo na prejudicirani zaključak o nedovoljnoj povezanosti zagrebačkog područja sa superponiranom mrežom. Kada bi u područje Zagreba ugradili na pr. još jednu transformaciju 400/110 kV instalirane snage 2×300 MVA, onda bi odnosi iz prethodne tablice bili:

(1)	(4)		(6)		(8)	
	1983.	1984.	1983.	1984.	1983.	1984.
Osijek	148	146	97	102	143	93
Rijeka	235	237	600	1 127	240	180
Split	141	135	126	128	147	107
Zagreb	100	100	100	100	100	100
Hrvatska	139	137	137	142	141	100

Dakle, s izuzetkom Rijeke, znatno izgladeniji.

Ovaj pokušaj kvantifikacije (još neizgrađen u smislu metode) i registrirani pogonski podaci upućuju na

- relativno slabiju povezanost zagrebačkog područja sa mrežom superponiranog napona, kao i
- nepovoljnu raspodjelu opterećenja između postojećih transformacija.

U analizama mreže na modelu pokazalo se da će se ta neravnoteža i dalje povećavati. Iscrpna su ispitivanja vršena za presjek opterećenja kakvo se u zagrebačkom području očekuje oko 1990. godine, raspravilo se o njima na stručnim sastancima, sa zaključcima su upoznate odgovarajući stručnjaci elektroprivrede Hrvatske. Tim je ispitivanjima još jednom postavljena dijagnoza koja potvrđuje i kvantificira opaženo neharmonično napajanje iz superponirane mreže već u današnjoj elektroenergetskoj situaciji, s mogućim posljedicama kakve su se očitavale npr. pri raspadu sistema šireg zagrebačkog područja 19. studenoga 1984.

Algebarskim zbrajanjem potrošnje čvorišta šireg zagrebačkog gradskog područja (pripremljene za model) koja gravitiraju TS Tumbri ili TS Mraclin pokazuje se omjer 386 MW:419 MW. Ako je u El-TO angažirano 37 MW a u TETO 140 MW, taj omjer postaje 341 MW:279 MW. Raspodjela opterećenja dobivena na modelu uz pretpostavku da su sve elektrane raspoložive (i TE Sisak 1 i 2 i TE Rijeka) pokazuje omjer između TS Tumbri i TS Mraclin 430 MW : 147 MW. Pogled na tokove snaga unutar zagrebačkog područja otkriva da se iz prostora TS Tumbri prenosi u prostor TS Mraclin 110 kV vodovima Tumbri — Mraclin i Botinec — TETO odn. Sopot 137 MW, dakle TS Tumbri ispomažu TS Mraclin sa 137 MW. Provjerili smo taj zaključak cijepanjem mreže po navedenim vodovima razmjene i uspostavio se omjer 352 MW : 231

MW (59% : 51% u odnosu na instalirane snage transformacije). Taj je odnos vrlo bliz onom ustanovljenom bez pomoći modela, pogotovo ako se uzme da u raspodjeli na modelu Sisak daje Mraclinu 61 MW; ako se isključi taj vod pa je Mraclin izoliran i od Siska približno će omjer transformacije biti 352 MW : 292 MW — kao onaj očekivani, početno »pješice« izračunat!

Cijelo je ovo razmatranje provedeno radi provjere dijagnoze: *topologija mreže (impedancije) i potrošnje (struje) je takva da TS Tumbri dijelom napajaju i »mraclinsko« područje*. To je utvrđeno već za »normalno« stanje, i u sljedećem koraku valorizirat ćemo posljedice neraspoloživosti izvora. Za »normalno« stanje izjednačeno napajanje (u odnosu na instalirane snage transformacije) postiglo bi se samo isključivanjem »gradskih« 110 kV vodova koji povezuju područja gravitirajuća jednoj ili drugoj trafostanici. U takvom slučaju TS Tumbri se opterećuje 59% a TS Mraclin 51-65% (ovisno o doprinosu iz Siska) svoje instalirane snage i sudjeluju u napajanju 60-55% : 40-45%. Parcijalnim iskapčanjima, npr. voda Tumbri-Mraclin, ne rješava se problem.

Vratimo se analizi cijelog sistema sa svim 110 kV vodovima u pogonu. Dalje je istraživana utjecaj neraspoloživosti izvora na opterećenje jedne i druge transformacije, kao i tok po tri »gradska« 110 kV voda između njihovih područja (MVA):

Nerasploživo	TS Tumbri	TS Mraclin	po 110 kV
sve u pogonu	470	154	139
TE Rijeka	490	151	145
TE Sisak 2 (220 kV)	533	128	192
TE Sisak 1 (110 kV)	549	189	209
TE Sisak 1 i 2	636	155	274
TE TO Zagreb 120 MW	530	187	174
TE TO Zagreb 120 + + TE Sisak 1	610	222	243
TE TO Zagreb 120 + + TE Sisak 2	596	160	228
TE TO Zagreb 120 + + TE Sisak 1 i 2 + TE Rijeka	721	182	315

Za dalju analizu uzet je slučaj neraspoloživosti bloka 120 MW u TE TO Zagreb i bloka na 220 kV u TE Sisak kada je opterećenje TS Tumbri doseglo instaliranu snagu transformacije.

Ispitivane su tri realne mogućnosti saniranja ovog stanja, različite po potrebnim ulaganjima:

- treći transformator u TS Tumbri
- TS 400/220/110 kV Mraclin
- TS 400/110 Žerjavinec (Zagreb — istok).

Treći transformator instalirao bi se u TS Tumbri uz postojeća dva, ali bi bio priključen u blok-spoju (ili preko odvojenih sabirnica) preko 400 kV voda, u pogonu pod 110 kV, na sabirnice u Mraclinu; to je vod buduće veze NE Prevlaka — Tumbri. Na taj bi se način transformirana energija iz 400 kV mreže u Tumbri injezirala u zagrebačku 110 kV mrežu sa sabirnicama u Mraclinu. Takvim rješenjem TS Tumbri su opterećeni 494 MVA (82%), TS Mraclin 130 MVA

(29%), a preko treće 300 MVA jedinice dobavljala bi se 136 MVA; tok 110 kV vodovima iz područja Tumbra u područje Mraclina je 151 MVA (a zajedno s onim preko (400) 110 kV voda : 286 MVA). Na lokaciji TS Tumbri transformira se, dakle, 630 MVA, ali se od toga 141 MVA distribuira iz Mraclina. Vodovima prema Resniku (dvosistemski) i prema TE-TO (vodiči u snopu) razvodi se u zagrebačko područje 236 MVA, što znači da bi u slučaju kvara na jednom od njih (kriterij $n-1$) drugi bio termički preopterećen (> 115 MVA). Bilo je nužno, dakle, pojačavanje 110 kV mreže iz Mraclina (sl. 1).

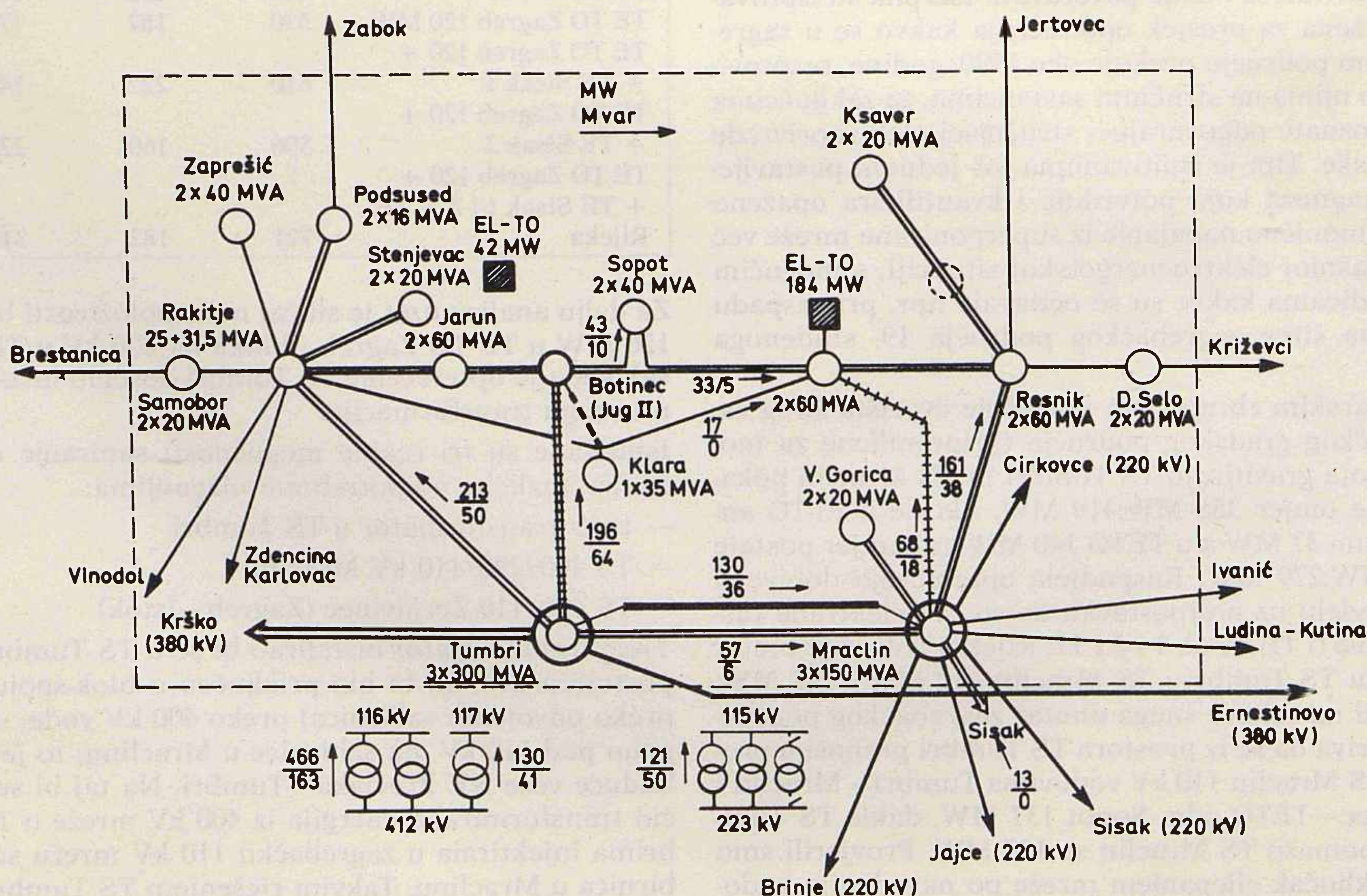
Iako na potrebu *povezivanja 400 kV i 220 kV mreže* negdje na »Zapadu« već poodavno ukazuju ispitivanja na modelu mreže, a i u praksi je to uočeno od stavljanja pod napon sjevernog poteza 400 kV prstena, za zagrebačko područje to nije perspektivno rješenje. Sa TS 400/220 kV Mraclin rasterećuju se Tumbri za 100 MVA (od 596 MVA na 497 MVA), a opterećenje TS 220/110 kV u Mraclinu povećava se na 243 MVA (od 160 MVA). Proizlazi da su obje transformacije na 110 kV opterećene s nešto preko 80% svoje instalirane snage (što znači da nema rezerve, pa već time to rješenje nije adekvatno). TS 400/220 kV Mraclin opterećena je sa 206 MVA. Tok 110 kV vodovima kroz grad iz Tumbra u Mraclin je 162 MVA, što praktički znači da je većim protjecanjem kroz transformaciju 220/110 kV samo kompenzirano povećavanje razmjene kroz gradsku mrežu i time zadržavanje opterećenja TS Tumbri kao u »normalnom« pogonu. Što se tiče razvoda sa 110 kV sabirnica u Mraclin, vrijedi ista konstatacija kao uz prethodno rješenje; sada treba prenijeti 232 MVA (sl. 2).

Ispitivane su i mogućnosti povezivanja 400 kV i 220

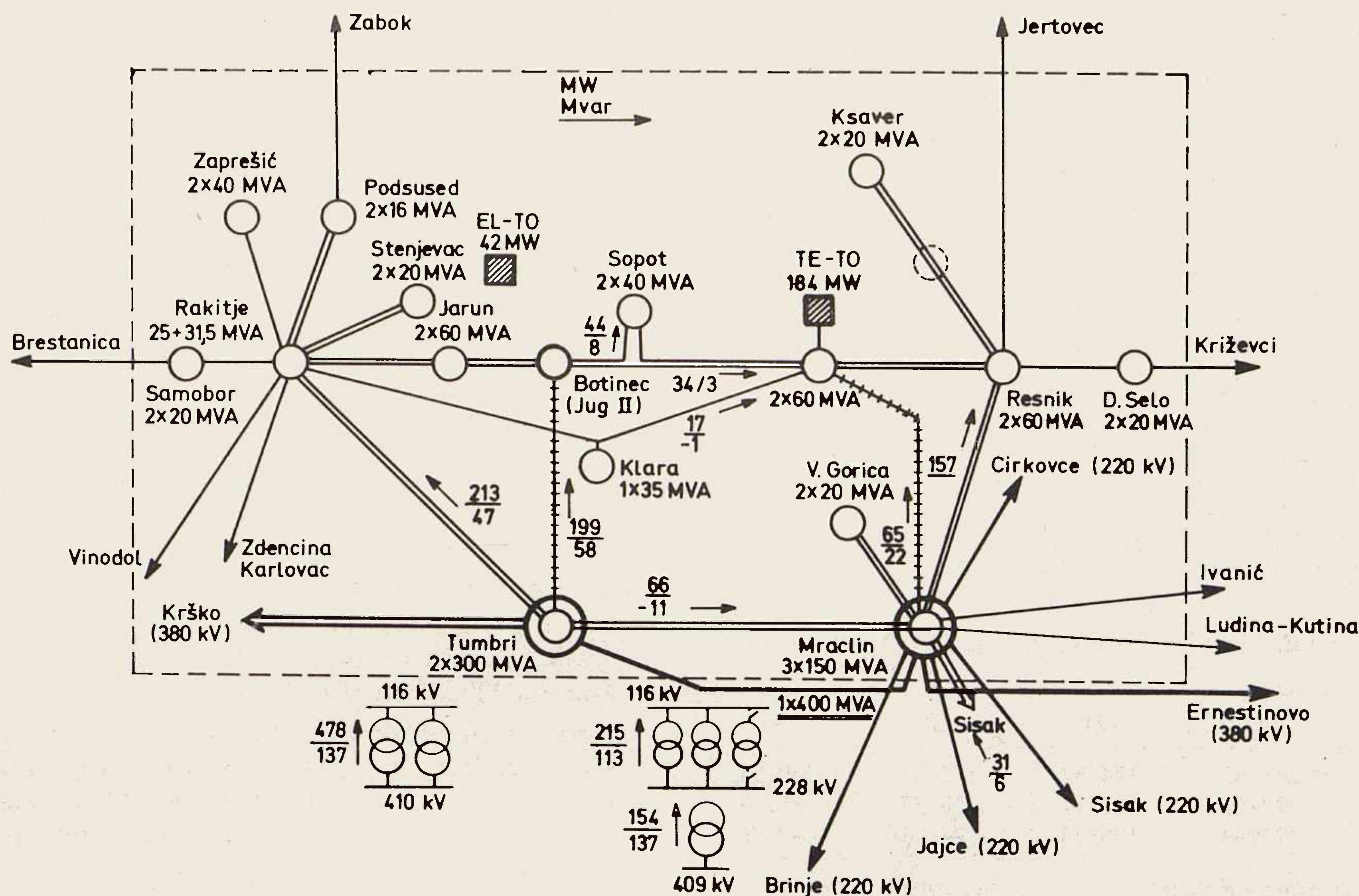
kV transformacijom u Tumbri (uvodenjem 220 kV voda Brinje–Mraclin), u Međuriću, u Prevlaci i u Prijedoru. Sa TS 400/220 kV u Tumbri transformira se sa 400 kV sabirnica 155 MVA i uz 100 MVA koji dolaze iz Brinja u Mraclin teče 241 MVA. TS 400/110 kV se nešto otereti, ali je svejedno opterećena 87% instalirane snage. Ostala ispitivanja pokazuju da je utjecaj međutransformacije to manji što se više udaljavamo od Zagreba. U sljedećoj tablici dana je efikasnost pojedinih rješenja:

	TS Tumbri	TS Mraclin	nova TS 400/220 kV
—	596	160	—
Mraclin	497	243	206
Tumbri	525	217	155
Međurić	514	201	184
Prevlaka	516	225	175
Prijedor	556	174	83

Provjerena je i ideja s odvajanjem 220 kV sabirnica u TS Melina. U jednoj varijanti korišteno je povezivanje sa 400 kV mrežom, što se može interpretirati kao da je transformacija 400/220 kV izvedena na riječkom području umjesto zagrebačkom, a u drugoj varijanti da se energija TE Rijeka usmjeri prema Brinju (bez obzira na opravdanost takve ideje budući da je i TE Rijeka na tekuće gorivo). Prva varijanta nema utjecaja na razmatrani problem jer je tok kroz transformaciju 400/220 kV vrlo mali i k tomu još iz 220 kV prema 400 kV mreži, pa je jasno da se tako ne može puniti 220 kV mreža. Druga varijanta preopterećuje 220 kV vod Melina–Senj jer prima punu snagu TE Rijeka (300 MW): u konačnom rezultatu svejedno ostaje opterećenje TS Tumbri 89%.



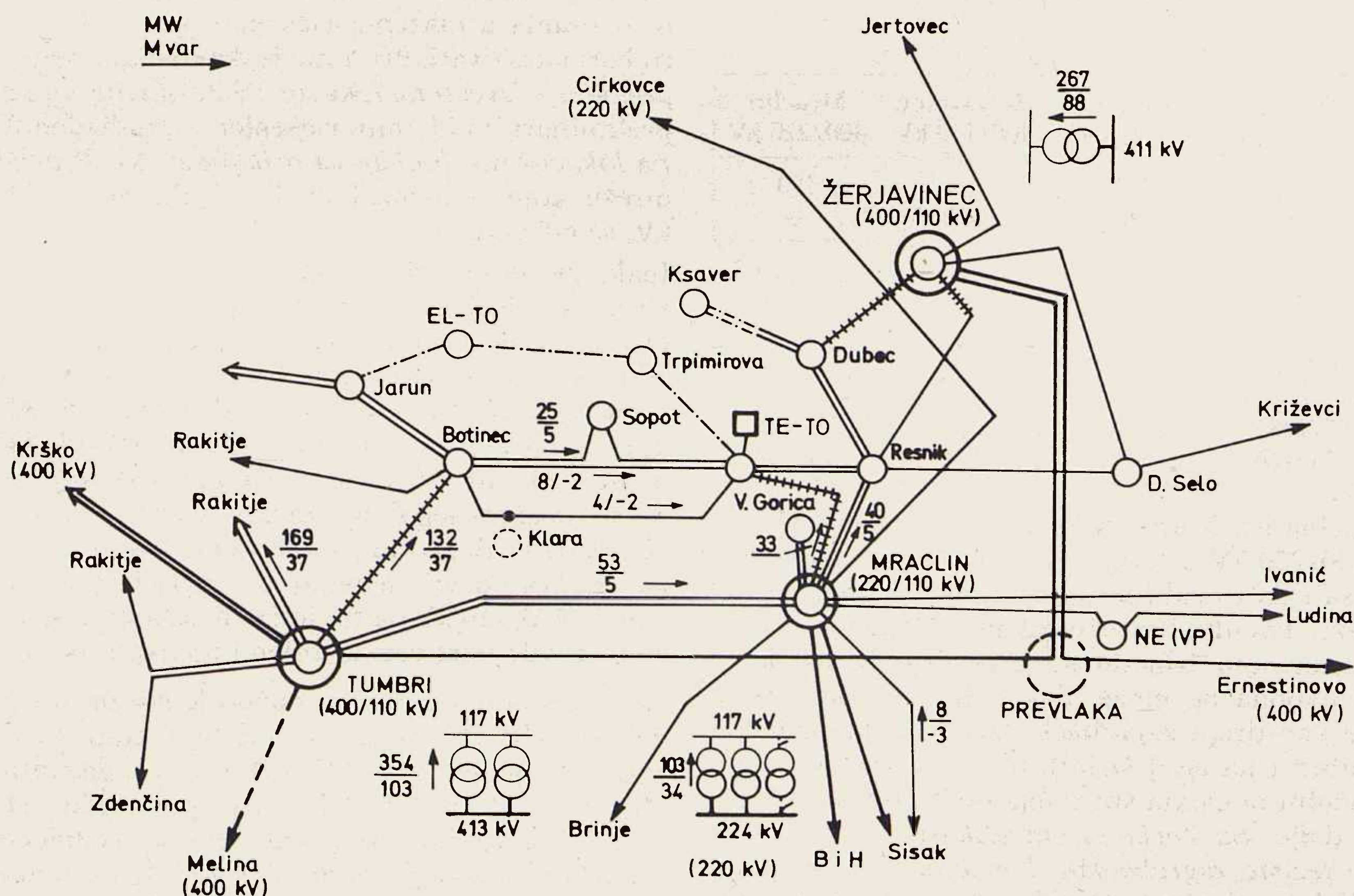
Slika 1.



Slika 2.

Ostaje, dakle, treće rješenje sa *TS 400/110 kV Žerjavinec (Zagreb istok)*. TS Tumbri su sada rasterećeni na 368 MVA (od 596 MVA), a Mracilin na 108 MVA (od 160 MVA). Nova transformacija 400/110 kV preuzima 282 MVA. Tok 110 kV vodovima iz područja Tumbra u područje Mracilina je 90 MVA. (sl. 3).

Provjerimo ovo rješenje. U slučaju kvara i ispada TS 220/110 kV Mracilin preuzimaju Tumbri 408 MVA a Žerjavinec 307 MVA. U slučaju kvara i ispada transformacije u TS Tumbri preuzima Žerjavinec 525 MVA, a Mracilin 198 MVA. Postavimo i dvije krajnje situacije:



Slika 3.

- (a) sve elektrane raspoložive,
- (b) neraspoloživa oba bloka u TE Sisak i blok 120 MW u TE-TO, ne radi TE Rijeka, i usporedimo opterećenja TS 400/110 kV Žerjavinec i TS 400/220 kV Mraclin:

	Tumbri 400/110 kV		Mraclin 220/110 kV		Žerjavinec 400/110 kV		Mraclin 400/220 kV	
	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)
I	470	721	154	182	—	—	—	—
II	406	586	213	286	—	—	162	266
III	290	450	109	123	232	326	—	—

- I osnovno stanje
II sa TS 400/220 kV Mraclin
III sa TS 400/110 kV Žerjavinec

Opterećenje 110 kV vodova je sljedeće (MW/Mvar):

	(1)	(2)	(3)	(4)
I	+ 241/67	174/52	113/21	240/91
II	° 222/57	113/11	138/37	216/71
III	175/44	105/33	2/ – 14	142/46

- (1) Tumbri – Rakitje + preopterećenje
(2) Tumbri – Mraclin ° visoko opterećenje
(3) Mraclin – Resnik
(4) Tumbri – Botinec

Ispitana je sasvim orijentaciono i moguća situacija zagrebačkog područja u 1995. godini s linearnim povećanjem opterećenja postojećih čvorišta prema godišnjem trendu 4,5% i punom raspoloživošću izvora (»normalno stanje«). Opterećenje transformacije je (MVA):

	Tumbri 400/110 kV	Mraclin 220/110 kV	Žerjavinec 400/110 kV	Mraclin 400/220 kV
II	620	339	—	193
III	434	201	328	—

a 110 kV vodova

	(1)	(2)	(3)	(4)
I	+ 271/85	67/ – 5	° 202/72	233/95
III	° 215/66	36/2	73/19	151/59

Ova načelna ispitivanja pokazuju da se perspektivno sa TS 400/220 kV u Mraclinu ne uklanjaju uska grla prijenosa i da to zahtijeva pojačanje incidentne 110 kV mreže. Eventualno oživljavanje Mraclina među-transformacijom između superponiranih 400 kV i 220 kV napona ne može, dakle, trajnije održati to čvorište kao drugi zagrebački izvor (20 km udaljen od Tumbra i na istoj širini). Slično se ne pokazuju probitačnim ni ostala sprežanja od Tumbra do Medurića i dalje. *Sa Žerjavincem efikasno se podupire istočno težište zagrebačkog konzuma uz povoljniju raspodjelu opterećenja 110 kV mreže i manje gubitke energije u sistemu.*

Ovakav zaključak relativno je neovisan o tokovima energije u 400 KV mreži; tek Mraclin povlači nešto više pri podmirivanju deficita »zapada« iz istočnih i centralnih dijelova Jugoslavije. Promjene tokova u mreži utječu, međutim, bitno na njeno pojačavanje, a u rezultatima tih ispitivanja izvijestit ćemo u jednom od sljedećih brojeva, kao i o potrebnim zahvatima u 110 kV mreži (koji se mogu naslutiti i iz ovdje danih tokova).

Ovim istraživanjima ostalo je *otvoreno pitanje oživljavanja 220 kV mreže*. To je rješivo na više načina:

- reanimacijom težištu konzuma bliske TE Sisak (stalno moguća godišnja proizvodnja reda 2000 GWh) bilo kroz rješenje nabave dovoljnih količina plinsko-tekućih goriva (uz njegove prihvatljive cijene) bilo kroz rekonstrukciju TE na pogon krutim gorivima
- izgradnjom nove TE-TO na istočnom području grada (električke snage 250-300 MW) a sa priključkom na 220 kV mrežu
- izgradnjom odgovarajućih elektrana u mreži 220 kV u središnjem dijelu jugoslavenskog elektroenergetskog sistema (B i H) ili pojavom viškova u već izgrađenim elektranama na tome području, a koje su priključene na 220 kV.

Prva tri navedena načina saniranja 220 kV mreže su moguća, no to su sve rješenja s veoma mnogo nepoznanica koja, pri današnjem organizacionom i financijskom stanju elektroprivrede, traže za realno rješavanje veoma mnogo energije i vremena uz potpuno (za sada) nesaglediv ishod. Interkonekcija 400 i 220 kV mreže je moguća (iako ispitivanja na modelu sa transformacijom 400/220 kV u TS Mraclin i relevantnoj okolini za predvidive prilike u 1990. godini nisu nudila atraktivna rješenja), što će još nadalje trebati istraživati. Pri tome je, kako danas izgleda, to *pogodnije izvesti na lokaciji TS Žerjavinec* (gdje je to preliminarnim idejnim rješenjem i predviđeno) *nego na lokaciji rasklopišta za priključak NE Prevlaka* na mrežu koje je zamišljeno kao jednonaponsko: 400 kV, sa 6-8 vodova.

Ipak, sve se čini da će na području sjeverozapadne Hrvatske doći do (prirodnog) odumiranja 220 kV mreže, što je već uočeno kao tendencija u nekim zapadnoevropskim zemljama. Kako je, međutim, dugo-ročno rješenje zagrebačke 110 kV mreže (do 2015 godine) zamišljeno sa 4 pojne točke (tri TS 400/110 kV i jedna 220/110 kV), a što je među ostalim *nužno i zbog sekcioniranja ove mreže*, vjerojatno se može očekivati i odgovarajuće oživljenje TS Mraclin i 110 kV vodova odavde napajanih s izgradnjom transformacije 400/110 kV na toj lokaciji, a za koju se realizaciju ne vide neki veći problemi na ovom području.

Nezavisno od svega toga nužno je što prije izgraditi TS 400/110 kV Žerjavinec sa (u I etapi izgradnje) transformacijom 1×300 MVA i s odgovarajućim (smanjenim) priključkom na postojeću 110 kV mrežu. Ti su zahvati predviđeni u srednjoročnom planskom razdoblju 1986-1990. godine i imaju realne izgleda da budu i ostvareni, iako je tretman razvoja izgradnje cjelokupne prijenosne mreže Hrvatske u



Slika 4.

tom razdoblju veoma (i nepravedno) podcijenjen. Do tada instalirat će se u TS Tumbri treći transformator u tzv. toploj rezervi. Da li će se taj transformator seliti u TS Žerjavinec ili će ostati u Tumbrima kao rezerva (za zagrebačke i slavonske jedinice 400/110 kV), ovisi o zaključku analize treba li u TS Žerjavinec transformator s mogućnošću regulacije pod teretom. To znači da će do 1990. godine na zagrebačkom području postojati transformacija 400/110 kV instalirane snage 4×300 MVA (3 jedinice u TS Tumbri, 1 jedinica u TS Žerjavinec), što bi, uz paralelni pogon 110 kV mreže, moralo dovoljno pouzdano zadovoljiti predviđeni konzum. Nakon 1990. godine vjerojatno će trebati ostvariti u svakoj od navedenih TS 400/110 kV transformaciju od barem 2×300 MVA kako bi se moglo pristupiti prvoj etapi sekcioniranja zagrebačkog 110 kV sistema.

S obzirom na sistemski značaj objekta vjerujemo da je interesantno dati sagledavanje sheme priključka TS Žerjavinec u 400 kV i 110 kV mrežu (sl. 4). Tako će se obje zagrebačke TS 400/110 kV naslanjati na velike izvore: Tumbri na NE Krško, Žerjavinec na NE Prevlaka.

CONNECTION OF ZAGREB AREA WITH 400/200 KV TRANSMISSION NETWORK

In the article is discussed about area of »Elektroprivreda Zagreb« utility and about necessity for connection with 400/200 KV transmission network.

DAS VERBINDEN DES ZAGREBER GEBIETES MIT DEM ÜBERTRAGUNGSNETZ DER SUPERPONIERTEN SPANNUNGEN

Im Artikel spricht man über das Gebiet »Elektroprivreda Zagreb« sowie über die Notwendigkeit seiner Verbindung mit dem Übertragungsnetz der superponierten Spannungen.

ПОДСОЕДИНЕНИЕ ЗАГРЕБСКОЙ ТЕРРИТОРИИ К СЕТИ ПЕРЕДАЧИ СВЕРХВЫСОКИМИ НАПРЯЖЕНИЯМИ

В статье говорится о территории «Электропривреда Загреб» (Электрохозяйство г. Загреб) и о необходимости ее подсоединения к сети передачи сверхвысокими напряжениями.

Naslov pisaca:

Mr Zdenko Tonković, dipl. inž.
Institut za elektroprivredu, 41000
Zagreb, Proleterskih b. 37,
Jugoslavija

Božidar Radmilović, dipl. inž.
Elektropenos, 4100 Zagreb,
Proleterskih b. 37, Jugoslavija

Uredništvo primilo rukopis
1985-11-26

INTERNATIONAL SEMINAR ON INFORMATION RESEARCH

Inter-University Centre of Postgraduate Studies, Dubrovnik, Yugoslavia
May 19 - 24, 1986

Preliminary Programme

Session 1: *INAUGURAL*

Welcome Address

Mr. Ivan Mihel, Co-director and Chairman of the Organizing Committee

Mr. Robert M. Hayes, Co-director

Governmental Representative

Session 2: *FOCUS ON THEME*

Research Policy Formulation - Constraints and Challenges

Assessing the Impact and Effectiveness of R & D

Session 3: *MARKET RESEARCH AND USER'S NEEDS*

Session 4: *DATA COLLECTION AND DISSEMINATION*

Session 5: *EVALUATIVE METHODS AND TECHNIQUES*

Session 6: *PERFORMANCE MEASUREMENT AND ASSESSMENT*

Session 7: *THE ROLE OF PERSON - COMPUTER COMMUNICATION*

Session 8: *WORKSHOP WITH MULTIPLE GROUP PROJECTS (whole day)*

Session 9: *SUMMING-UP*

LANGUAGE

The official language of the Seminar is English.

CONTRIBUTED PAPERS

Participants from Yugoslavia and abroad are invited to submit short contribution papers presenting their experience in terms of their national background, which will serve as an opportunity for an exchange of experiences and views. The abstracts of papers (in English) should be sent by February 15, 1986. The authors will be notified of the acceptance of their papers and time will be allocated for their presentations.

FEE

The participation fee is \$ 60 which includes refreshments in the breaks between sessions. Participants will also receive collected abstracts of all papers to be presented.

For further information please contact: Neva Tudor-Šilović, Referral Centre of the University of Zagreb, P.O.Box 327, YU-41001, telephone (041) 422-965, telex 22206 bich yu.

DEFINIRANJE I REALIZACIJA ENERGETSKE POLITIKE NA PODRUČJU SLAVONSKO-BARANJSKE REGIJE U RAZDOBLJU OD 1980. DO 1985. GODINE

Milan Ivanović, Osijek

UDK 621.31:620.9

PREGLEDNI RAD

U članku je obrađen problem opskrbe energijom područja Zajednice općina Osijek. Prikazana je aktualna energetska situacija u području društvene akcije radi konsolidacije energetske prilike i osnovne smjernice regionalne energetske politike. Posebno je učinjen osvrt na plinifikaciju i opskrbu poljoprivrede potrebnom energijom.

Ključne riječi: opskrba energijom, energetska politika, energetske prilike u Zajednici općina Osijek.

I. UVOD

Proteklih godina na području Zajednice općina Osijek — kao i u Republici i cijeloj zemlji — bili su izraženi problemi u energetske snabdijevanju, što je u nekim razdobljima godine otežavalo i samo odvijanje proizvodnje kao i normalne tokove života. U tom razdoblju (1980-1985) poduzeto je niz aktivnosti na svim razinama društveno-političkih zajednica (od Federacije, Republike, Zajednice općina i općina) i akcija u privrednim organizacijama i njihovim asocijacijama na štednji i racionalnom korištenju energije. Ova su nastojanja imala u jednom dijelu interventne značajke, a u isto vrijeme provodile su se mjere i akcije srednjoročne i dugoročne naravi. To stoga što je energetika kao privredna oblast veoma kompleksna s puno međuzavisnosti u kojoj usvojene odluke imaju dugoročne posljedice. Provedba programa ekonomske stabilizacije u oblasti energetike važan je element sniženja troškova proizvodnje i racionalizacije poslovanja privrednih organizacija i društvenih djelatnosti. Ovo to prije što je energetske snabdijevanje u našoj zemlji umnogome ovisno o uvozu energije.

Ovim je radom načinjen pregled aktivnosti i rezultata na realizaciji zaključaka Sabora SR Hrvatske i Skupštine Zajednice općina Osijek u oblasti energetike i racionalnom korištenju energije na području Zajednice općina Osijek.

II. RASPRAVE I ZAKLJUČCI SKUPŠTINE ZAJEDNICE OPĆINA OSIJEK O ENERGETICI I ENERGETSKOJ OPSKRBI

Od svog konstituiranja (1976. godine) Skupština Zajednice općina Osijek raspravljala je do 1980. godine posebno¹ samo jednom o energetici regije, i to 1979.

godine o **Programu plinifikacije područja Zajednice općina Osijek**² kao regionalnom programu; znači u vrijeme kada energetske problemi u zemlji nisu bili izraženi.

U 1981. godini programom rada Skupštine stručne službe Komiteta za privredu Zajednice općina Osijek i RO »Elektroslavonija« izradili su analizu **Stanje i problemi energetike na području Slavonije i Baranje s osvrtom na provođenje programa plinifikacije**³ koju su Vijeće udruženog rada i Vijeće općina Skupštine Zajednice općina Osijek razmatrali u rujnu te godine.

Osnovni zadatak ove analize bio je — utvrđivanje stanja i problema energetike i energetske snabdijevanja na području slavonsko-baranjske regije s posebnim osvrtom na provođenje programa plinifikacije regije — a što je sve trebalo dati osnovu za koncipiranje odgovarajuće energetske politike. Ovdje se mora naglasiti da se radilo o jednom od prvih pokušaja kompleksnog neglobalnog regionalnog sagledavanja energetike — što je utjecalo na metodološke i informatičke probleme u izradi materijala. Ovdje su dane globalne bilance potrošnje energije na području regije do 1980. godine po energentima te procjena očekivane potrošnje i mogućnosti podmirenja potreba za energijom do 2000. godine. U materijalu posebna je pažnja pridana provedbi programa plinifikacije. Nakon skupštinske rasprave zaključeno je:

»Polazeći od sadašnjeg stanja u oblasti energetike na području Zajednice općina Osijek, kao i potrebe da se stvori stabilna energetska podloga za daljnji privredni razvoj ovog područja u narednom razdoblju,

¹ O energetici se u odgovarajućem obimu raspravljalo u okviru razmatranja Rezolucija o društveno-ekonomskom razvoju i pojedinim planskim dokumentima.

² Autori — mr Ivan Baličević, dipl. inž. i suradnici.

³ Autori — mr Milan Ivanović, dipl. oec; mr Ivan Baličević, dipl. inž. i Jovo Budimir, dipl. inž.

posebna pažnja posvetit će se vođenju adekvatne politike u osiguranju energetike.

Zadužuje se Izvršno vijeće Skupštine Zajednice općina Osijek da poduzme odgovarajuće akcije u cilju sagledavanja dugoročnih energetske potreba na području Zajednice općina Osijek.⁴

Provedba ovih zaključaka ogledala se u nizu operativnih akcija u toku te godine na izradi Nacrta društvenog dogovora o izgradnji i financiranju izgradnje plinovodne mreže na području Zajednice općina Osijek u razdoblju do 1985. godine te Samoupravnog sporazuma o općedobavnim uvjetima za snabdijevanje prirodnim plinom, što su u suradnji realizirale stručne službe RO »Elektroslavonije«, Komiteta za privredu Zajednice općina Osijek, Zavoda za društveno planiranje Zajednice općina Osijek i Privredne komore Slavonije i Baranje. Aktivnosti na usvajanju pomenutog Društvenog dogovora iz objektivnih razloga nisu uspješno završene⁵, a samoupravni sporazum usvojen je od općina koje su priključene na plinskom sistemu.

Ta je problematika detaljnije obrađena u materijalu **Informacija o provedbi programa plinifikacije na području Zajednice općina Osijek**⁶ koju su u lipnju 1982. godine za potrebe Izvršnog vijeća Skupštine Zajednice općina Osijek izradile stručne službe Komiteta za privredu Zajednice općina Osijek, RO »Elektroslavonije« Osijek i Zavoda za društveno planiranje Zajednice općina Osijek.

Izvršno vijeće je odgovarajućim povremenim akcijama putem stručnih službi »Elektroslavonije«, OOUR-a »INA-trgovine«, »INA-plina« i Komiteta za privredu Zajednice općina Osijek na poručju regije koordiniralo provedbe mjera redukcije električne energije i prevladavanje poteškoća u opskrbi naftnim derivatima u toku 1981. godine i početkom 1982. godine. Kada su problemi energetske opskrbe postali sve izraženiji, Izvršno vijeće Skupštine Zajednice općina Osijek je 12. listopada 1982. (prema zaključcima republičkih organa) formiralo regionalno operativno tijelo — Štab za koordiniranje aktivnosti u snabdijevanju energijom na području Zajednice općina Osijek.⁷

⁴ »Službeni glasnik« Zajednica općina Osijek, br. 6/81.

⁵ Program plinifikacije koncipiran i usvojen u vrijeme znatno povoljnijih općoprivrednih i energetske prilika u zemlji — tako da u kasnijim godinama (1980. i 1981) nisu objektivno postojali uvjeti da se realizira zamisao o financiranju izgradnje magistralnih plinovoda na cijelom području regije.

⁶ Autori — mr Milan Ivanović, dipl. oec; mr Ivan Baličević, dipl. inž; mr Stjepan Beg.

⁷ Zadatak je Štaba bio da koordinira mjere i aktivnosti radi ublažavanja posljedica u opskrbi energijom na području Zajednice općina Osijek, te predlaže Republičkom štabu za koordinaciju aktivnosti na prevladavanju poremećaja u opskrbi energijom poduzimanjem odgovarajućih mjera. Štab je za svoj rad odgovarao Izvršnom vijeću, a administrativno-tehničke i operativne poslove za potrebe Štaba obavljala je stručna služba Komiteta za privredu Zajednice općina Osijek. Tih mjeseci u veoma intenzivnoj aktivnosti organa uprave u ZO Osijek i udruženim općinama (gdje su, također, bili formirani štabovi za prevladavanje poteškoća u opskrbi energijom), stručnih i rukovodećih službi u distributerskim organizacijama te privrednim i društveno-političkim organizacijama na općinskim, regionalnim i republičkim razinama — prevladano je krizno razdoblje u 1982. i 1983. godini.

U 1983. godini u okviru programa rada Skupštine Zajednice općina Osijek, nastavljajući svoju aktivnost na razradi koncepta i pripremi stručnih podloga za vođenje regionalne energetske politike (u okviru Republike i cijele zemlje), stručna služba Komiteta za privredu Zajednice općina Osijek predložila je izradu prve regionalne energetske bilance (prve takve bilance u Republici) čija je izrada koincidirala s kasnije usvojenim zaključkom Republičkog komiteta za energetiku, industriju, rudarstvo i zanatstvo o potrebi izrade energetske bilanci na području zajednica općina — kako bi se olakšala izrada energetske bilance Republike za 1984. godinu. Tako je stručna ekipa predstavnika Komiteta za privredu Zajednice općina Osijek, Zavoda za društveno planiranje Zajednice općina Osijek i »Elektroslavonije« sačinila **Energetsku bilancu s programom supstitucije u privredi na području Zajednice općina Osijek**.⁸ Za razdoblje 1978 — 1982. godine načinjeni su iskazi potrošnje pojedinih energenata na području regije po osnovnim sektorima potrošnje (znači nisu bili definirani izvori snabdijevanja i uravnoteženja bilance). U isto vrijeme utvrđeni su temeljni činioci energetske politike na području regije i dan je prijedlog mjera za konsolidaciju energetske opskrbe na području Zajednice općina Osijek. Tom prilikom je zaključeno:

»Na području Zajednice općina Osijek (kao i u cijeloj zemlji i SR Hrvatskoj) u prethodnim godinama, do početka energetske krize u svijetu, a i kasnije, nije bilo ozbiljnijih i dugoročnijih analiza energetskeg razvoja i sagledavanja značaja energetske opskrbe za privredni i društveni razvoj.

Raspolaganje energijom u kvantitativnom i kvalitativnom pogledu je centralno pitanje razvoja bilo koje privredne aktivnosti: energija je bitan činilac ukupnog procesa društvene reprodukcije, a danas je već ograničavajući faktor daljnjeg razvoja.

Pored opće energetske nesnabdjevenosti i aktualne energetske situacije u zemlji, koja se neposredno odražava i na energetske opskrbu područja Zajednice općina Osijek, uočavaju se slijedeći momenti:

1. u strukturi ukupne privrede na području regije, značajno su zastupljene industrije intenzivne energetske potrošnje;
2. u strukturi ukupne energetske potrošnje veoma je značajno učešće tekućih goriva u toplinske svrhe;
3. transport energije za potrebe regije uzrokuje značajne troškove poslovanja koji rezultiraju povećanjem cijena proizvoda ili smanjivanjem akumulacije u privrednim organizacijama;
4. osim nastojanja u elektroprivredi i plinifikaciji ne postoji konzistentna i kompleksno definirana energetska politika na regionalnoj razini;
5. nedefiniran je i neizgrađen sistem evidencije i obrade podataka u oblasti energetike;

⁸ Autori — mr Milan Ivanović, dipl. oec; mr Stjepan Beg, dipl. inž; mr Ivan Baličević, dipl. inž. i Stevan Paprić, dipl. inž.

6. evidentan je neodgovarajući rad na stvaranju stručnih podloga i dokumentacije za kreiranje i donošenje odluka u oblasti energetike, kako kratkoročno, tako i dugoročno;
7. više je nego rascjepkana organizacija distribucije energenata što je samo nepovoljnost više u ionako nekonzistentnoj energetskej opskrbi;
8. nedovoljna je organiziranost i koordiniranost regionalnih istraživanja tehničko-tehnoloških, ekonomskih, ekoloških i organizacijskih značajki u oblasti energetike;
9. usitnjena su financijska izdvajanja privrednih organizacija za unapređenje i racionaliziranje energetske potrošnje;
10. odsutna su organizaciona i koordinirana regionalna istraživanja na valorizaciji lokalnih (regionalnih) energetskih potencijala; industrijskih i poljoprivrednih otpadaka, mala plinska polja i geotermalni izvori;
11. u realizaciji je nekoliko inicijativa na usvajanju proizvodnje briketa iz biljnih otpadaka i proizvodnji lokalnih agregata;
12. započet je proces promjena u tehnologiji proizvodnje u ratarstvu i stočarstvu (postrmna sjetva i žetva, te siliranje stočne hrane) u dijelu društvenog i individualnog sektora, a posebno organiziranoj kooperativnoj proizvodnji mesa i mlijeka.

Radi konsolidacije energetske opskrbe i izgradnje regionalne energetske politike na području Zajednice općina Osijek — na dugoročnoj osnovi — utvrđuju se sljedeći osnovni pravci organizirane društvene akcije:

1. racionalizacija potrošnje energije u privrednim organizacijama i komunalnoj potrošnji u toplinske i tehnološke svrhe,
2. supstitucija tekućih goriva u privrednim organizacijama industrije i poljoprivrede te komunalne potrošnje gdje se energija troši u toplinske svrhe,
3. valorizacija i korištenje lokalnih energetskih izvora kao što su poljoprivredni i industrijski otpadi, geotermalni izvori, mala plinska polja i male hidroelektrane,
4. organizacija i koordinacija regionalnog znanstveno-istraživačkog i inventivnog rada u sektorima tehnike, tehnologije, ekonomike, ekologije i organizacije — za cjelokupnu oblast energetike,
5. izmjenama u koncepcijama tehnološkog razvoja pojedinih proizvodnih grana i djelatnosti i, s tim u vezi, načina proizvodnje pojedinih proizvoda kojima se izbjegava ili smanjuje trošenje energije i time pojeftinjuje proizvodnja.

Provedba osnovnih pravaca organizirane društvene akcije na konsolidaciji energetske opskrbe i utvrđivanje regionalne energetske politike zahtijeva:

1. ustrojavanje odgovarajućeg dokumentacijsko-statističkog sistema koji bi, u skladu s propisima i uvažavajući regionalne specifičnosti, osigurao pregled opsega strukture i dinamike energetske potrošnje u organizacijama udruženog rada.

Zadužuju se Komitet za privredu i Zavod za društveno planiranje Zajednice općina Osijek da izuče mogućnost te predlože ustrojavanje zvaničnog dokumentacijsko-statističkog sistema u smislu prethodnog stava;

2. da Privredna komora Slavonije i Baranje sačini analizu energetske potrošnje za privredne organizacije po grupacijama, granama i oblastima te ukupne komunalne potrošnje i potrošnje u kućanstvima te izuči mogućnost ustanovljavanja financijskog instituta (samoupravnog fonda i sl.) putem kojeg bi se prikupljala i efikasno koristila financijska sredstva privrednih organizacija za provođenje programa supstitucije tekućih goriva i valorizaciju lokalnih energetskih potencijala;
3. da Skupština Zajednice općina Osijek i njeni organi podrže znanstveno-istraživački rad na rješavanju problematike energetske opskrbe kako u pogledu njegove intenzivne angažiranosti tako i na iznalaženju izvora financiranja ovih poslova;
4. da samoupravne organizacije i zajednice posebno stimuliraju inventivan rad u procesu valorizacije i korištenja lokalnih energetskih potencijala na području regije;
5. da Privredna komora Slavonije i Baranje i Komitet za privredu Zajednice općina Osijek radi provedbe politike racionalizacije potrošnje energije izuče mogućnost i predlože način organiziranog obavljanja ovih stručnih poslova na regionalnoj osnovi.

Predlaže se Republičkom komitetu za energetiku, industriju i zanatstvo da ubrza postupak za donošenje Zakona o iskorištavanju energetskih potencijala.⁹

Na realizaciji zaključaka Skupštine Zajednice općina Osijek prema ovom materijalu — učinjeno je kako slijedi:

1. Komitet za privredu Zajednice općina Osijek sačinio je materijal **Prikupljanje i obrada podataka o energetskej potrošnji na području Zajednice općina Osijek — prijedlog za primjenu računara**¹⁰ kojim je okvirno predložen model informacijskog sistema u oblasti energetske potrošnje koji je dostavljen Republičkom komitetu za energetiku, industriju, rudarstvo i zanatstvo. Isti model informacijskog sistema Zavod za društveno planiranje Zajednice općina Osijek na radnom sastanku razmatrao je s općinskim zavodima za statistiku i predstavnicima Republičkog zavoda za statistiku. Model je u osnovi ocijenjen kao dobra inicijativa i dobra zamisao, ali zbog potrebe usklađivanja s već ustaljenim statističkim istraživanjima (zbog šifre izvještajne jedinice i sl.) na spomenutom radnom dogovoru zaključeno je, na prijedlog predstavnika RZS, da se planirano regionalno statističko istraživanje ne provodi dok se u Republici ovo pitanje ne razmotri i eventualno uključi u redovna republička statistička istraživanja. Zavod za društveno planiranje je, isto tako, službeno

⁹ »Službeni glasnik« Zajednice općina Osijek, br. 6/83.

¹⁰ Autor — mr Milan Ivanović, dipl. oec.

uputio Saveznom zavodu za statistiku prijedlog o potrebi posebnih statističkih snimanja potrošnje energije ne samo u industrijskim organizacijama — već u svim privrednim organizacijama, kao i u organizacijama zdravstva, školstva i kulture.

2. Analize energetske potrošnje po oblastima privrede sačinjene su naredne godine u okviru Programa rada Skupštine Zajednice općina Osijek.
3. Zaključak o podržavanju znanstvenoistraživačkog rada je realiziran u kasnijim odlukama Skupštine Zajednice općina Osijek.
4. Informacije o stimulaciji inventivnog rada u procesu valorizacije i korištenja lokalnih energetskih potencijala prikupljaju se i naredne godine načinit će se analiza o ovim rezultatima.
5. Zaključak o modelu organiziranja obavljanja stručnih poslova u oblasti energetike za regionalne potrebe proveden je u kasnijim materijalima Skupštine Zajednice općina Osijek.

Komiteta za privredu Zajednice općina Osijek je u 1984. godini predložio za program rada Skupštine općine Osijek dva materijala za izradu koji su predstavljali realizaciju zaključaka Skupštine iz prethodne godine — što je i usvojeno. Tako su stručne službe Komiteta za privredu Zajednice općina Osijek i Privredne komore Slavonije i Baranje sačinile analizu **Energetsko snabdijevanje poljoprivredne proizvodnje na području Zajednice općina Osijek.**¹¹ koji je Skupština Zajednice općina Osijek razmatrala u svibnju 1984. godine. U materijalu su dani podaci o potrošnji energije u poljoprivrednoj proizvodnji na području regije, procjena mogućnosti za supstituciju tekućih goriva u poljoprivrednoj proizvodnji, pregled organizacije distribucije energenata za poljoprivrednu proizvodnju te procjena razvoja potrošnje i snabdijevanja energijom u poljoprivrednoj proizvodnji na regiji u idućem razdoblju.

Tom prilikom je zaključeno:

»Poljoprivredna proizvodnja na području Zajednice općina Osijek je od strategijskog značaja za privredni i društveni razvoj područja Zajednice općina Osijek i cijele Republike.

Suvremena poljoprivredna proizvodnja nemoguća je bez intenzivnog korištenja energije u poljoprivredi na području Zajednice općina Osijek je veoma značajna, posebno tekućih goriva i zemnog plina. Pravovremeno opskrbljivanje ovim energentima je (s obzirom da je poljoprivredna proizvodnja izrazito sezonske prirode) veoma značajno, jer u otežanim uvjetima opskrbe naftnim derivatima i zemnim plinom mogu doći u pitanje rezultati poljoprivredne proizvodnje.

Na osnovi materijala ocjenjuje se da na području Zajednice općina Osijek u poljoprivrednoj proizvodnji još nije postignuta zadovoljavajuća razina racionalnosti u korištenju tekućeg goriva i energije, iako su posljednjih godina poduzimani određeni naponi i postignuta određena poboljšanja.

U mnogim organaizacijama udruženog rada poljoprivrede još uvijek ne postoje odgovarajuće evidencije i praćenje potrošnje energije po opsegu, strukturi, sektorima i dinamici.

Radi konsolidiranja energetske politike u oblasti poljoprivrede i stvaranja uvjeta za kontinuiranu opskrbljenost poljoprivredne proizvodnje energijom predlaže se:

- a) Privrednoj komori Slavonije i Baranje, da u okviru znanstveno istraživačkih projekata na području Zajednice općina Osijek, inicira izradu studije o kompleksnom iskorištavanju biomase ratarske i šumarske proizvodnje,
- b) organizacijama udruženog rada poljoprivrede da kontinuirano i stručno prate potrošnju energije i to po obimu, područjima, strukturi i dinamici,
- c) organizacijama udruženog rada — distributerima tekućih goriva, da u suradnji s poljoprivrednim kombinatima, postave sistem rezervoarskih kapaciteta tekućih goriva koji će osiguravati najmanje petnaestodnevne zalihe za rad u punoj sezoni poljoprivrednih radova.

Da bi se stvorili uvjeti za racionalniju potrošnju energije u poljoprivredi, prehrambenoj industriji na području Zajednice općina Osijek, predlaže se:

- a) Republičkom komitetu za energiju, industriju, rudarstvo i znanstvo SR Hrvatske da konkretnim mjerama stimulira supstituciju tekućih goriva i destimulira njihovu potrošnju u organizacijama udruženog rada u toplinske svrhe,
- b) Privrednoj komori Slavonije i Baranje — Vijeću poljoprivrednih djelatnosti i Koordinacionom odboru za energetiku da:
 - organizira raspravu radi utvrđivanja programa agrotehničkih mjera i primjene znanstvenih dostignuća u praksi kojima će se racionalizirati energetska potrošnja u poljoprivredi,
 - da intenzivira započete akcije na supstituciji tekućih goriva u sušarama poljoprivrednih proizvoda i u prehrambenoj industriji na području Zajednice općina Osijek te sačini program ove supstitucije na dugoročnim osnovama,
- c) poljoprivrednim kombinatima Slavonije i Baranje da sačine bilance biomase za svoja područja i dugoročnije sagledaju za njenu sirovinsku i energetske valorizaciju.

Komiteta za privredu Zajednice općina Osijek izvršit će ovaj zaključak i pratiti njegovo izvršenje.¹²

Za realizaciju ovih zaključaka učinjeno je:

- a) Privredna komora Slavonije i Baranje pripremila je za prijavu regionalni projekt **Kompleksno iskorištavanje biomase ratarske i šumske proizvodnje na području Zajednice općina Osijek**¹³ — koji će po raspisivanju natječaja biti upućen SIZ-u za znatnost.

¹¹ Autori — mr Milan Ivanović, dipl. oec; Vesna Varga, dipl. oec i Drago Srdoč, dipl. inž.

¹² »Službeni glasnik« Zajednice općina Osijek, br. 5/84.

¹³ Autori — mr Ivan Baličević, dipl. inž; mr Stjepan Beg, dipl. inž. i mr Milan Ivanović, dipl. oec.

- b) Koordinacioni odbor za energetiku Privredne komore Slavonije i Baranje razmotrio je pitanja provedbe navedenih zaključaka o energetskej opskrbi poljoprivredne proizvodnje i poduzeo odgovarajuće akcije.

Na realizaciji ovih zaključaka učinjeno je :

- a) Privredna komora je na području regije koordinirala akciju Republičkog komiteta za energetiku, industriju, rudarstvo i zanatstvo na pripremi dokumentacije i prijavi privrednih organizacija na natječaj za sredstva za supstituciju tekućih goriva. Naime, na prvom republičkom natječaju za sredstva kojima se povoljno kreditira istraživanje novih energetske izvora i za supstituciju tekućih goriva (1. 11. 1983.) nije se javila ni jedna privredna organizacija iz Slavonije i Baranje — najvjerojatnije stoga što nisu u potpunosti pripremile investicionu dokumentaciju. Na drugi natječaj (18. 3. 1984.) s područja regije prijavilo se 13 privrednih organizacija s ukupnim zahtjevima od 1,43 milijarde dinara. Nakon zaključenja natječaja radnim organizacijama iz regije odobreno je 98,35 milijuna dinara¹⁶, a na trećem natječaju (30. 1. 1985) zahtjevi 14 slavonsko-baranjskih organizacija iznosili su 2,4 milijarde dinara, a odobreno je 403,11 milijuna dinara.¹⁷
- b) Studij elektrostrojarstva pri Sveučilištu u Osijeku u toku 1985. godine vrši pripreme za osnivanje Zavoda za energetiku kao specifične institucije koncentracije kadrova, informacija i znanja iz oblasti energetike na području regije koja će biti u funkciji dohotka privrednih organizacija većih i velikih potrošača energije na području regije.
- c) Komitet za privredu Zajednice općina Osijek u suradnji s Privrednom komorom priredio je ovaj materijal — što je i realizacija zaključaka Skupštine Zajednice općina Osijek.

Stručna služba Komiteta za privredu Zajednice općina Osijek je 1984. godine izradila i materijal **Analiza mogućnosti supstitucije goriva koja se koriste u toplinske svrhe u industriji na području Zajednice općina Osijek**¹⁴ koji je Skupština Zajednice općina Osijek razmatrala u rujnu te godine. U materijalu je dan pregled organizacije opskrbe industrije na području regije s energijom, pregled potrošnje supstitutabilnih goriva u industriji na području regije te okvirna ocjena mogućnosti supstitucije tekućih goriva. U prilogu analize prezentirane su (prvi put) energetske bilance industrijske proizvodnje po općinama na području regije. Tom prilikom je zaključila:

»Postignuti stupanj provedbe programa plinifikacije u šest općina na području Zajednice općina Osijek značajnije je poboljšao strukturu potrošnje supstitutabilne energije u ukupnoj energetskej opskrbljenosti područja Slavonije i Baranje i posebno u velikom dijelu industrijskih privrednih organizacija, tako da je u posljednjih 5 godina potrošnja tekućih goriva u ukupnoj energetskej potrošnji na području Zajednice općina Osijek smanjena s 39% na 32,1%.

No, i pored postignutih poboljšanja, ocjenjuje se da je potrošnja tekućih goriva u ukupnoj potrošnji supstitutabilne energije na području Zajednice općina Osijek još uvijek značajna, što je nepovoljno, jer će opskrba naftom i naftnim derivatima u narednom razdoblju biti još složenija.

Skupština ocjenjuje da je, zbog ograničenih mogućnosti investicionih ulaganja i potreba izbora ujednačenijih tehnoloških rješenja, te potrebe pridržavanja okvira utvrđenih bilancama energetske sirovina, aktivnosti privrednih organizacija u sektoru energetike područja Slavonije i Baranje neophodno objediniti u cilju što brže i ekonomičnije provedbe zamjene tekućih goriva koja se koriste u toplinske svrhe. Predlaže se Privrednoj komori Slavonije i Baranje da u okviru Koordinacionog odbora za energetiku objedini nastojanja OUR-a na supstituciji tekućih goriva koja se koriste u toplinske svrhe.

Skupština Zajednice općina Osijek podržava inicijativu Studija elektrostrojarstva EMŠC-u Osijek za osnivanje Zavoda za energetiku, te predlaže organiziranje specijalističkih seminara za kadrove koji rade na energetici u organizacijama udruženog rada.

Zadužuje se Stručna služba Komiteta za privredu Zajednice općina Osijek da do kraja godine dostavi informaciju o provedbi svih zaključaka Skupštine i Izvršnog vijeća Skupštine Zajednice općina Osijek iz oblasti energetike donesenih u razdoblju od 1980. do 1984. godine.¹⁵

Krajem 1984. godine stručne službe Komiteta za privredu Zajednice općina Osijek, »Elektroslavonije« i Zavoda za društveno planiranje sačinili su **Informaciju o provedbi programa plinifikacije na području Zajednice općina Osijek i sagledavanje mogućnosti daljnjeg razvoja**.¹⁸ U ovoj analizi dane su osnovne postavke programa plinifikacije za razdoblje 1979 — 1985. godine te analiza provedenih mjera, akcija i postignutih rezultata. Tom prilikom je zaključeno:

»Izvršno vijeće ocjenjuje da se provedba programa plinifikacije na području Zajednice općina Osijek odvijala u drugačijim uvjetima od onih koji su pretpostavljeni u vrijeme izrade i usvajanja Programa. Uslijed niza objektivnih razloga Program plinifikacije se neće realizirati kako je to planirano ni po obujmu ni po strukturi.

Unatoč nepovoljnim uvjetima u proteklom srednjoročnom razdoblju Program plinifikacije je u znatnoj

¹⁶ SOUR PIK Vinkovci (16 milijuna dinara), PIK »Đuro Salaj«, Valpovo (10 milijuna dinara), SOUR PIK »Belje« (56,35 milijuna dinara) i RO »Elektroslavonija« (16 milijuna dinara).

¹⁷ SOUR »Borovo« (200 milijuna dinara), SOUR PIK »Belje« (110 milijuna dinara), RO »S. Geli« Đakovo (25,7 milijuna dinara), SOUR »Slavonska šuma« (7,25 milijuna dinara), »Razvitak« Ilok (29,75 milijuna dinara), PPK Sl. Požega, OOUR »Opekarski proizvodi« (8,3 milijuna dinara), Kombinat »Belišće« (22,11 milijuna dinara).

¹⁸ Autori — mr Milan Ivanović, dipl. oec; mr Ivan Baličević, dipl. inž. i mr Stjepan Beg, dipl. inž.

¹⁴ Autor mr Milan Ivanović, dipl. oec.

¹⁵ »Službeni glasnik« Zajednice općina Osijek, br. 7/84.

mjeri proveden na području šest općina — Donji Miholjac, Našice, Orahovica, Osijek, Podravska Slatina i Slavonska Požega te djelomično (izgrađena je magistralna mreža samo za potrebe nekoliko velikih radnih organizacija) u tri općine — Slavonski Brod, Valpovo i Vinkovci.

Izgrađena magistralna i distributivna plinovodna mreža omogućila je potrošnju prirodnog i naftnog plina u znatnoj mjeri tako da je zemni plin u potrošnji supstitutable energije u industriji na području regije zastupljen sa preko 30%. Potrošnja prirodnog plina iz godine u godinu raste. Distribuciju prirodnog plina na području regije obavlja nekoliko distributera što ne pridonosi tehničkoj cjelini i optimalnoj organizaciji obavljanja distribucije plina.

U cilju daljnje provedbe programa plinifikacije na području regije potrebno je:

- a) u Privrednoj komori Slavonije i Baranje u odgovarajućim vijećima i koordinacionim odborima razmotriti razvoj energetike velikih industrijskih sistema i na toj osnovi utvrditi osnove za inoviranje Programa plinifikacije područja Zajednice općina Osijek te razmotriti pitanje tehničke i organizacione povezanosti distributera prirodnog plina na području regije,
- b) zadovoljavanje potreba potrošača prirodnog plina (svih kategorija) temeljiti na stalno rastućim bilančnim mogućnostima Republike i šire, a ne na učešću u preuzetim količinama prirodnog plina u 1980. godini. S tog naslova predstavnici zajednice općina u republičkim organima zalagat će se za politiku zadovoljavanja istog stupnja potreba potrošača prirodnog plina,
- c) u politici cijena — na razini općina uvrđiti planske cijene za polugodišnja razdoblja, kako bi se izbjegle negativne posljedice naknadnih terećenja prilikom čestih povećanja cijena prirodnog plina.

Zadužuje se Zavod za društveno planiranje Zajednice općina Osijek i Komitet za privredu Zajednice općina Osijek da u suradnji sa »Elektroslavonijom« Osijek i nadležnim organima udruženih općina ispituju mogućnost zaokruženja plinskog sistema na području regije.¹⁹

Provedba tih zaključaka Skupštine Zajednice općina Osijek je u toku.

III. OSTALE MJERE I AKTIVNOSTI U REALIZACIJI REGIONALNE ENERGETSKE POLITIKE

Osim nabrojenih aktivnosti na provedbi zaključaka Skupštine Zajednice općina Osijek o energetici i racionalnom korištenju energije realizirano je niz mjera i akcija koje su predstavljale operacionalizaciju postavki razvoja regionalne energetike ili su imale za cilj racionalno korištenje energije, ali nisu izričito bile naznačene u zaključcima društveno-političkih za-

jednica. Stoga će se samo okvirno naznačiti one najznačajnije:

- a) RO »Elektroslavonija« Osijek je u proteklih nekoliko godina inicirala i financirala (ili sufinancirala) nekoliko kompleksnih i desetak namjenskih projekata ili studija iz oblasti energetike. Kao najvažnije ističemo:
 - Istraživanje lokacije za NE »Slavonija« (skup studija)
 - Istraživanje urana na području regije
 - Istraživanje ugljena na području regije
 - Razvoj energetike Slavonije i Baranje do 2000. godine
 - Energetsko iskorištavanje vodotoka rijeke Orljave u slivu Save
 - Osnovno rješenje energetskog korištenja Dunava uzvodno od HEPS Đerdap
 - Mogućnosti višenamjenskog iskorištavanja potencijala rijeke Drave u donjem toku (skup studija)
 - Istraživanje mogućnosti toplifikacije gradova u Slavoniji
 - Mogućnosti energetskog korištenja akumulacije Kamensko.
 - b) Komitet za privredu Zajednice općina Osijek već pet godina provodi redovne godišnje ankete o prikupljanju, prometu i korištenju sekundarnih sirovina na području regije, što ima sasvim određeno značenje u gospodarenju energije (Skupština Zajednice općina Osijek je u dva navrata — 1982. i 1984. godine — raspravljala o tim analizama).
- Na osnovi ovih regionalnih akcija pokrenute su i slične akcije u nizu općina na području Zajednice općina Osijek (Osijek, Vukovar, Slavonska Požega, Slavonski Brod, Našice, Županja, Valpovo, Vinkovci).
- c) Na osnovi materijala o energetici regije (svaki materijal iz ove oblasti Komitet za privredu Zajednice općina Osijek dostavlja i općinskim organima za privredu na području regije) započete su izrade sličnih energetskih bilanci u pojedinim općinama na području Zajednice općina Osijek (na primjer općine Osijek, Vukovar, Donji Miholjac).
 - d) Republički komitet za energetiku, industriju, rudarstvo i zanatstvo uputio je u travnju 1984. godine zajednicama općina materijal »Preporuke o racionalnom korištenju energije u toplinskim postrojenjima« — koju je Komitet za privredu Zajednice općina Osijek uputio svim općinskim organima za privredu na području regije, projektnim organizacijama i velikim poslovnim sistemima.
 - e) Studij elektrostrojarstva Sveučilišta u Osijeku organizirao je regionalni tim stručnjaka koji je izradio brošuru — priručnik **Racionalno korištenje energije u industriji**. Izradu te studije financirao je Republički komitet za energetiku, industriju, rudarstvo i zanatstvo te Republički centar za informacije i dokumentaciju, a namijenjena je industrijskim radnim organizacijama u SR Hrvatskoj. Na temelju tih materijala organizirat će se na po-

¹⁹ »Službeni glasnik« Zajednice općina Osijek, br. 1/85.

dručju regije i seminari o racionalnom korištenju energije u industriji.

- f) Časopis »Privreda«, koji kao mjesečnik izdaje Privredna komora Slavonije i Baranje, svojom je uređivačkom politikom tokom proteklih godina omogućio objavljivanje niza stručnih i znanstvenoistraživačkih radova s područja regionalne energetike. To je značajno pridonijelo postavljanju energetike u stručnoj javnosti među značajnije probleme u razvoju regije.

IV. ZAKLJUČAK

Na kraju ovog razmatranja može se ocijeniti da je provedba zaključaka Sabora SR Hrvatske i Skupštine Zajednice općina Osijek u oblasti energetike i racionalnom korištenju energije na području Zajednice općina Osijek u razdoblju 1980. do 1984. godine uvjetovala niz stručnih i društveno-političkih aktivnosti u ovoj oblasti. Na razini regije postignuti su značajni rezultati na definiranju energetske politike: istraženi su i definirani — koliko je to bilo moguće — struktura, opseg i dinamika energetske potrošnje regije. Na temelju toga postavljeni su osnovni pravci politike i akcije na racionalnom korištenju energije te naznačena potreba koncentracije informacija, znanja i kadrova za daljnji razvoj energetike regije u okviru energetske razvoja Republike i cijele zemlje. Zaključci su u osnovi realizirani ili je u toku njihova realizacija.

U kriznim razdobljima energetske snabdijevanja — kada su zbog nedovoljnog raspolaganja energijskim sirovinama i energijom bili ugroženi proizvodnja u privrednim organizacijama i normalni tokovi života — organi uprave u suradnji s privrednim organizacijama poduzimali su odgovarajuće mjere na prevladavanju poteškoća u opskrbi energijom koje su u osnovi dale dobre rezultate. Pri provedbi zaključaka društveno-političkih zajednica na svim razinama u oblasti energetike i racionalnog korištenja energije na području Zajednice općina Osijek ostvarena je do-

bra suradnja privrednih organizacija distributera energije (tekućih goriva, plina i električne energije) s Privrednom komorom Slavonije i Baranje, Komitetom za privredu Zajednice općina Osijek i Zavodom za društveno planiranje Zajednice općina Osijek.

U idućem razdoblju na realizaciji energetske politike na području Slavonije i Baranje potrebno je nastaviti s ovako intenzivnim aktivnostima u oblasti energetike, ali na još stručnijim osnovama uz korištenje znanstvenoistraživačkog rada, kao i uz još intenzivniju suradnju privrednih organizacija, privrednih asocijacija i organa društveno-političkih zajednica.

DEFINING AND REALIZING OF ENERGY POLICY IN REGION OF SLAVONIJA — BARANJA FOR PERIOD OF 1980 — 1985 YEAR

In the article is analysed problem of energy supply for region of communities of Osijek city. Presented are actual energy condition, planned actions for improving conditions and review of guides for regional energy policy. Especially is outlined supply of gas and energy for agriculture.

DEFINITION UND VERWIRKLICHUNG DER ENERGETISCHEN POLITIK AUF DEM GEBIET DER REGION SLAWONIEN — BARANJA VON 1980 — 1985

Im Artikel wird das Problem der Energieversorgung des Gebietes der Gemeindegemeinschaft Osijek bearbeitet. Geschildert wurde die aktuelle energetische Situation im Gebiet der gesellschaftlichen Aktion im Ziele der Konsolidierung der energetischen Bedingungen sowie die Grundrichtlinien der regionalen energetischen Politik. Besonders betont wurde die Gas und Energieversorgung der Landwirtschaft.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ И ОСУЩЕСТВЛЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ПОЛИТИКИ НА ТЕРРИТОРИИ СЛАВОНСКО-БАРАНЬСКОЙ ОБЛАСТИ В ПЕРИОД С 1980 ПО 1985 ГОД

В статье рассматривается вопрос снабжения энергией территории Объединения общин Осиек. Показана актуальная энергетическая обстановка на территории, общественная деятельность в целях консолидации энергетических условий и основные направления региональной энергетической политики. Особо сделан особый обзор газификации и снабжения и снабжения сельского хозяйства необходимой энергией.

Naslov pisca:

**Mr Milan Ivanović, dipl. ecc.
Komitet za privredu Zajednice
općina Osijek
54000 Osijek, Jugoslavija**

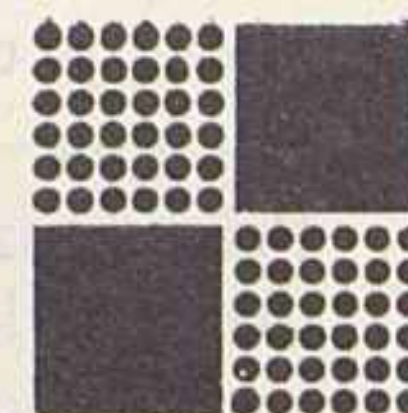
Uredništvo primilo rukopis
1985-11-15

SOUR

monting

ZAGREB n.sol.o.

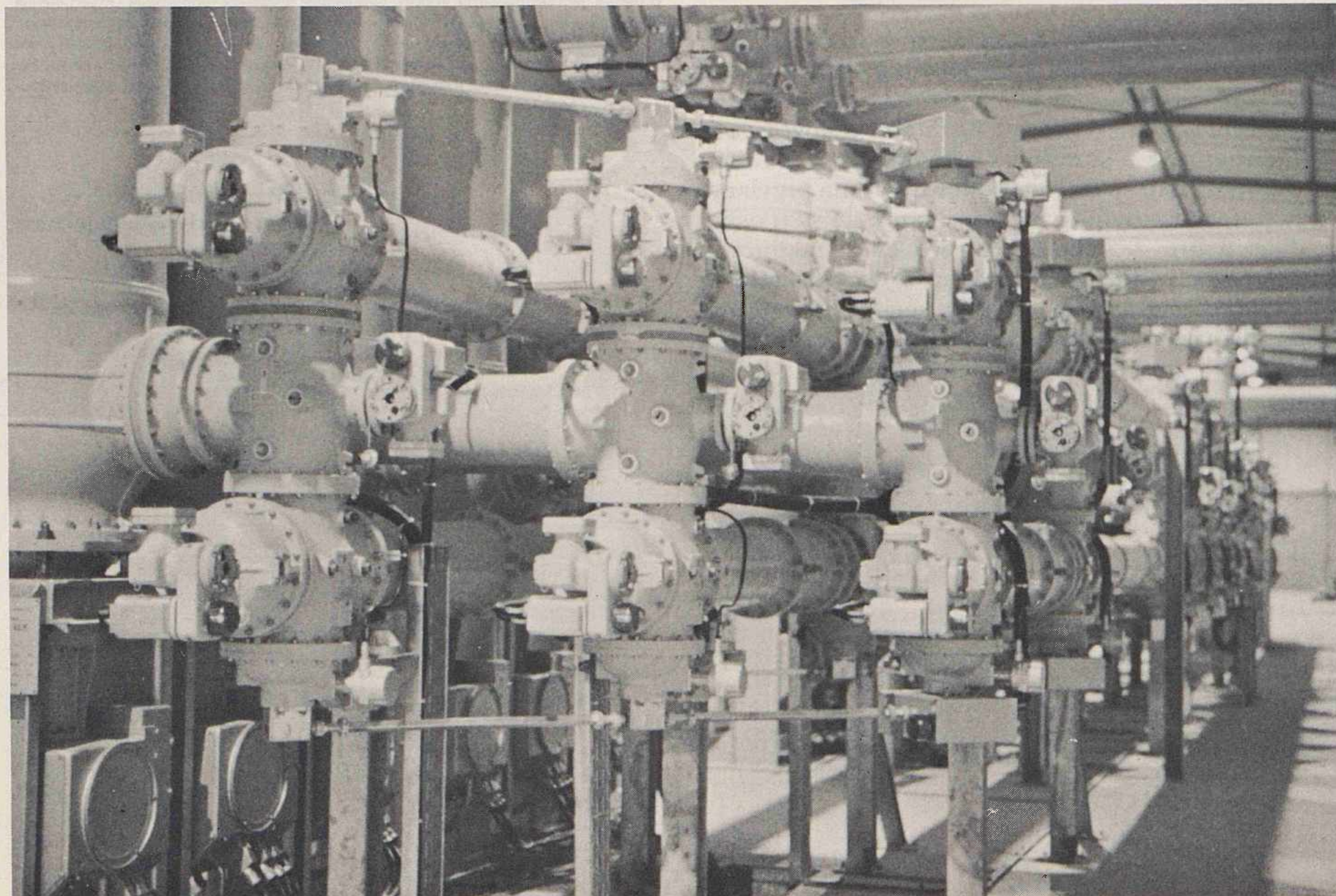
**RO
MONTMONTAŽA**



**Radna organizacija za montažu industrijskih postrojenja
OOUR za elektromontažne radove**

ZAGREB ● Dimitrovljeva 2-6

- montaža i remont visoko i niskonaponskih postrojenja i razvodnih mreža
- montaža i remont kompletnih elektromotornih razvoda, rasklopnih postrojenja, instalacije rasvjete i uzemljenja
- montaža i remont uređaja, opreme i instalacija za automatiku, mjerenje, regulaciju
- kontrola i izrada tehničke dokumentacije za navedene djelatnosti
Radove izvodi u zemlji i inozemstvu



TS JALO

OSVRT NA PROBLEMATIKU RADA POD NAPONOM

mr Božidar Filipović-Grčić — dr Ivo Hrs, Zagreb

UDK 621.316.1.005

STRUČNI RAD

U članku su prikazane mogućnosti izvođenja rada pod naponom. Dan je osvrt na postojeće propise i predložene aktivnosti oko uvođenja rada pod naponom na mrežama ZEON-a.

Ključne riječi: rad pod naponom, opis poslova, propisi.

1. UVOD

Rad pod naponom postaje sve više nužnost i danas u svijetu gotovo da i nema razvijenije elektroprivrede koja nije barem na jednom od naponskih nivoa usvojila tu tehnologiju rada. U tom smislu su i kod nas napravljeni početni koraci i u toku su aktivnosti za početak radova pod naponom u sredjonaponskim mrežama.

Usvajanje tehnologije rada pod naponom složen je pothvat jer zahtijeva rješavanje niza problema vezanih uz regulativu, obuku kadrova, nabavu potrebnih alata i opreme, stvaranja centra za izobrazbu, periodičke provjere ljudi koji obavljaju te poslove itd. Zbog svega toga realizacija tog poduhvata ima daka-ko, svoju cijenu, no iskustvo pokazuje da je korist ne-sporna.

2. RAZLOZI ZA IZVOĐENJE RADOVA POD NAPONOM

Glavni razlozi koji govore u prilog radu pod naponom su prema [L 1, 2] uglavnom ovi:

- kontinuirano napajanje potrošača električnom energijom
- kvalitetnije održavanje objekata i bolje planiranje radova
- smanjenje broja nesreća na radu i u vezi s time smanjenje broja bolovanja, broja invalida rada i odšteta zbog ozlijeda na radu. To smanjenje je utvrđeno statistički u zemljama koje već primjenjuju rad pod naponom, pa se može tvrditi da rad pod naponom pruža veću sigurnost za izvršioce [L 1]
- poboljšani uvjeti rada radnika zbog manjeg opsega radova preko vikenda i praznika i općenito zbog smanjenja prekovremenog rada. Vrijeme obavljanja nekog posla nije striktno ograničeno dozvolom za iskapčanje pa se radni proces može obavljati mirnije i savjesnije
- troškovi rada se smanjuju jer se bitno skraćuje vrijeme potrebno za pripremu, nisu potrebna pre-

bacivanja opterećenja ni iskapčanja, skraćuje se vrijeme koordinacije i dogovaranja, smanjuje se broj ljudi koji sudjeluju u poslu, a time i vjerojatnost pogrešnih odluka, smanjuju se troškovi obavlještjenja potrošača itd.

- bitno se smanjuju štete zbog neisporučene električne energije, što gledano u cjelini, predstavlja najveću dobit.

Sumarno možemo sve argumente podijeliti u dvije grupe. Prvu grupu tvore oni koji ukazuju da rad pod naponom garantira veću sigurnost izvršiocima, a u drugu grupu ulaze oni koji ukazuju na značajne ekonomske efekte takvog rada. Ako tomu dodamo i činjenicu da je rad pod naponom često nemoguće izbjeći, npr. utvrđivanje beznaponskog stanja i redoslijeda faza, radovi na zaštitnim, mjernim uređajima i signalnim krugovima, različita mjerenja i sl., jasno je da je uvođenje takve tehnologije rada u naše mreže neminovno.

U idućim točkama dat ćemo kratki prikaz mogućnosti rada pod naponom u niskonaponskim, sredjonaponskim i visokonaponskim mrežama.

3. NISKONAPONSKE MREŽE

Samo po sebi je razumljivo da nije moguće a niti svrsishodno sve poslove koji se pojavljuju u niskonaponskim mrežama obavljati pod naponom. Stoga je prvi korak definiranje tih poslova, nakon čega se pristupa konstrukciji alata i opreme i, na kraju, izboru i izobrazbi personala. Procjenjuje se da se u niskonaponskim mrežama 95% od ukupnog broja svih poslova mogu izvršavati pod naponom.

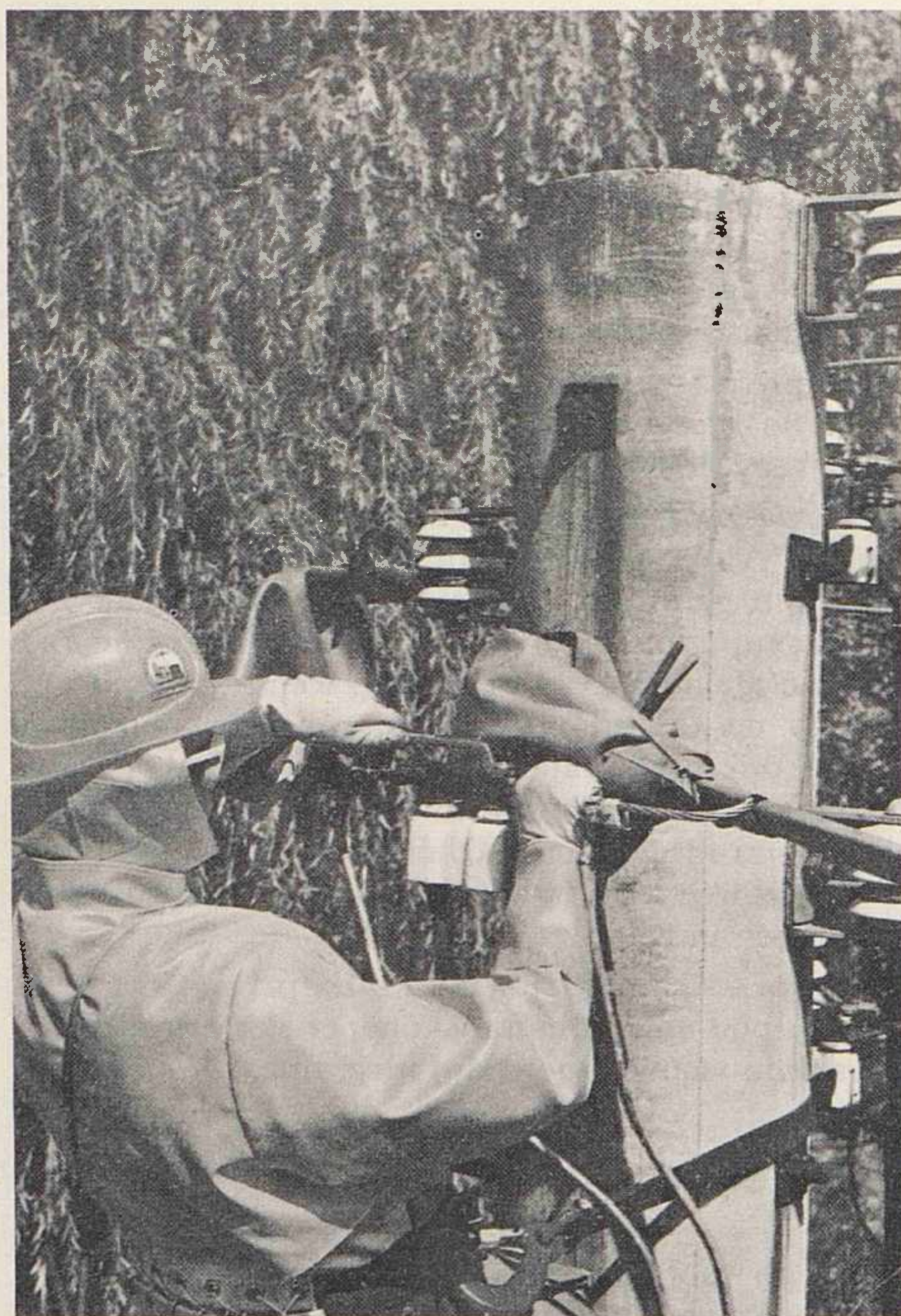
Zbog preglednosti pogodno je dati osnovnu sistematizaciju tih radova.

3.1. Radovi u nadzemnim mrežama

U niskonaponskim nadzemnim mrežama s golim vodičima mogu se obavljati ovi radovi:

- montaža i demontaža nadzemnih priključaka i radovi na stupu s odvojcima
- izmjene nosivih drvenih stupova
- izmjene izolatora i konzola
- radovi na »A« stupu kod razdvajanja strujnih krugova
- montaža i demontaža strujnih mostova
- mjerenje uzemljenih stupa
- postavljanje privremenih priključaka
- radovi na ulaznom kućnom priključku.

Promjena izolatora pod naponom i rad na kućnom priključku prikazani su na sl. 1. i 2.



Slika 1. Zamjena izolatora pod naponom

Mreže sa samonosivim kabelskim snopovima (SKS) posebno su pogodne za rad pod naponom, a izvode se uglavnom sljedeći radovi:

- izrada odvojaka
- produženje mreže
- rekonstrukcija mreže
- radovi na stupnom ormaru s osiguračima
- radovi na montaži ili izmjeni otcjepnih osigurača
- montaža katodnih odvodnika.



Slika 2. Rad na kućnom priključku

3.2. Radovi na mreži javne rasvjete

Mreža javne rasvjete najčešće je izvedena s niskonaponskom nadzemnom mrežom, pa su uvjeti rada slični, a izvode se uglavnom ovi radovi:

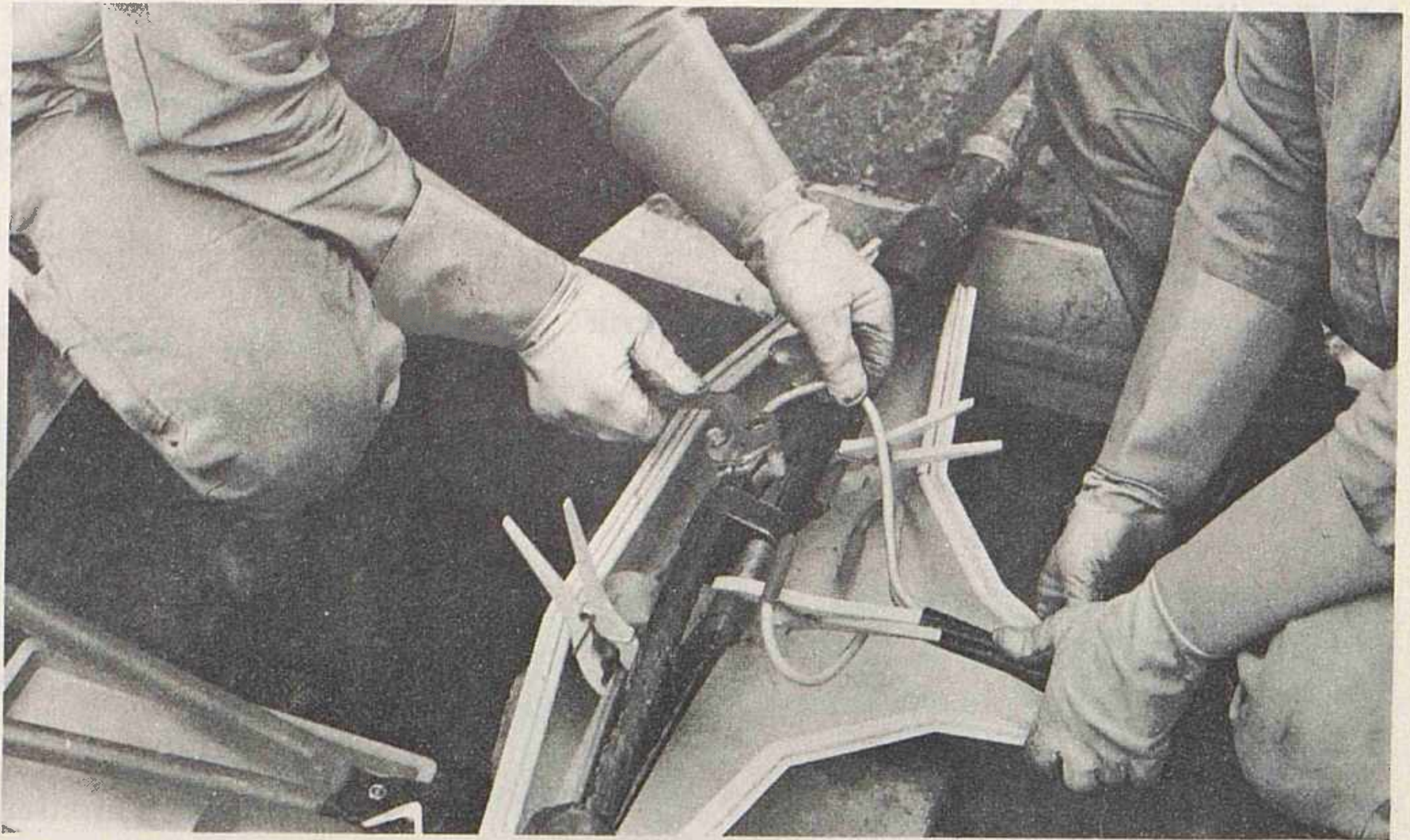
- radovi na ormaru javne rasvjete
- izmjene kraka javne rasvjete
- izmjena žarulja.

3.3. Radovi u kabelskoj mreži

Radovi na kabelima imaju određenih specifičnosti koje su rezultat različitih tipova kabela, načina izvođenja mreže itd. To uvjetuje ne samo različite procedure rada već zahtijeva i širi asortiman opreme i alata, a neki se radovi za sada uopće ne mogu izvoditi, npr. rezanje višezilnih IPO kabela. Pod naponom se obavljaju ovi radovi:

- spajanje kabela na razvodni ormar
- izrada priključaka
- zamjena elemenata na kabelskom priključnom ormaru
- pritezanje kabelskih stezaljki
- rezanje pojedinih vrsta kabela.

Slika 3. Rad na kabelskom priključku



Slika 4. Rad na kabelskom kućnom priključnom ormariću

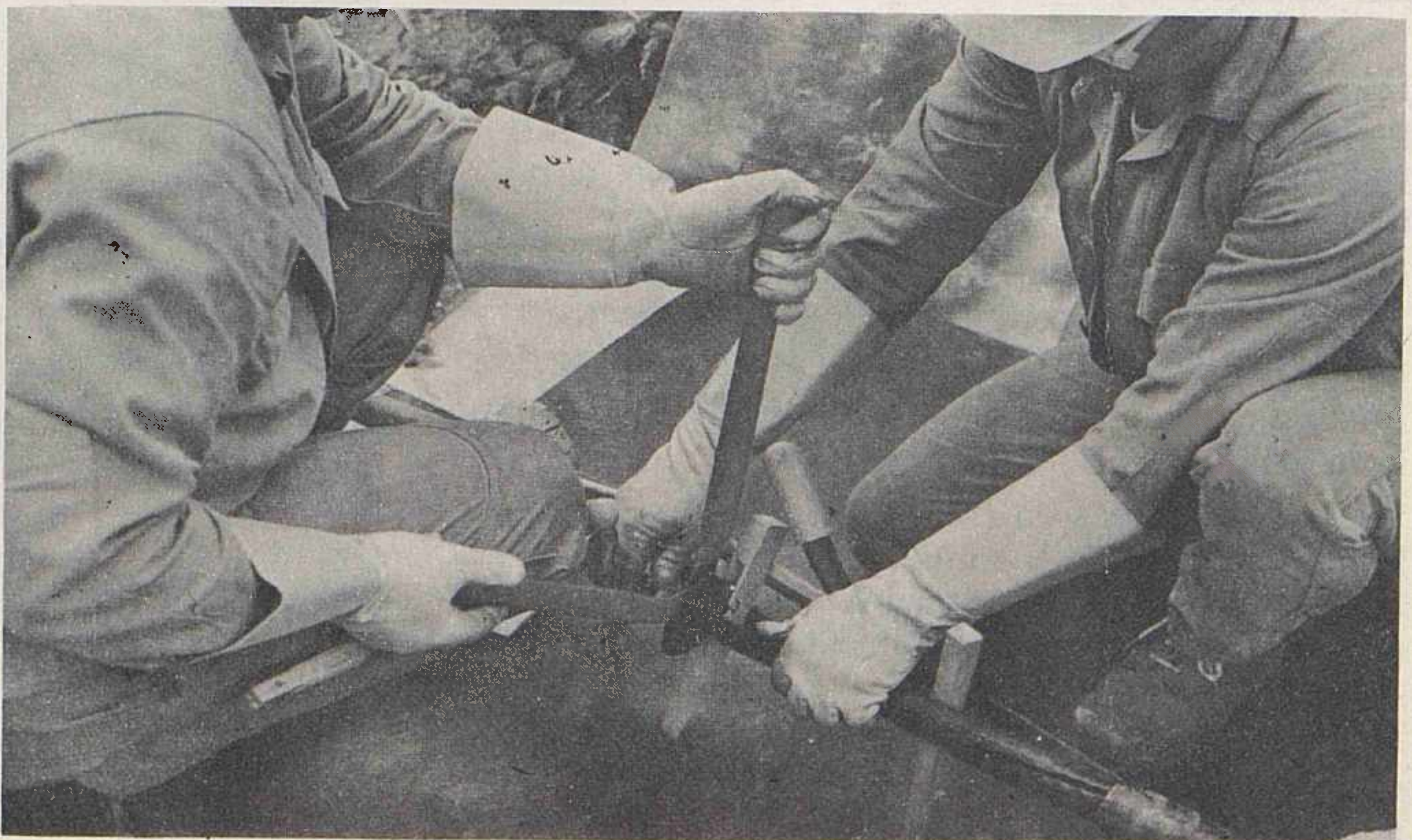


Na sl. 3, 4. i 5. prikazani su neki od radova u kabelskoj niskonaponskoj mreži.

3.4. Radovi na električnim postrojenjima i instalacijama

To su uglavnom radovi koje obavlja stalna pogonska služba za hitne intervencije jer se obično radi o otklanjanju kvarova u niskonaponskoj mreži ili instalacijama u zgradi od razvoda do kućnog priključka i brojila. Tu ubrajamo ove radove:

- radove na niskonaponskom razvodu u TS (izmjena osigurača, tipskih elemenata i sl.)
- postavljanje priključaka na instalacije
- izmjenu tavanskih osigurača (pancera)
- radove na kabelskom kućnom priključnom ormariću
- izmjenu elemenata u glavnom razvodnom ormaru
- mjerenje i traženje kvarova
- izmjenu visokoučinskih osigurača.



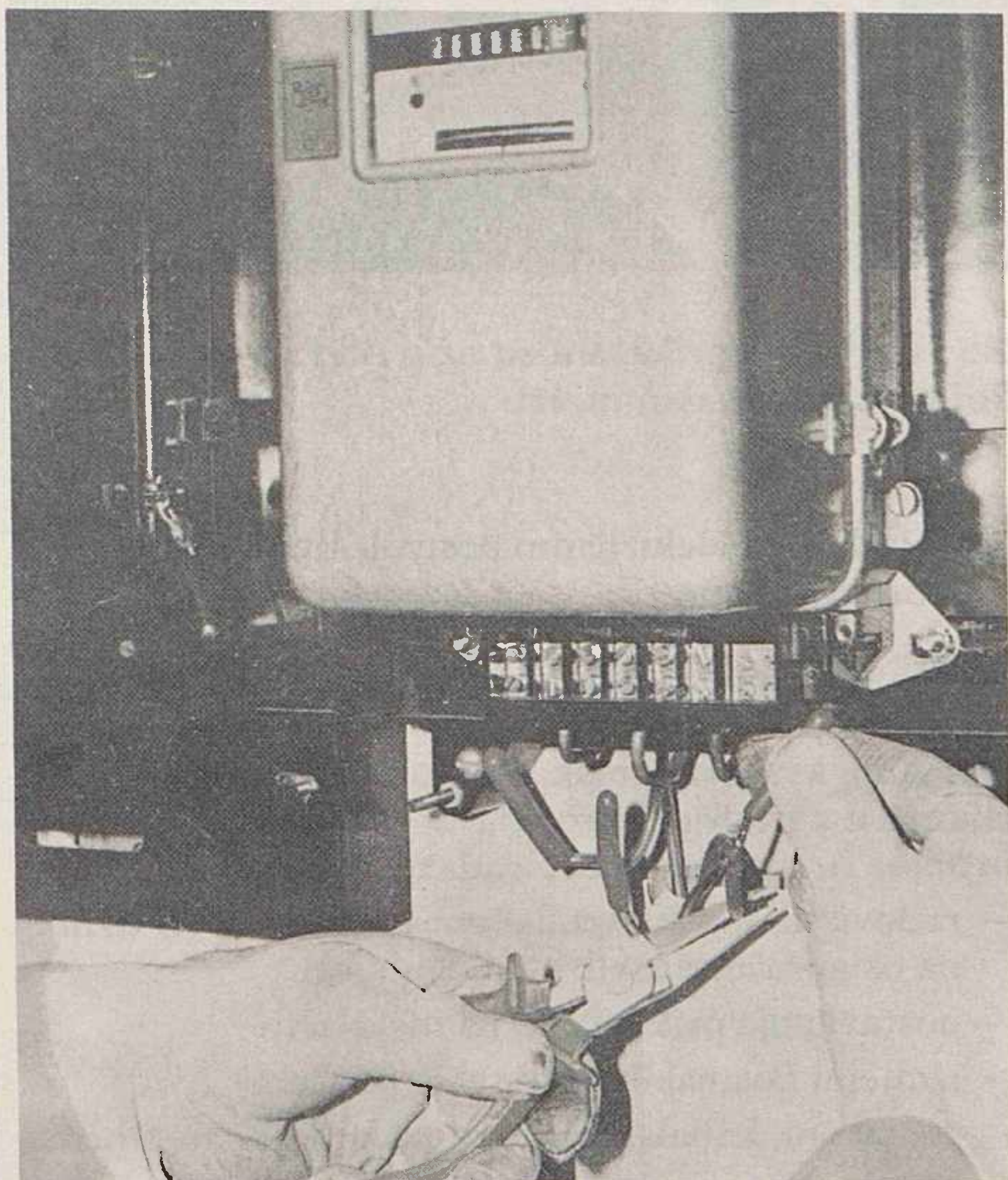
Slika 5. Rezanje niskonaponskog kabela

3.5. Ostali radovi

To su radovi koji se svakodnevno obavljaju u sklopu održavanja niskonaponske mreže i transformatorskih stanica, a u tu grupu ubrajamo:

- izmjene električnih brojila
- radove na relejnoj zaštiti
- radove na pomoćnim strujnim krugovima
- mjerenja u postrojenjima
- radove na akumulatorskoj bateriji.

Na sl. 6. prikazana je izmjena brojila pod naponom.



Slika 6. Izmjena brojila pod naponom

3.6. Kratki zaključci o radu pod naponom u niskonaponskim mrežama

Iako se ponegdje susreće mišljenje da rad u niskonaponskim mrežama nema posebnih prednosti niti naročitih efekata kod takvih presuđivanja, mora se uvažiti sljedeće:

U niskonaponskim mrežama postoji golemi broj objekata koji moraju biti neprekidno u pogonu, a svaki ispad ili iskapčanje direktno pogađa korisnike.

Postotak radova koji se mogu obavljati pod naponom vrlo je visok i iznosi do 95%.

Velik broj nesreća na radu kod radova u beznaponskom stanju, oko 50% od ukupnog broja svih nesreća, nastao je zbog radova u blizini napona. Radove u blizini napona nije moguće izbjeći bez opsežnijih iskapčanja koja se ne bi mogla nikako prihvatiti. Ako bi se ti radovi smatrali kao rad pod naponom i obavljali odgovarajućim alatima, broj nesreća bi se znatno smanjio.

Osnovna tehnologija rada pod naponom sastoji se u korištenju izoliranog alata i opreme te osobnih i dodatnih zaštitnih sredstava. Sva ta oprema je razmjerno jednostavna i mogu je proizvesti domaći proizvođači.

4. MREŽE SREDNJEG NAPONA

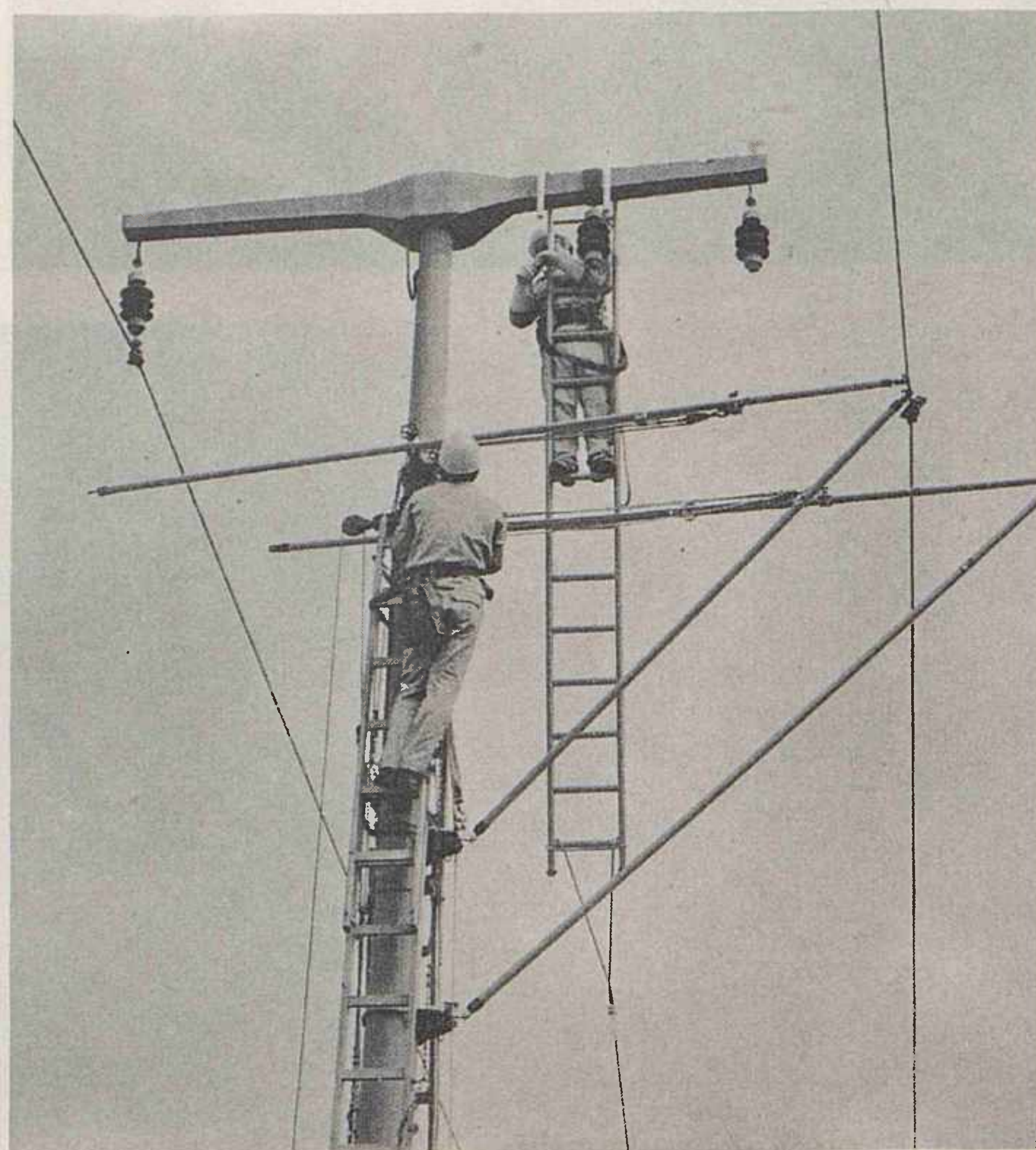
Zbog velikog broja objekata, broja potrošača koji su pogođeni iskapčanjem vodova ili transformatorskih stanica, industrijskih potrošača s vrlo osjetljivim tehnološkim procesima itd. rad pod naponom u srednjonaponskim mrežama ima izuzetno značenje. Obično ih dijelimo u dvije grupe: rad na nadzemnim vodovima i rad u transformatorskim stanicama.

4.1. Radovi na nadzemnim vodovima

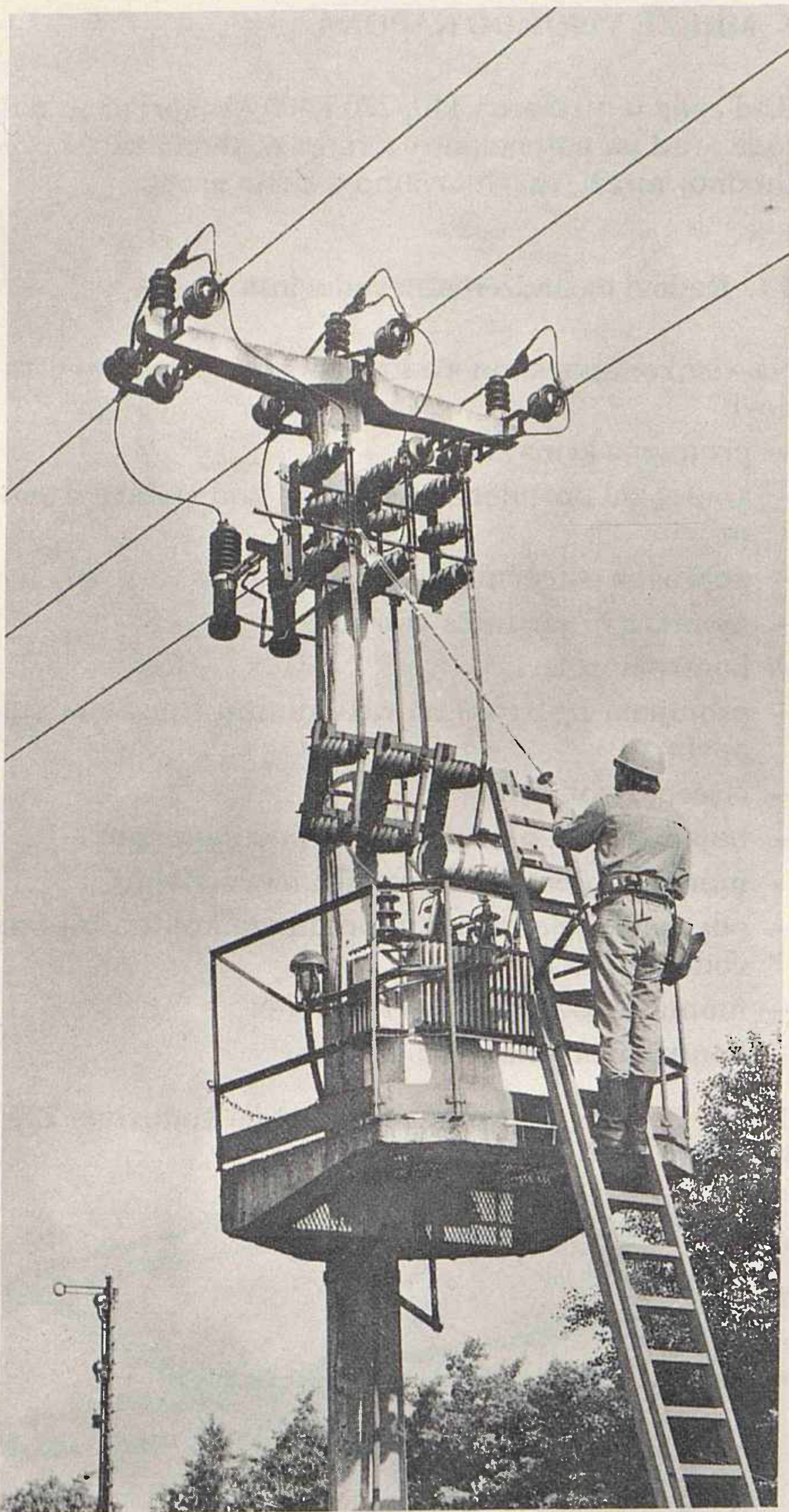
U nadzemnim srednjonaponskim mrežama mogu se obavljati ovi radovi:

- kontrola izolacije
- zamjena izolatora na nosnim i rasteretnim stupovima
- održavanje i zamjena stupnih rastavljača
- zamjena stupova
- priključak provizornih i pokretnih transformatorskih stanica
- priključak odvojaka na magistralni vod
- održavanje stupnih stanica
- odstranjivanje granja i sl.
- bojadisanje u blizini napona.

Na sl. 7. prikazani su radovi na zamjeni izolatora na 20 kV vodu, a na sl. 8. radovi na održavanju stupne TS.



Slika 7. Zamjena izolatora na vodu 20 kV



Slika 8. Radovi na održavanju stupne TS

4.2. Radovi u transformatorskim stanicama

U transformatorskim stanicama 35,20 i 10 kV pod naponom se izvode ovi radovi:

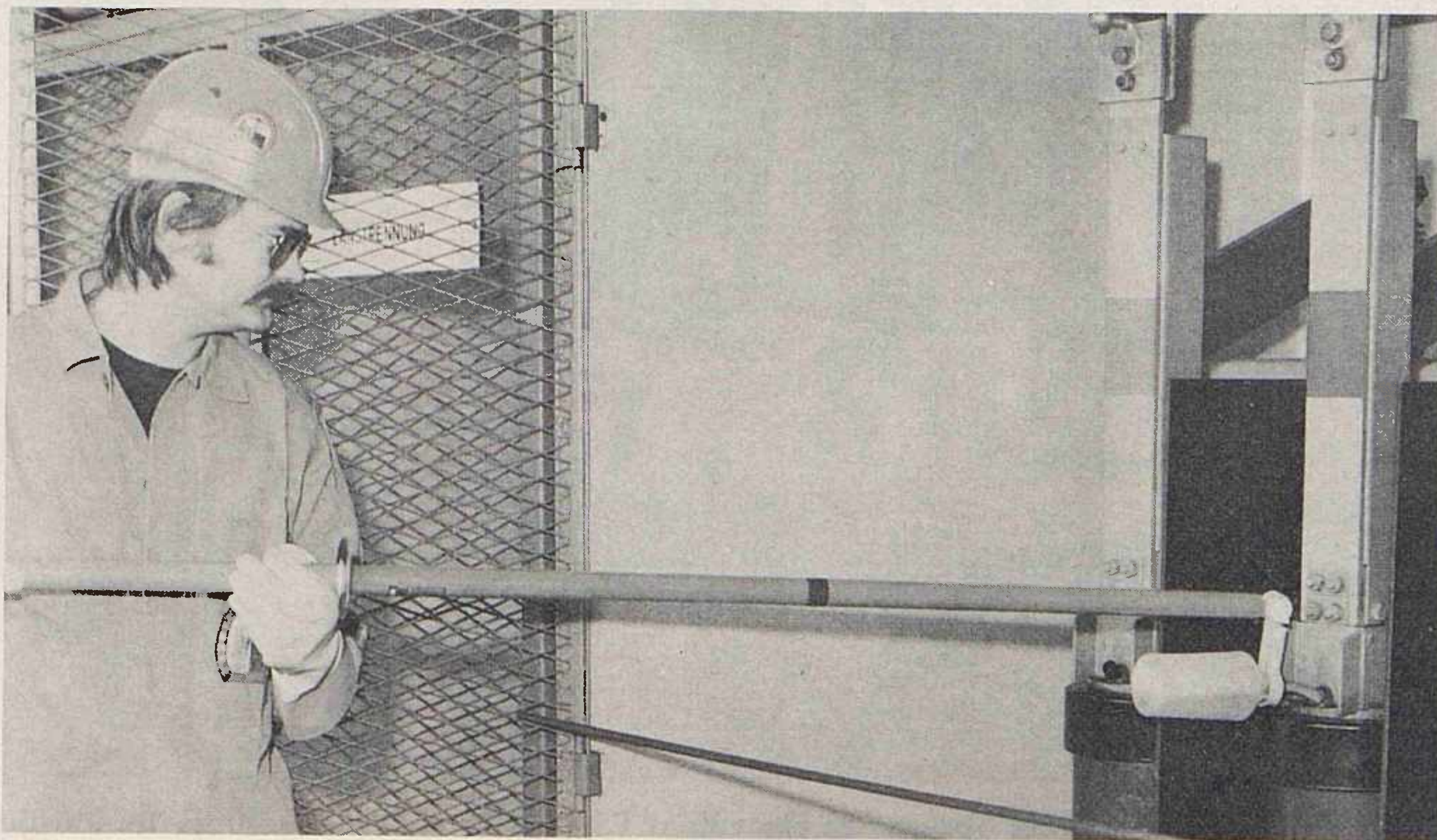
- kompletno čišćenje elemenata postrojenja
- nadolijevanje ulja u transformatore i kableske glave
- nadolijevanje ulja u malouljne prekidače
- zamjena odvodnika prenapona
- bojadisanje
- pritezanje vijčnih spojeva
- odstranjivanje različitih predmeta koji su dospjeli u ćelije.

Na sl. 9. i 10. prikazani su primjeri rada pod naponom, a na sl. 11. komplet opreme za čišćenje transformatorskih stanica.

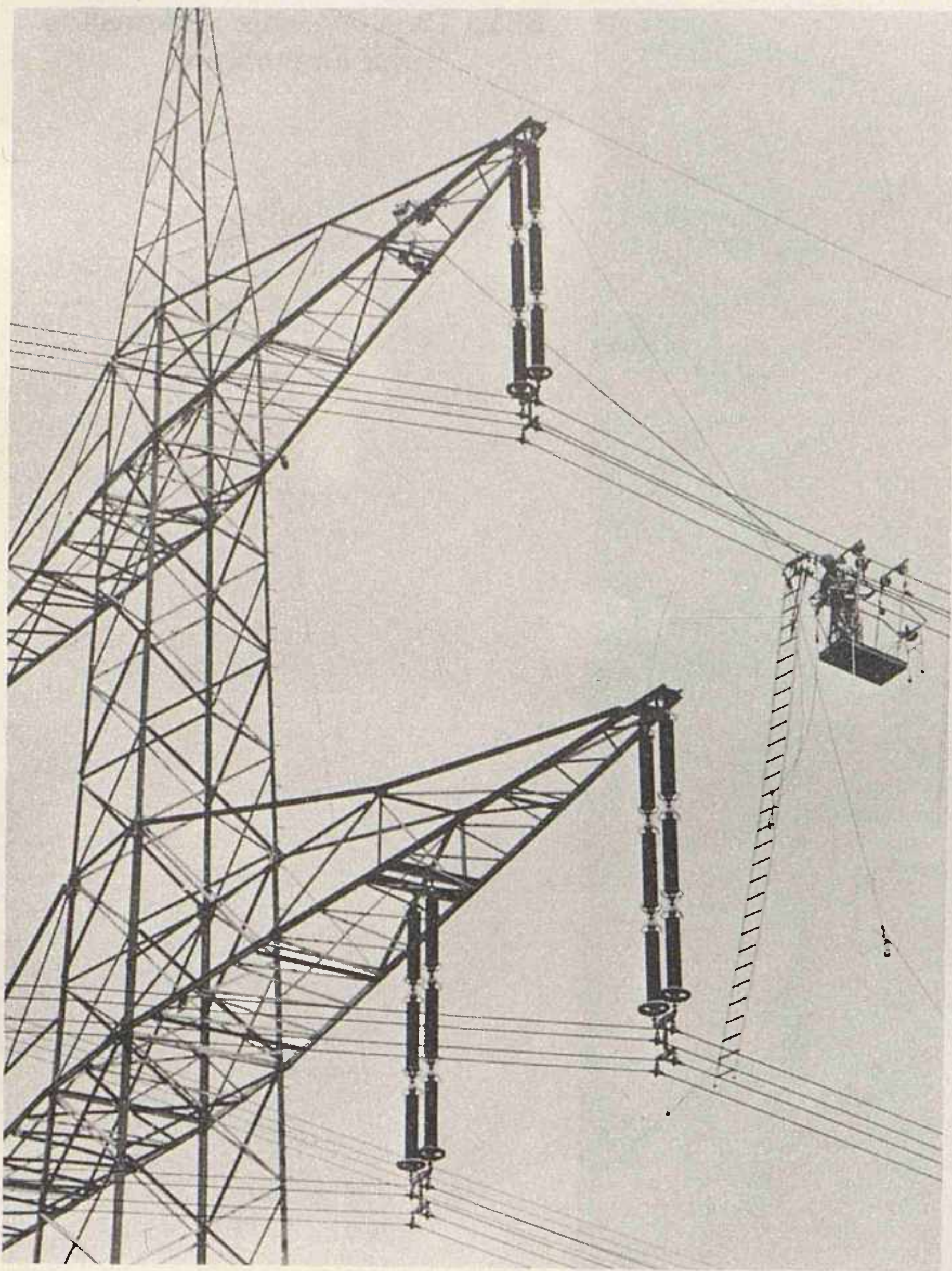
4.3. Zaključci o radu pod naponom u srednjonaponskim mrežama

Sumarno o radovima u srednjonaponskim mrežama možemo kazati ovo:

- U srednjonaponskim mrežama postoji veliki broj objekata čije iskapčanje pogada znatan broj potrošača. Naše mreže su često građene tako da se preko jednog voda napajaju cijela područja.
- Posebno su osjetljivi veći industrijski pogoni gdje čak i planirano iskapčanje uzrokuje zastoje u proizvodnji i veće štete.
- Iskapčanje transformatorskih stanica u industrijskim pogonima vrlo često se provodi zbog čišćenja, a ti se radovi mogu jednostavno obavljati pod naponom.
- Metoda rada pod naponom u srednjonaponskim mrežama jest tzv. »rad na razmaku«, pri čemu se koriste različiti izolirani alati, motke i pribor. Zbog toga mogu nastupiti znatne poteškoće ako oprema distributivnih mreža nije tipizirana. U buduću bi svi proizvođači opreme kod dizajniranja svojih proizvoda morali uvažiti zahtjeve rada pod naponom.



Slika 9. Dolijevanje ulja u prekidač



Slika 13. Radovi na 400 kV vođu

5.2. Radovi u transformatorskim stanicama

U transformatorskim stanicama 110, 220 i 400 kV obavljaju se ovi radovi:

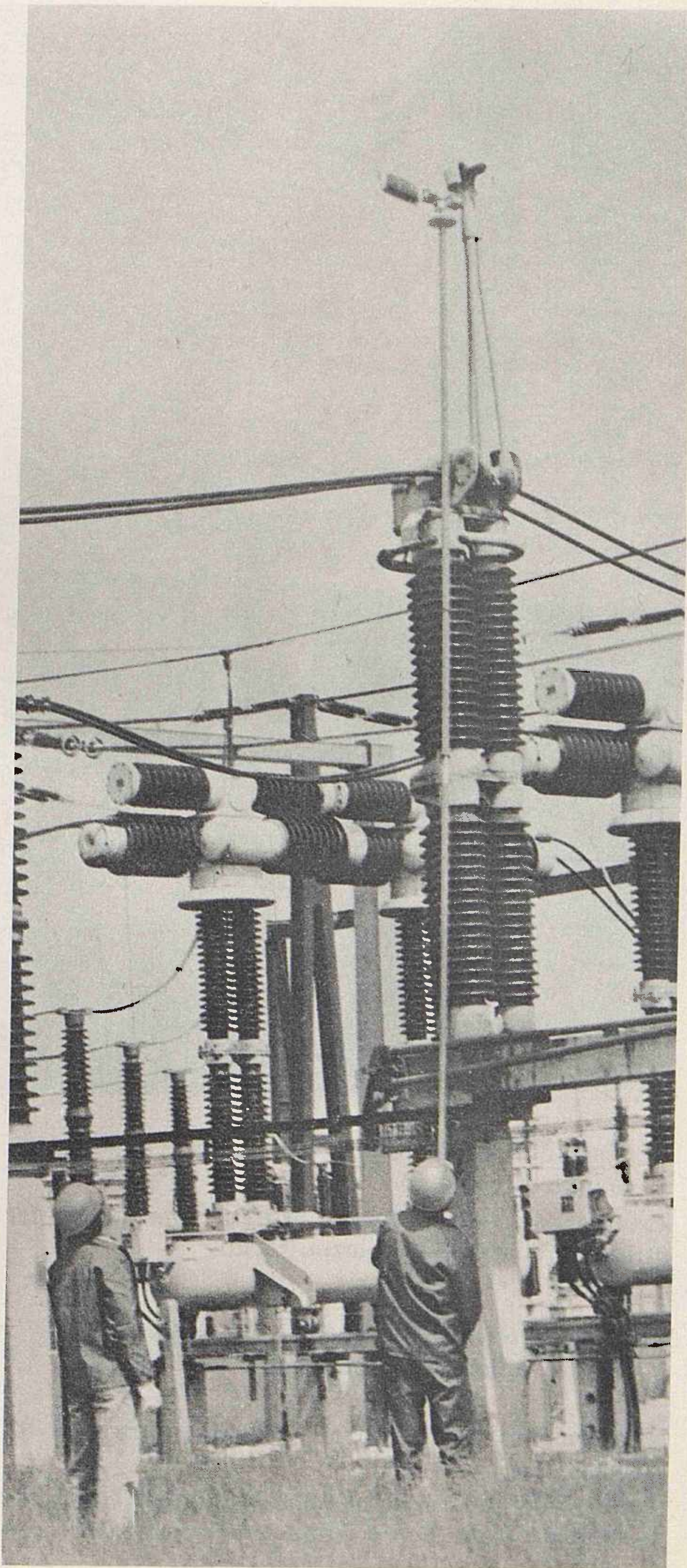
- čišćenje izolatora
- premazivanje izolatora odgovarajućim sredstvima
- čišćenje i premazivanje kontakata rastavljača
- montaža zaštitnih pregrada kod radova u blizini napona.

Na sl. 14. pokazana je operacija čišćenja i podmazivanja kontakata, a na sl. 15. postupak nanošenja silikonskog ulja na izolatore.

5.3. Kratki zaključci o radu pod naponom u mrežama visokog napona

U vezi s radovima u visokonaponskim mrežama bitno je ovo:

- Radovi se obavljaju po metodi »rad na potencijalu«
- Isklapanje pojedinih elemenata visokonaponske mreže može dovesti do poteškoća u sistemu i rezultirati ispadom većih područja. Takve prilike mogu nastupiti u našoj 400 kV mreži.
- Zbog toga se u nekim slučajevima s radom pod naponom započelo prvo u visokonaponskim mrežama.

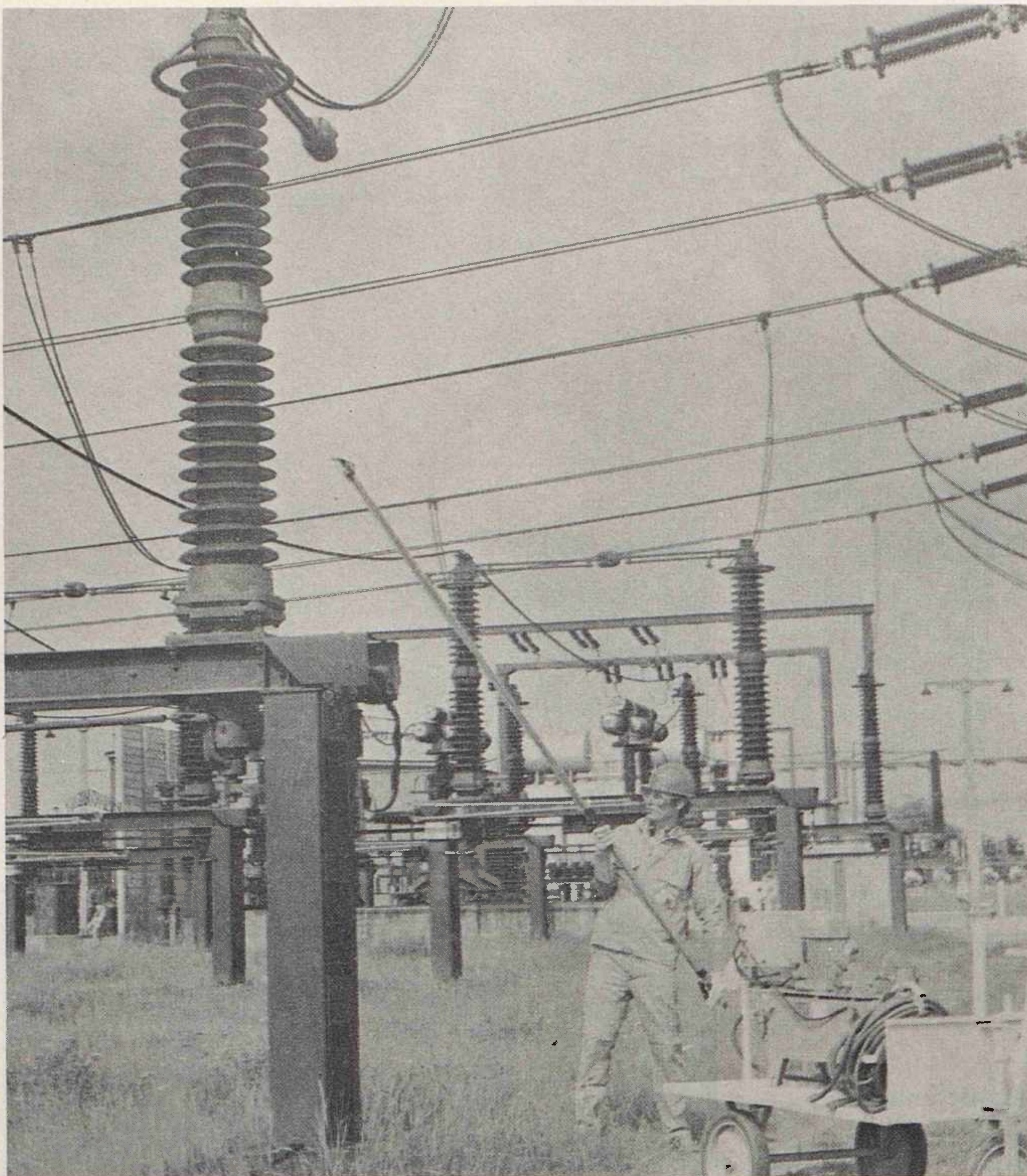


Slika 14. Čišćenje i podmazivanje kontakata

6. OSVRT NA UVJETE KOJE TREBA ISPUNITI (ZA RAD POD NAPONOM)

Da bi se radovi pod naponom mogli obavljati, nužno je da se ispune određeni uvjeti. To su prvom redu:

- uvjeti koji su definirani važećim propisima
- izbor i obuka



Slika 15. Nanošenje silikonskog ulja na izolatore

— izbor tehnologije rada te u vezi s time odgovarajućeg alata i opreme.

Zadržat ćemo nešto detaljnije na prvom uvjetu, jer propisi predstavljaju polaznu točku.

6.1. Propisi o tehničkim mjerama za pogon i održavanje elektroenergetskih postrojenja

Navest ćemo i komentirati relevantne članove tih propisa [L 9].

Čl. 5. 408. Radovi na elektroenergetskom vodu vrše se samo kada je vod isključen i obostrano uzemljen.

Čl. 5.410. Izuzetno od t. 5.408 ovih propisa radovi na elektroenergetskim vodovima pod naponom obavljaju se samo:

1. na vodovima nazivnog napona od 250 V prema zemlji kada to pismeno naredi stručna osoba određena od strane korisnika. Kod ovih radova moraju se primijeniti posebne mjere sigurnosti i mora se upotrijebiti odgovarajući alat.
2. Na vodovima nazivnog napona preko 250 V prema zemlji rad pod naponom mogu obavljati samo one radne organizacije koje za takav rad

imaju odobrenje nadležnog organa i koje rad vrše na osnovi internih propisa doneseni uz suglasnost tog organa.

Propisi, dakle, dozvoljavaju rad pod naponom, postavljajući za to dakako određene uvjete, i ti uvjeti za niskonaponske mreže nisu sporni. Druga situacija je za mreže napona iznad 250 V budući da u propisima nije eksplicitno navedeno pod čijom su nadležnosti radovi pod naponom (republički komitet za energetiku, elektroenergetski inspektorat, republički komitet za rad). S tim problemom suočila se Elektro distribucija Beograd i njegovo rješavanje potrajalo je dvije godine.

6.2. Granski standard elektroprivrede GSE-40/81

Granski standard elektroprivrede GSE-40/81 [L 10], koji je obavezan za sve OOUR-e elektroprivrede, nešto detaljnije propisuje uvjete za rad pod naponom, pa je svakako interesantno komentirati najvažnije odredbe.

Čl. 3.6.3. Rad pod naponom predstavlja povećanu opasnost za ljude i postrojenja, pa zahtijeva veći stupanj znanja, iskustva i odgovornosti radnika, izučenost i povećane psihofizičke sposobnosti.

Ova odredba je značajna jer iz pretpostavke o povećanoj opasnosti proizlazi automatski zahtjev za većom stručnošću, iskustvom i psihofizičkom sposobnošću. Ti se nalazi prema Zakonu o zaštiti na radu smatraju »poslovima s posebnim uvjetima rada« i za njih vrijede posebne odredbe [L 11].

Čl. 3.6.4. Radovi na dijelovima objekata koji su pod naponom iznad onih danih u točki 3.6.2. dozvoljeni su uz sljedeće uvjete:

- a) da je radni postupak utvrđen i provjeren;
- b) da postoje interna uputsva za svaku vrstu rada;
- c) da postoji odgovarajući izolacioni alat, zaštitna oprema i osobna zaštitna sredstva i drugo u skladu s izabranim sistemom rada pod naponom;
- d) da je radnik izobražen za obavljanje ovih poslova.

Ovdje su taksativno navedeni uvjeti koji moraju biti ispunjeni da bi se rad pod naponom smio obavljati. Pri tome su posebno značajne točke c i d. Naime, iz rada internih uputa zahtijeva dosta truda, a što se tiče zahtjeva pod c, smatramo da bi na nivou ZEOH-a trebalo odabrati jedinstveni sistem rada pod naponom i na osnovi toga izvršiti izbor alata, opreme i zaštitne opreme.

6.3. Izbor i obuka personala

Radnici se odabiru, naravno, iz postojeće radne snage, pri čemu se preporučuje da to budu mlađi kvalitetniji radnici s određenim radnim iskustvom. U smislu dosadašnjih razmatranja izabrani radnici moraju ispuniti uvjete koji se postavljaju na psihofizičke sposobnosti.

Treba istaknuti i to da su radnici koji rade pod naponom za taj rad posebno stimulirani.

Obuka se sastoji od teoretskog i praktičnog dijela. U okviru teoretskog dijela radnici se upoznaju s opasnostima rada pod naponom, zaštitnim mjerama, propisima i sl., a praktični dio sastoji se od uvježbavanja pojedinih operacija na modelima. Operacije se, dakako, izvode najprije u beznaponskom stanju, a nakon uvježbavanja modeli se stavljaju pod napon i radovi se izvode u realnim uvjetima. Radnici su, naravno, grupirani prema vrstama poslova koje inače obavljaju u svojoj radnoj organizaciji.

Stručnost nastavnog osoblja mora biti na zavidnom nivou, a pored teoretskog znanja bitno je i dugogodišnje praktično iskustvo. Obično elektroprivrede imaju jedno centralno učilište gdje se vrši obuka, usavršavaju nastavne metode, školuje se nastavni kadar i tako stvaraju uvjeti za dodatne trening-centre.

U pravilu se obuka prvih grupa radnika i instruktora vrši u suradnji s elektroprivredama koje već imaju iskustva i usvojenu tehnologiju. Tada suradnja uključuje obuku, isporuku opreme i upute za rad itd. Pošto se akumuliraju određena znanja i iskustvo, obuka novih kadrova obavlja se samostalno u odgovaraju-

ćim trening-centrima. Poligon, izgrađen obično unutar neke TS, sadrži sve elemente mreže na kojima se predviđa obavljanje radova. Smatramo da bi za cijelo područje ZEOH-a bio dovoljan jedan poligon za visokonaponske i srednjonaponske mreže i jedan poligon za niskonaponske mreže.

7. OSVRT NA EVROPSKU PRAKSU RADOVA POD NAPONOM

Rad pod naponom koji je do prije nekoliko godina bio iznimka, posebno na srednjem, visokom i vrlo visokom naponu, postaje sve više uobičajeni način rada. Ovdje ćemo prezentirati rezultate ankete o radu pod naponom koju je provela grupa stručnjaka UNIPEDA i udruženja nekih evropskih zemalja koji potvrđuju gornju konstataciju. No, prije nego što damo rezultate ankete moramo naglasiti ovo:

- Rezultati ankete preuzeti su iz (L 18) jer originalna publikacija nije bila dostupna
- Anketa je provedena 1980, ali se unatoč tome može dobiti uvid u rasprostranjenost radova pod naponom. Sasvim sigurno da je u razdoblju 1980-1985. došlo do daljnjeg prodora ovakve tehnologije.

U tablici 1. dan je popis zemalja i stanje radova pod naponom u njima iz kojeg se vidi da se takvi radovi vrše u većini zemalja Evrope. S obzirom na prethodne napomene taj broj je danas veći jer se radovi pod naponom sistematski uvode u Mađarskoj, pa danas već oko 60% distribucija ima opremu i školovane ekipe za rad pod naponom (L. 17), a čak su započeti i u Jugoslaviji (u ED Beograd), nadalje u tablici nedostaju podaci za DDR gdje se radi pod naponom već 14 godina itd.

Uz tablicu 1. vrijede ova objašnjenja:

- P1 — rad pod naponom dozvoljen je samo u slučaju opasnosti od požara, eksplozije ili ako su ugroženi životi ljudi;
- P4 — rad pod naponom od 42 do 500 V odobren je uz ograničenja a od 500 do 1000 V dozvoljen samo iznimno (VDE propisi);
- P5 — rad dozvoljen prema propisima Komiteta za rad pod naponom;
- P6 — rad pod naponom odobren i obavlja se prema propisima ministarstva rada;
- P7 — EdF ovlašten od ministarstva rada za sve akcije u toj domeni;
- P8 — osnovne smjernice rada pod naponom izradio je centralni ured elektroprivrede, a regionalne elektroprivrede razradile su detalje;
- P9 — rad pod naponom odobren posebnim zakonom;
- P11 — rad pod naponom odobren privremeno (pokusni rok);
- P13 — odobreno zakonom, ali se radovi još ne izvode;

Tablica 1. Stanje radova pod naponom u evropskim zemljama (1980)

R. br.	Zemlja	Član komisije	Radovi na			Opaska
			NN	SN	VN	
1.	Austrija	da	da	da	—	42-1000 V s ograničenjima, P1
2.	Belgija	—	—	—	—	—
3.	Švicarska	—	—	—	—	—
4.	SR Njemačka	da	da	—	—	42-500 V s ograničenjima, P4
5.	Danska	da	da	da	—	S odobrenjem komiteta za rad pod nap. P5
6.	Španjolska	da	da	da	da	S odobrenjem minis. rada, P6
7.	Francuska	da	da	da	da	S odobrenjem minis. rada, P7
8.	Vel. Britanija	da	da	da	da	Propis elektroprivrede, P8
9.	Grčka	da	da	da	—	Odobreno zakonom P9
10.	Mađarska	—	—	—	—	—
11.	Italija	da	da	—	—	Samo pokusno na n. n. P11
12.	Irska	da	da	da	—	U propisima za ispor. el. energ., P12
13.	Norveška	da	—	da	—	Odobreno zakonom, P13
14.	Nizozemska	—	—	—	—	—
15.	Portugal	da	da	—	—	Odobreno zakonom
16.	Poljska	—	—	—	—	—
17.	Švedska	da	da	da	da	Privremena dozvola elektroprivrede, P17
18.	Finska	—	—	—	—	—
19.	Turska	—	—	—	—	—
20.	Jugoslavija	—	—	—	—	—
	Suma	12	11	9	4	
		60 %	55 %	45 %	20 %	

P15 — odobreno zakonom, ali se radi samo na kabe-
lima do 1 kV;

P17 — radi se pod naponom na temelju privremene
dozvole nacionalnoj elektroprivredi.

Primjenjuju se uobičajene metode rada pod napo-
nom: na niskom naponu rad s direktnim dodirrom,
na srednjem naponu rad na udaljenosti i rad na
istom potencijalu na visokom naponu.

Sistem izobrazbe potrebnih kadrova različit je od
zemlje do zemlje, i to:

- u centrima za obrazovanje
- uz rad u poduzeću
- u posebnim odjelima za izobrazbu kadrova u po-
duzeću.

U pravilu program izobrazbe uvijek obuhvaća:

- dodatno teoretsko obrazovanje iz elektrotehnike i
mehanike
- propise iz zaštite na radu i radove pod naponom
- praktični rad na modelima mreža i postrojenja na
kojima će se kasnije raditi.

Pohađanje redovite škole, osposobljavanje na tečaje-
vima, trajanje dozvole za rad pod naponom i odobra-
vanje programa također su dosta različiti:

- U Austriji svaka 24 mjeseca treba se provjeravati
znanje:
- U SR Njemačkoj je trajanje školovanja, provjera
znanja itd. prepušteno zainteresiranim tvrtkama,
ali one snose i svu odgovornost.
- U Grčkoj rad pod naponom u niskonaponskim
mrežama ulazi u redovitu obuku učenika u privre-
di koja traje 3 godine. Elektromonteri koji nisu
učili rad pod naponom moraju završiti šestomje-
sečni tečaj.
- U Danskoj škola za rad na niskom naponu je u po-
jedinim firmama, a za rad na srednjem naponu
postoje posebni programi u redovitim školama.
- U Švedskoj obuka elektromontera na niskom na-
ponu i nekim radovima na srednjem naponu traje
10 dana.
- U Mađarskoj školovanje ekipa za rad pod napo-
nom u srednjonaponskim mrežama traje 2 mjese-

ca, a u niskonaponskim mrežama 1 mjesec (a osim toga obavezno je trodnevno školovanje za cjelokupni rukovodeći kadar, počam od direktora!).

— U Portugalu prvih 20 ekipa za rad na niskonaponskim kabelima osposobljeno je u 5 dana.

Prema podacima navedenim u tablici 2. vidi se da već 1980. godine otprilike 50.000 ljudi obavlja radove pod naponom i taj broj neprekidno raste. Razumljivo da je broj radnika na niskom naponu najveći i da je takav rad postao zapravo masovan posebno nakon uvođenja samonosivih kabelskih snopova.

8. ZAKLJUČCI I PREPORUKE

Iako su u članku iza nekih poglavlja već dani zaključci, prikladno je na kraju provesti sintezu i dati određene preporuke u kojem smjeru treba da se odvijaju buduće aktivnosti. U tom smislu možemo kazati sljedeće:

1. Rad pod naponom postaje danas nužnost jer se pogon mreže bez toga gotovo ne može zamisliti. U većini svjetskih elektroprivreda radovi pod naponom su uobičajena stvar, a broj poslova i, dakako, radnika neprekidno raste.
2. Razlozi za uvođenje radova pod naponom su veća sigurnost, koja je dokazana analizom statističke nesreća i ekonomska korist koja u nekim slučajevima može biti znatna.
3. Adekvatnom izobrazbom, korištenjem standardne opreme i alata rad pod naponom pruža veću sigurnost izvršiocima u odnosu na rad »bez napona« ili u rad blizini dijelova koji su pod naponom.
4. Za svaki naponski nivo dana je specifikacija radova koji bi se mogli obavljati.
- Vidimo da je opseg radova vrlo velik, što govori u prilog zahtjevu što skorijeg uvođenja ove nove tehnologije rada kod nas.

Tablica 2. Broj radnika osposobljenih za radove pod naponom (stanje 1980. godine)

R. br.	Zemlja	Niski napon	Srednji napon				Visoki napon				Ukupno
			monteri	poslovođe	inženjeri	ukupno	monteri	poslovođe	inženjeri	ukupno	
1.	Austrija	363	6	1	1	8					371
2.	Belgija										
3.	Švicarska										
4.	SR Njemačka	3 745									3 745
5.	Danska										
6.	Španjolska	1 727	259	45	30	334	7	1	1	9	2 070
7.	Francuska	26 800	110	235	74	419	40	17	6	63	27 282
8.	V. Britanija	9 500	600	700	100	1 400	6	1	6	13	10 913
9.	Grčka	4 500	27	8	24	59					4 559
10.	Mađarska										
11.	Italija										
12.	Irska	630	12			12					642
13.	Norverška		38	12	18	68					68
14.	Nizozemska										
15.	Portugal	40									40
16.	Poljska										
17.	Švedska	875								75	950
18.	Finska										
19.	Turska										
20.	Jugoslavija										
	Ukupno	48 180				2 300				160	50 640

5. Naši propisi dozvoljavaju rad pod naponom i ne postoje formalne zapreke za započinjanje takvog rada. Uvjeti koj pri tom treba ispuniti dani su u granskom standardu elektroprivrede GSE-40/81.
6. U smislu propisa rad pod naponom ubraja se u grupu poslova s posebnim uvjetima rada, pa su zbog toga propisani posebni dodatni uvjeti za izvršioce.
7. Radnici se odabiru iz postojeće kvalificirane radne snage poduzeća. Izabrani radnici moraju proći teoretsku i praktičnu izobrazbu, nakon čega se smatra da su osposobljeni za rad pod naponom. Potrebno je periodičko provjeravanja znanja.
8. Obično se izobrazba prvih grupa radnika i instruktora vrši u suradnji s elektroprivredama koje imaju iskustvo i razvijenu tehnologiju za rad pod naponom. Ta suradnja tada uključuje isporuku alata, opreme, uputa za rad i sl.
9. Pošto se akumuliraju određeno znanje i iskustvo, može se unutar ZEOH-a organizirati samostalna izobrazba potrebnih kadrova. U tu svrhu trebalo bi izgraditi poligone koji bi mogli poslužiti i za osposobljavanje radnika za rad na siguran način. U obrazovni ciklus trebalo bi nužno uključiti stručnjake Instituta, fakulteta i elektroprivrede.
10. U domaćoj industriji postoji određen broj proizvođača neophodnih za rad pod naponom. To, daka-ko, nije ni izdaleka sve što je potrebno, ali i ti začeci ohrabruju. Da bi industrija mogla racionalno proizvesti svu potrebnu opremu, nužno je da se, barem za cijelo područje ZEOH-a, odabere jedinstvena tehnologija i oprema.
11. U visokonaponskom laboratoriju Instituta za elektroprivredu, s obzirom na to da je za te svrhe vrlo dobro i moderno opremljen, može se vršiti atestiranje i periodična kontrola opreme za rad pod naponom, te osim toga razvojna ispitivanja opreme domaćih proizvođača.
12. Osim prikaza stanja o radu pod naponom osnovni smisao članka je da bude poticaj za početak koordinirane aktivnosti uvođenja radova pod naponom u distributivnim i prijenosnim organizacijama ZEOH-a. U tom smislu preporučujemo sljedeće:
 - izvršiti izbor jedinstvene tehnologije i isporučioća opreme
 - izraditi plan izobrazbe kadrova
 - izraditi idejni projekt poligona za rad u niskonaponskim mrežama, te poligona za rad u srednjonaponskim i visokonaponskim mrežama
 - formirati komisiju ZEOH-a za radove pod naponom kao posebno tijelo ili u okviru postojeće Komisije za zaštitu na radu. Zadatak te komisije bio bi koordinacija svih aktivnosti u vezi s radovima pod naponom.

LITERATURA

- [1] B. FILIPOVĆ »Rad pod naponom«, studija IE Zagreb, 1985.
- [2] J. MILIĆ, K. BARAC: »Pristup radu pod naponom u Elektrodistribuciji Beograd«, XVII CIGRÉ Struga, 1985.
- [3] H. EGYPTIEN: »Spezielle sicherheitstechnische Probleme beim Arbeiten an elektrischen Anlagen unter besonderer Berücksichtigung ausländischer Erfahrungen und Methoden«, Berufsgenoss./Betriebsich. 1973.
- [4] E. STEINBAUER: »Elektrounfälle in der österreichischen Elektrizitätswirtschaft, Analyse der Jahre 1964 bis 1975« ÖZE, 1975. H5.
- [5] D. UMLAUFT: »Elektrische Betriebsunfälle in der österreichischen Elektrizitätsversorgungsunternehmen in Jahre 1976. — 1984.« ÖZE, (1976.-1984.)
- [6] D. KIEBACK: »Elektrische Unfälle beim Arbeiten an unter Spannung stehenden Teilen« EW, Jg. 79 (1980) H2.
- [7] K. SCHREIBER: »Beispiele für das Arbeiten unter Spannung«, EW Jg. 79 (1980), H2.
- [8] Katalozi firmi »VE Kombinat Verbundentze Energie« »K. Pfisterer«, »Smjel«, »Mehanika«
- [9] Propisi o tehničkim mjerama za pogon i održavanje elektroenergetskih postrojenja, Sl. list SFRJ 19/68
- [10] GSE-40/81 Pravila i mjere sigurnosti pri radu na elektroenergetskim objektima, Beograd, 1982.
- [11] Zakon o zaštiti na radu, NN br. 19, 1983.
- [12] Pravilnik o obavljanju poslova za utvrđivanje sposobnosti radnika za obavljanje poslova s posebnim uvjetima rada u pogledu zdravstvenog stanja i psihofizičke sposobnosti, NN br. 2/77
- [13] E. GORENFLO: »Voraussetzungen und Gründe für Arbeiten unter Spannung«, EW Jg. 74 (1975), H4.
- [14] H. W. BINDER: »Arbeiten unter Spannung im Niederspannungs Freileitungsnetz«, EW Jg. 74 (1975), H4.
- [15] N. PETRIC: »Smjernice za izvođenje radova pod naponom«
- [16] F. KOVACS, A. SZABO: »Arbeiten unter spannung an den Mittelspannungs freileitungsnetzen in Ungarn«, ÖZE 1983.
- [17] B. MRAKOVČIĆ: »Rad pod naponom«, Energija br. 11-12. 1980.
- [18] L. FORBIGER: »Die Einführung des »Arbeiters unter Spannung« in den Anlagen der VVB Energieversorgung«, Energietechnik Jg. 25. H8.
- [19] K. SPIESS: »Voraussetzungen für die Durchführung von Arbeiten unter Spannung«, Energie-technik Jg. 25. H8.

REVIEW OF WORK PROBLEMS IN HIGH VOLTAGE FIELD

In the article are described possibilities for work in high voltage field. A review of issued standards is given and suggested are measures for protection during work on high voltage network of electric utility.

UBER DIE PROBLEMATIK DES ARBEITENS UNTER SPANNUNG

Im Artikel werden die Möglichkeiten des Arbeitens unter Spannung geschildert. Es wurde ein Überblick der gegenwärtigen Vorschriften gegeben, sowie die vorgeschlagenen Aktivitäten welche das Arbeiten unter Spannung auf den Netzen ZEOH betreffen.

БЕГЛЫЙ ОБЗОР ПРОБЛЕМАТИКИ РАБОТ ПОД НАПРЯЖЕНИЕМ

В статье показана возможность выполнения работ под напряжением. Приводится беглый обзор существующих правил и предлагаются действия, необходимые для внедрения работ под напряжением в сетях Объединения энергетических обществ Хорватии.

Naslov pisaca:

mr Božidar Filipović-Grčić, dipl.
inž. dr Ivo Hrs, dipl. inž.
Institut za elektroprivredu 41000
Zagreb, Proleterskih b. 37
Jugoslavija

Uredništvo primilo rukopis
1985-11-27

TPK

INDUSTRIJA TERMOENERGETSKIH POSTROJENJA,
PROCESNE OPREME I KOTLOVA s n. sol. o. OOUR-a,
ZAGREB



Telefon: (041) 216-666

* Telegram: TEPEKA — Zagreb

* Telex: 21-319 YU TPK ZG

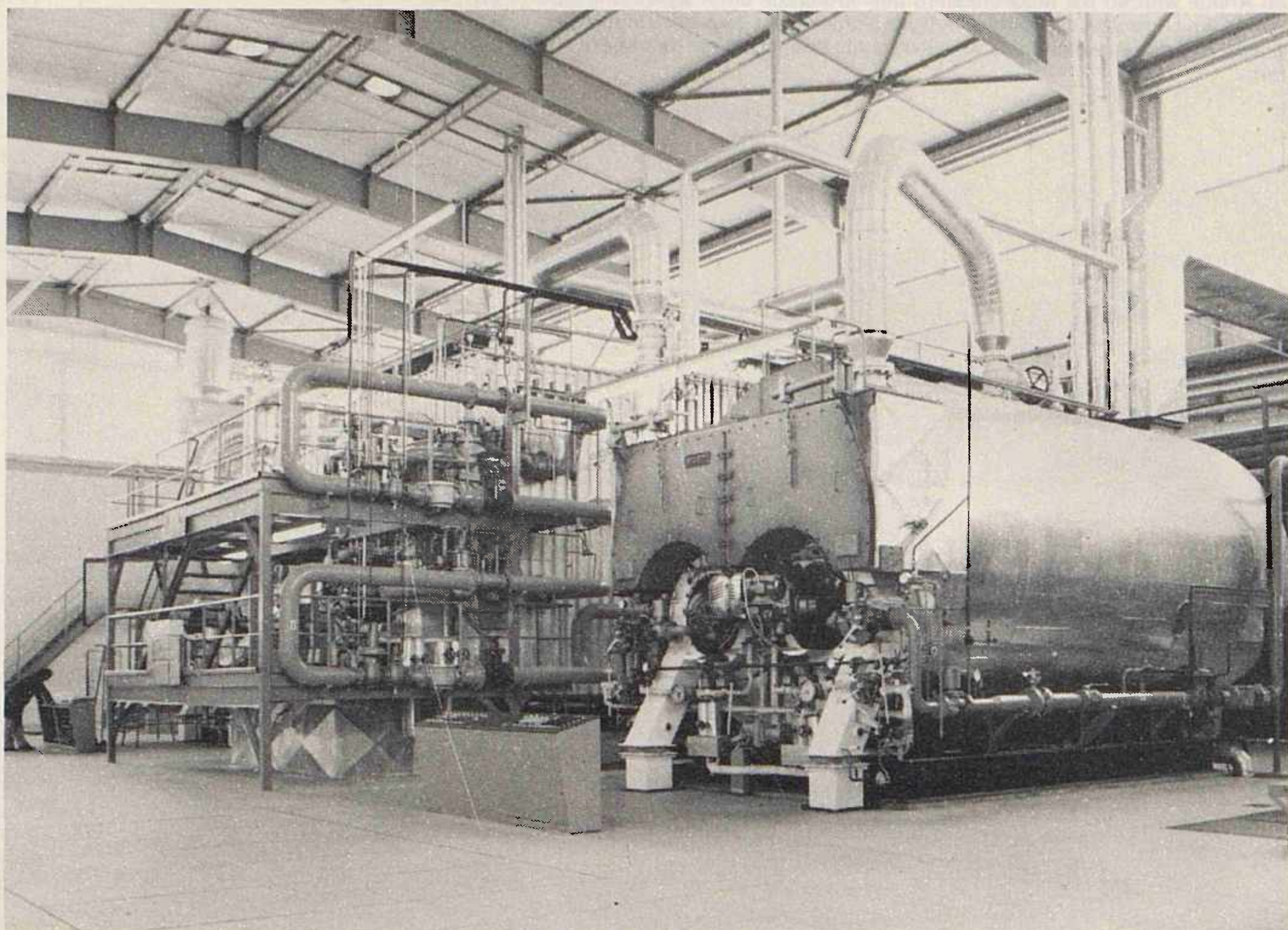
Projektira

Proizvodi

Konstruira

Montira

Izvodi



STACIONARNE KOTLOVE

po vlastitoj dokumentaciji i u suradnji do najvećih učina, tlakova i temperatura pare ili vode: za centralna grijanja • za daljinska grijanja • za tehnološke procese • za pogon parostrojova • za baznu energetiku

BRODSKE KOTLOVE

po vlastitoj dokumentaciji i po licenci: glavne: • pomoćne: na naftu, na ispušne plinove, kompozitne itd.

ELEMENTE KOTLOVA

bubnjeve • cijevne sisteme • zagrijače vode • zagrijače zraka • pregrijače pare • čelične konstrukcije itd.

OPREMU KOTLOVNICA

uređaje za kemijsku pripremu vode • uređaje za toplinsku pripremu vode • cjevovode • hladnjake pare • spremnike goriva • razne posude pod tlakom • prečistače dimnih plinova • limene dimnjake • uređaje za transport goriva itd.

UREĐAJE ZA LOŽENJE

nepokretne roštilje • pokretne roštilje • mlinska ložišta • plinska ložišta • pneumatska ložišta • ložišta za drvenu piljevinu i otpatke • ložišta za ulja • ložišta za plin • drobilice i izbacivače šljake itd.

OPREMU ZA PROCESNU INDUSTRIJU

za petrokemijsku industriju • za farmaceutsku industriju • za prehrambenu industriju • za industriju građevinskog materijala • za metalurgiju itd.

BRODSKU OPREMU

spremnike • bojlere • hidrofore • rashladnike • zagrijače itd.

ARMATURE

ventile ravne, kose i kutne: zaporne, zapornoodbojne, odbojne, regulacione, sigurnosne • hvatala nečistoće • glave za napajanje • termodinamička odvajala kondenzata • kondezne lonce • vodokaze • regulatore vodostaja • ispusne pipce • slavine • prirubnice za navarivanje itd.

ELEMENTE ENERGETSKIH UREĐAJA

posude pod tlakom • izmjenjivače topline • razne spremnike • podnice itd.

OPREMU ZA TEHNOLOŠKE PROCESSE

za zagrijavanje i toplinske obrade • za transport limova, profila i cijevi • pomoćnu za zavarivanje • za uvaljavanje cijevi itd.

PRIBORE

za pogonska ispitivanja vode • za utvrđivanje kvalitete radiograma • za toplinska mjerenja itd.

SERVISIRANJE ENERGETSKIH POSTROJENJA

REKONSTRUKCIJE ENERGETSKIH POSTROJENJA

LABORATORIJSKA ISPITIVANJA

defektoskopska • kemijska • metalografska • mehanička itd.

ATESTACIJU ZAVARIVAČA

RAZVOJNA ZNANSTVENA ISTRAŽIVANJA

PRIKAZ UPOTREBE MIKRORAČUNALA ZX SPECTRUM ZA TEHNIČKE PRORAČUNE

UDK 681.3:621

STRUČNI RAD

1. Uvod

Osnovna je svrha ovog članka da pokaže mogućnost upotrebe mikroračunala za tehničke proračune. Programi za izračunavanje provjesa na zračnim vodovima i snage kratkog spoja poznati su otprije, ali je novost da se takvi problemi mogu rješavati uz pomoć najjednostavnijeg kućnog mikroračunala koje se kod nas može nabaviti i vrlo jednostavnog programskog jezika. Ovdje se radi o računalu ZX Spectrum skromne memorije od 16 kB, koje posjeduju sve malo bolje opremljene srednje i neke osnovne škole i čija je cijena jednaka cijeni boljeg kalkulatora. Programi su pisani na programskom jeziku BASIC. To je jezik koji su savladali svi informatičari u srednjoj školi, a i amateri za svoje: osim računala potreban je običan kasetofon za snimanje programa i ekran televizora za prikaz rezultata.

2. Opis programa

Bit će opisana sljedeća dva programa koji služe za izračunavanje:

- provjesa vodiča zračnog voda
- snage kratkog spoja.

2.1. Program za izračunavanje provjesa vodiča zračnih vodova

Zajedno s programom u memoriju računala se učitavaju svi nepromjenjivi podaci o vodičima (stvarni prosjek, težina vodiča, modul elastičnosti i slično). Ostale ulazne podatke je potrebno upisati pomoću tastature, a to su:

- nazivni presjek vodiča
- raspon
- faktor dodatnog tereta
- najveće normalno radno naprezanje.

Jednadžbu stanja računalo proračunava korak po korak, pa je moguće birati veću ili manju točnost, a o tome ovisi i brzina kojom se dolazi do rješenja. Za ilustraciju ispisa rezultata u tablici 1. prepisan je dio ekrana televizora pošto je proračun završen. To je dio tablice provjesa za vodič Al-č 25 mm 2, raspon 75 m, faktor dodatnog tereta 1 i najveće normalno radno naprezanje od 90 N/mm².

Tablica 1.

Nazivna temperatura (°C)	Računska temperatura (°C)	Sila (N)	Provjes (M)
-20	-19,97	36,9	0,65
-19	-18,97	36,1	0,66
-18	-17,94	35,3	0,68
-17	-16,87	34,5	0,69
-16	-15,91	33,8	0,71
-15	-14,91	33,1	0,72
-14	-13,87	32,4	0,74

Iz tablice se vidi da se računska i nazivna temperatura razlikuju za oko 1%. Za ovu točnost računalu je bilo potrebno oko tri minute rada, ali se točnost može po volji povećati. Uz pomoć štampača rezultati bi se mogli dobiti u još praktičnijem obliku.

2.2. Program za izračunavanje snage kratkog spoja

Program za izračunavanje provjesa je univanzalan jer se može primijeniti na sve presjeke i raspone. Program za izračunavanje snage kratkog spoja prilagođen je postrojenju »Elektre« Bjelovar. Podaci koji se unose preko tastature su sljedeći:

- snaga kratkog spoja postrojenja 110 kV
- broj i snaga transformatora 110/35, 35/10 i 10/0,4 kV
- vrsta, presjek i duljina vodova 35,10 i 0,4 kV.

Podaci o naponima kratkog spoja za transformatore i o impedancijama za vodove učitavaju se zajedno s programom. Upis potrebnih podataka vrlo je jednostavan — treba upisati samo osnovne karakteristike transformatora i vodova od mreže 110 kV pa do mjesta za koje želimo snagu kratkog spoja. Vodovi mogu imati više različitih dionica, a transformatori ne moraju biti iste snage. Rezultat se ispisuje tako da se vidi popis svih transformatora i vodova po dionicama do mjesta kratkog spoja i na kraju tražena snaga. Rezultat se ispisuje tako da se vidi popis svih transformatora i vodova po dionicama do mjesta kratkog spoja i na kraju tražena snaga. Rezultati ovog proračuna trenutno se ispisuju na ekran.

3. Zaključak

Na isti jednostavan način mogu se napraviti i drugi slični programi, na primjer za proračun pada napona, za izračunavanje gubitaka u vodovima i transformatorima itd. Moguće je, dakle, dobiti velik broj podataka potrebnih u svakodnevnom radu inženjera i tehničara elektrostruke.

4. Literatura

- Hrvoje Požar: »Visokonaponska rasklopna postrojenja«, Zagreb 1973.
Dragutin Kaiser: »Elektrotehnički priručnik«, Zagreb 1971.
Steven Vickers: »ZX Spectrum Programmierung«, München 1982.

Željko Crnogorac, dipl. inž.
Marijan Mikac, dipl. inž.
»Elektra« Bjelovar
43000 Bjelovar
Matošev trg 4

VIJESTI IZ ELEKTROPRIVREDE

IZGRAĐENA DRUGA ETAPA TE OBRENOVAC

Završeni su svi radovi na izgradnji termoelektrane »Obrenovac Blok 2« i u povodu proslave Dana Republike ona je u studenom prošle godine puštena u rad.

Termoelektrana »Obrenovac Blok 2« raspolagat će s dva agregata, snage po 620 MW. S izgrađenom drugom etapom TE Obrenovac imat će osam agregata, ukupne instalirane snage 2.900 MW. Danas je to najveći elektroenergetski objekt u zemlji. Glavni dio opreme isporučili su domaći proizvođači, a iz uvoza je nabavljen onaj dio opreme koji ne proizvodi naša elektroindustrija i strojogradnja.

Treba istaknuti da je izgradnja druge etape TE »Obrenovac Blok 2« završena sedam mjeseci prije roka. Dobrom organizacijom investitori i izvođači radova na svim objektima mnogo su pridonijeli skraćenju roka izgradnje.

Skupština Zajednice jugoslavenske elektroprivrede na sjednici 12. prosinca prošle godine odlučila je da se oda posebno priznanje termoelektrani »Obrenovac Blok 2« i svim organizacijama udruženog rada koje su sudjelovale u njenom podizanju. Posebno treba istaknuti da kilovatsati električne energije iz ovog bloka daju značajan doprinos radu našeg elektroenergetskog sustava.

I. R.

SR HRVATSKA

RAZVOJ ENERGETIKE ZA 1986.

Opće udruženje energetike koje djeluje u sastavu privredne komore Hrvatske usmjerit će svoj rad na ostvarenju Programa razvoja energetike u Hrvatskoj za 1986. godinu.

U 1986. godini jedan je od osnovnih zadataka pristupiti realizaciji koncepcije razvoja za razdoblje od 1986. do 1990. godine, tj. započeti s realizacijom pripremljenih programa i pripremiti realizaciju drugih programa, te pristupiti zaključivanju odgovarajućih samoupravnih sporazuma za ostvarenje programa razvoja. Polazeći od toga, Opće udruženje energetike poduzimat će mjere i aktivnosti za realizaciju navedenog programa, i to tako da će uspostaviti suradnju sa svojim članicama i nadležnim organima.

Udruženje energetike Hrvatske temeljito će izvještavati o ostvarenju elektroenergetskih bilanci (saveznoj i republičkoj) i informirati nadležne organe o energetskej problematiki, predlagati rješenja za uklanjanje nastalih teškoća u opskrbi, poticati, na razini zemlje, proizvodnji električne energije, ugljena, nafte i drugih energenata. Posebno će se pratiti program izdvajanja i prikupljanja sredstava za otvaranje novih i modernizaciju postojećih rudnika ugljena i eksploatacionih polja nafte i plina.

Budući da je osiguranje dovoljnih količina energije za planirani rast proizvodnje i izvoza prioritetan zadatak u 1986. godini, to će Opće udruženje energetike u suradnji sa svojim članicama i nadležnim organima raditi na:

- postizanju maksimalno moguće proizvodnje nafte i plina, te osigurati stabilnu opskrbu derivatima nafte i plina i

- maksimalnom korištenju postojećih elektroenergetskih kapaciteta i osiguravanju nužnog kontinuiteta u izgradnji kapaciteta za proizvodnju i prijenos električne energije.

Radi rješavanja postojećih problema na području energetike potrebno je utvrditi odnose cijena u energetici, politikom cijena poboljšati položaj elektroprivrede i osigurati elektroprivredi elektroenergetskom bilancom potrebne količine mazuta i plina radi uredne opskrbe potrošača električnom energijom.

Štednja i racionalna potrošnja

Poticat će se i podržavati štednja energije kod svih kategorija potrošnje. Opće udruženje energetike u zajednici sa svojim članicama posebno će podržati akciju Privredne komore Jugoslavije i republičkih odnosno pokrajinskih privrednih komora na razvoju osnova i mjerila (standarda) troškova i potrošnje za pojedine energente.

Opće udružene energetike sudjelovat će u suradnji s republičkim komitetom za energetiku, industriju, rudarstvo i zanatstvo i organizacijama udruženog rada u postupnoj orijentaciji proizvodnih kapaciteta s tekućih goriva na kruta svuda gdje je to tehnološki moguće i ekonomski opravdano, vodeći brigu i o zaštiti čovjekove okoline.

Također će se u turističkim i drugim objektima, opet gdje je to moguće i ekonomski opravdano, poticati primjene solarne i geotermalne energije.

Radi postizanja što racionalnije primjene i potrošnje prirodnog plina, kao i discipline i štednje u potrošnji za svakog potrošača, utvrdit će se opći uvjeti prodaje prirodnog plina, kao i način formiranja cijena i tarife za njegovu prodaju.

U narednom razdoblju nameće se kao nužnost donošenje zakona o energetici. Tim zakonom treba utvrditi jedinstvenu energetske politiku i osigurati ujednačen tretman svih energetske djelatnosti. Osim toga, ovim zakonom treba regulirati i opskrbu energijom i veću međuovisnost u planiranju razvoja energetike te utvrditi pravnu podlogu za donošenje energetske bilance u SR Hrvatskoj i za poduzimanje mjera za racionalno korištenje energije i za izdavanje energetske suglasnosti.

Zadatak udruženja energetike je rad na stvaranju uvjeta za poslovanje elektroprivrednih organizacija Hrvatske bez gubitaka. Jedan od osnovnih problema s kojima se susreće elektroprivreda u ostvarenju tekuće i proširene reprodukcije jest poslovanje s gubitkom. Radi stvaranja uvjeta za poslovanje elektroprivrednih organizacija Hrvatske bez gubitaka potrebno je donijeti u 1986. godini odgovarajuće mjere. Za realizaciju Programa rada Općeg udruženja energetike za 1986. godinu uključeni su: Privredna komora Hrvatska, Zajednica elektroprivrednih organizacija Hrvatske, Poslovna zajednica za ugljen i dr.

I. R.

ENERGETSKO KORIŠTENJE RJEČINE

Krški vodotok rijeke Rječine, duljine 18 km i s ukupnim padom od izvora do ušća u more, vrijedan je energetskei poten-

cijal. Tehničko rješenje energetskog iskorištenja Rječine sastoji se od dvije stepenice: gornje i donje. Danas se iskorištava samo donja stepenica u HE Rijeka, instalirane snage 36 MW. Za iskorištenje gornje stepenice gradit će se HE Valići.

RO elektroprivreda Rijeka povjerila je izradu investicionog programa stručnjacima »Elektroprojekta« iz Zagreba.

Po investicionom projektu predviđa se gradnja akumulacije Zoretići za potreba buduće HE Valići. Akumulacija Zoretići zaprema prostor od izvora Rječine do sela Zoretići i potapa selo Kuljani.

Korisni volumen akumulacije iznosio bi oko 15,5 milijuna m³, a iskorištenje srednjegodišnjeg dotoka iznosi oko 99,5 posto.

HE Valići je derivaciono-tlačno postrojenje s dovodnim tunelom duljine 4200 metara. U strojarnici je predviđena jedna Francisova turbina 18 MW, srednjeg neto pada 80 metara, i s godišnjom proizvodnjom oko 45 GWh električne energije. Postrojenje će biti spojeno dalekovodom 110 kV za transformatorsku stanicu Rijeka i opremljeno za automatski rad u sustavu daljinskog upravljanja.

Hidroelektrana Valići imat će dvonamjensko korištenje — za proizvodnju električne energije i za opskrbu područja Rijeke vodom. Reviziona komisija Elektroprivrede Hrvatske prihvatila je idejno rješenje ove hidroelektrane uz izvjesne nadopune.

I. R.

TE UGLJEVIK 1 U REDOVNOJ PROIZVODNJI

Novosagrađena termoelektrana »Ugljevik 1« puštena je krajem studenog prošle godine u redovnu proizvodnju nakon provođenja svih testova. TE »Ugljevik 1«, instalirane snage 300 MW s godišnjom proizvodnjom 1,65 milijardi kWh električne energije, zajedno s novim rudnikom lignita »Bogutovo selo«, kapaciteta 1,75 milijuna tona godišnje, vrlo su vrijedni energetski objekti. Za izgradnju tih dvaju objekata uloženo je 40 milijardi dinara. Dvije trećine sredstava uložila je elektroprivreda Bosne i Hercegovine, a jednu Slovenija. U tom omjeru koristit će se i električna energija u idućih 25 godina. To je do sada u nas i jedinstven primjer sporazumijevanja i zajedničkog ulaganja gdje je kupoprodajni odnos zamijenjen dohodovnim.

Na svečanosti u povodu puštanja u rad TE »Ugljevik 1« uz pristutnost velikog broja radnih ljudi i građana te delegacija SR BiH i Slovenije, položen je kamen temeljac za »Ugljevik 2«. Za izgradnju druge termoelektrane uložiti će se 80 milijardi dinara. TE »Uglevik 2« bit će završena potkraj 1989. godine. Iz SSSR-a je nabavljen dio opreme, a za drugu fazu već je izgrađen dimnjak visok 310 metara, razvodna postrojenja i rezervoar za vodu.

I. R.

PLINSKO POLJE MOLVE 2 U PROIZVODNJI

Najveće plinsko polje u Hrvatskoj i Jugoslaviji »Molve 2« pušteno je u proizvodnju 18. prosinca 1985. Predsjednica Saveznog izvršnog vijeća Milka Planinc na svečan način pustila ga je u rad. Polje se nalazi u Podravini, nedaleko od Đurdevca. Svečanosti su prisustvovali predstavnici društveno-političkih organizacija, Jugoslavenske narodne armije, te predsjednik Izvršnog vijeća Sabora inž. Ante Marković, Predsjednik Saveznog komiteta za energiju inž. Rade Pavlović i dr.

Polje »Molve 2« proizvodit će oko 3 milijuna m³ prirodnog plina na dan tako da će godišnja proizvodnja iznositi oko milijardu m³ plina. Ta proizvodnja znači veliku dobit za potrošače široke potrošnje, a posebno za potrebe Tvornice umjetnih gnojiva u Kutini. Izgradnja toga plinskog polja, koje je otkriveno 1974. godine, prilično je dugo trajala. Za to ima više razloga.

Osim što je najbogatije, to je ujedno i najsloženije polje ne samo u nas, nego i u svijetu. U plinskim slojevima vladaju ekstremno visoki tlakovi (oko 50,0 MPa) i temperature 200°C). Nadalje, u smjesi plina ima i ugljik-dioksida i sumporovodika. Zbog takvog sastava plina kod izgradnje »Molve 2« morala se koristiti specijalna bušotinska oprema koja je otporna na djelovanje spomenutih korozivnih medija. Posebno je sagrađeno postrojenje za izdvajanje ugljik-dioksida i sumporovodika iz plina. Za izvedbene radove morala se nabaviti iz uvoza vrlo složena oprema koja se ne proizvodi u našoj zemlji.

Nakon osiguranja potrebnih deviznih sredstava za nabavu uvozne opreme, radovi su krenuli ubrzano. Dobra organizacija stručnjaka investitora INA-Naftaplina mnogo je pridonijela da se svi radovi završe u toku 1985. godine.

Za izgradnju plinskog polja »Molve 2«, u koju je uključena i gradnja postojenja za pročišćavanje plina, bušenje i opremanje bušotina, utrošeno je oko 100 milijuna dolara. Ako uzmemo da će godišnja proizvodnja ovog plinskog polja po svjetskim cijenama vrijedi oko 200 milijuna dolara, može se zaključiti da su investicije za Molve i te kako opravdane.

I. R.

NOVE TRANSFORMATORSKE STANICE 110/35 kV

U Plan izgradnje elektroenergetskih objekata proizvodnje, prijenosa i distribucije za razdoblje od 1981. do 1985. uvrštena je gradnja TS Delnice 110/35 i TS »Željezara 1 — Sisak« 110/35. Gradnja tih prijenosnih objekata počela je u toku 1985. godine, pa će oni biti završeni u ovoj godini.

Na TS Delnice 110/5 kV završeni su građevni radovi na nekoliko objekata, a upravo se radi na montažnim poslovima elektrouređaja i metalnih konstrukcija. U pogonskoj zgradi smjestit će se postrojenje 35 kV, pomoćni uređaji i uređaji upravljanja 110 kV postojenja. Izvode se i montažni radovi. Glavni dio opreme isporučit će tvornica »Rade Končar« Radovi na gradnji TS »Željezara 1 — Sisak« 110/35 kV, koji su započeti u travnju 1985, dobro napreduju. Posve su završeni građevni radovi, a u toku je motaža.

Izgradnja transformatorske stanice »Željezara 1 — Sisak« 110/35 kV planirana je u više etapa. Predviđeno je da dovršenje prve etape bude u pogonu u četvrtom tromjesečju 1986. godine. U prvoj etapi izvode se u postrojenju 110 kV dva transformatorska polja 110/35/6 kV, snage 63 MVA, dva dalekovodna polja dvostruke cijevne sabirnice preko 7 polja i po jedno mjerno polje u svakom sistemu sabirnica. U postrojenju 35 kV izvode se dvostruke sabirnice preko 18 polja i jednostruke sabirnice preko 10 polja. Glavni dio opreme za ovu transformatorsku stanicu isporučit će domaći proizvođači, a iz uvoza će se nabaviti uređaji za mjerenje, zaštitu i telekomunikaciju.

I. R.

U 1986. PREKO 81 MILIJARDA kWh

Plan proizvodnje električne energije u SFR Jugoslaviji za 1986. godinu iznosi 81,385 milijardi kWh, što čini povećanje 6,5 posto u odnosu na prošlogodišnju proizvodnju.

U hidroelektranama na bazi 70 posto godišnje vjerojatnoće dotoka vode predviđena je proizvodnja 26 milijardi kWh. Najveći dio proizvodnje od oko 58,8 milijardi kWh otpada na termoelektrane na ugljen, te termoelektrane na tekuće i plinskog gorivo. Nuklearna elektrana Krško ostvarit će proizvodnju oko 4 milijarde kWh, a industrijske elektrane 3 milijarde kWh.

Povećanje proizvodnje električne energije u udruženim elektranama zasniva se na proizvodnji novih termoelektrana na ugljen koje su ušle u pogon 1985. godine — TE Ugljevik i TE »Nikola Tesla«, »Obrenovac, Blog 2« povećanje kosovskih termoelektrana, kao i termoelektrana na tekuće gorivo.

Da bi se ostvarila planirana proizvodnja električne energije u termoelektranama i nuklearnoj elektrani, potrebno je osigurati:

- 62,2 milijuna tona ugljena
- 851 000 tekućeg goriva, od čega 468 000 tona za proizvodnju električne energije, 229 000 tona za proizvodnju toplotne energije i 155 000 tona za potpalu i podršku vatre u kotlovima termoelektrana na ugljen
- 751 milijun m³ plina.

Za rad NE Krško treba osigurati 22,5 tona obogaćenog urana UO₂.

I. R.

PROIZVODNJA TERMoeLEKTRANA U SR HRVATSKOJ

U razdoblju od siječnja do studenog 1985. godine termoelektrane u SR Hrvatskoj ostvarile su proizvodnju od 3 721 GWh električne energije, što je 17% iznad plana. Najbolje rezultate ostvarile su TE Plomin (106%), TE Rijeka (106,5%) i TE Sisak. TE Rijeka koristila je uz tekuće gorivo i koksni plin iz koksare Bakar u količini 19,5 M m³.

Ispod plana iskazale su proizvodnju TE — TO Zagreb I, TE — TO Zagreb II i EL — TO Zagreb.

Povećanju proizvodnje pridonijele su i KTE Jertovec i PTE Osijek, koje su bile povremeno u pogonu, a kao gorivo koristili su zemni plin. Nuklearna elektrana je u jedanaest mjesecom razdoblju isporučila elektroenergetskom sustavu Hrvatske 1 788 GWh električne energije, a to je oko 7,5% više od planiranih isporuka.

Za razdoblje od siječnja do studenoga isporuke električne energije iz termoelektrana izgrađenih u drugim republikama inose 2 884 GWh i bile su manje od planiranih za 273,3 GWh. Uzrok tome su kvar na TE Gacko, te jednostrana odluka Elektroprivrede BiH da isporuku električne energije TE Tuzla IV veže za rad objekta, a ne za elektroenergetski sustav BiH, kako je to ugovorm predviđeno.

I. R.

GRADNJA TE KAKANJ 5

U programu izgradnje elektroenergetskih objekata na području Elektroprivrede SR Bosne i Hercegovine predviđena je gradnja sedmog bloka termoelektrane Kakanj. To je peta faza ovog velikog i važnog elektroenergetskog objekta. Termoelektrana Kakanj 5 imat će instaliranu snagu 230 MW, a koristit će ugljen iz površinskog kopa, nalazišta Vrtliše čije su rezerve procijenjene na oko 67 milijuna tona kvalitetnog mrkog ugljena. Za potrebe TE Kakanj 5-godišnja potrošnja goriva iznositi će 2,4 milijuna tona, toplinske vrijednosti između 10,5 i 14,6 MJ/kg, a predviđa se da godišnja proizvodnja iznosi oko tri milijarde kWh električne energije.

Radovi na izgradnji pete faze, kao i ugljenokopa, izvode se intenzivno. U toku je ugovaranje za kupnju opreme od domaćih proizvođača, koji još potpuno nisu završeni, dok je gotovo sva uvozna oprema na gradilištu. Uz glavnu pogonsku zgradu gradi se veliki dimnjak, a u strojarnici otpočeli su montažni radovi pojedinim uređaja.

I. R.

IZ STRANE STRUČNE LITERATURE

KORIŠĆENJE ENDOSKOPA ZA PREGLED OPREME TERMOELEKTRANA I ATOMSKIH ELEKTRANA

U Saveznoj Republici Nemačkoj još od 1967. godine koriste se za vizuelne preglede mašina i tehničkih postrojenja kruti i savitljivi endoskopi,* koji su se ranije primenjivali u medicini.

Pregledi se vrše za vreme kratkotrajnih zaustavljanja opreme bez dodatnog utroška rada na rasklapanje i sklapanje opreme.

Kruti endoskopi, koji su najpre počeli da se primenjuju, korišćeni su za preglede kondenzatorskih cevi i drugih i izmenjivača toplote za parne turbine, kao i skupljača pare i doboša. Tako, na primer, pomoću krutog endoskopa prečnika 18 mm i dužine 800 mm pregledavane su cevi kondenzatora radi otkrivanja taloga, korozije i pukotina na unutrašnjoj površini cevi.

Na parnoj turbini snage 100 MW, pošto je bilo zapaženo oštećenje radijalnog zapitivača za vreme puštanja, uvučen je endoskop kroz postojeći otvor za postavljanje sonde za merenje temperature. Tako je pomoću krutog endoskopa procenjen obim oštećenja. Ovakvo inspiciranje je dokazalo da je moguće bez dodatnog utroška rada na rasklapanje da se kontroliše protočni deo parnih turbina, a naročito radnih i usmernih lopatica i odlučivati u pogledu izvođenja neodložnog remonta ili da se nastavi i dalje rad turbine.

Osetno se povećala efikasnost pregleda bez rasklapanja elemenata i sklopova od 1970. godine, kada su počeli da se koriste savitljivi endoskopi od staklenog vlakna sa okretnim objektivima za više od 180°, sa izvorom svetlosti i uređajem za fotografisanje. Ovo je omogućilo da se pregledava celokupna unutrašnja površina zatvorenih šupljih komora.

Tako, na primer, predviđalo se da se parna turbina snage 300 MW zaustavi zbog pada vakuuma, jer su stalno rasle količine usisanog vazduha i kroz nekoliko nedelja ne bi više mogle da se isisavaju pomoću mlazne pumpe. Mesta usisavanja vazduha bila su utvrđena pomoću specijalnog uređaja na prostoru gde se zapitivač vratila rotora niskog pritiska spaja na strani srednjeg pritiska sa spojnom cevju za oduzimanje pare. Za tačno utvrđivanje mesta propuštanja trebalo je da se obavi veoma skupo otvaranje snažne turbine. Umesto toga pomoću savitljivog endoskopa bilo je u toku 30 min utvrđeno mesto propuštanja — pukotina dužine 300 mm i širine 1 mm u zavarenom sočivu kompenzatora, koje elastično i nepropustljivo spaja izlaznu cev sa kućištem zapitivača vratila, hermetički spojenog sa osloncem ležaja. Pošto se tačno odredilo mesto oštećenja, pukotina je zavarana posle prethodnog skidanja čeličnog lima za zaštitu od erozije unutra izlazne cevi. Zatim pomoću endoskopa od staklenog vlakna izvršen je pregled korena zavarenog šava izvedenog za vreme remonta koji je trajao svega 1 dan.

Za vreme zaustavljanja jedne druge turbine snage 300 MW pregledan je savitljivim endoskopom preposlednji venac radnih lopatica rotora niskog pritiska jer su analogne radne lopatice druge turbine već imale oštećenja. Zahvaljujući okretnom objektivu i savitljivosti endoskopa od staklenog

vlakna, bilo je moguće da se kroz rešetke radnih i usmernih lopatica poslednjeg stepena kontroliše celokupna površina svih lopatica preposlednjeg (ili bilo kog drugog) stepena. Jedna od 274 pregledane lopatice imala je pukotinu koja je polazila od izlazne ivice i išla na 75 mm iznad korena. Oštećenje je snimljeno u zatvorenoj turbini pomoću specijalnog fotografskog aparata endoskopa. Potrebno osvetljavanje lopatice pri fotografisanju vršilo se kroz cev od staklenog vlakna endoskopa. Tako obavljeni pregled je omogućio da osoblje odmah obavi remont uz usklađivanje u vremenu sa planskim radovima na ovom energetsom bloku i da se spreči duže havarijsko obustavljanje turboagregata snage 300 MW usled oštećenja lopatice.

U prvoj fazi korišćenja savitljivih endoskopa pritežni deo ispitivanja i pregleda odnosio se na radne lopatice, dok se kasnije endoskopija sve više koristila za kontrolu kućišta od čeličnog liva. Za vreme kraćih zaustavljanja sa hlađenjem ispitivanih delova od čeličnog liva na temperaturu ispod 80°C kroz postojeće otvore (linije drenaže, priključke, uređaje za merenje pritiska, naglavke regulacionih ventila i sl.), a u novim turbinama preko specijalno predviđenih priključaka za endoskopiju, vrše se sa određenim ciljem ispitivanja ovih delova cilindara, gde su već bile zapažene pukotine ili na osnovu stečenog iskustva na analognoj opremi mogu da se očekuju pukotine.

Prva parna turbina, koja je od samog početka imala u svim ravnim stupnjevima radnih lopatica postavljene priključke za endoskope, bila je turbina za zasićenu paru snage 600 MW u nuklearnoj elektrani Würgassen. Otada mnoge snažne parne turbine i snažni industrijski turboagregati svijaju proizvodnjača opremaju se u fazi projektovanja i izrade priključcima za endoskope u cilindrima visokog, srednjeg i niskog pritiska.

Analogna oštećenja (kao u nuklearnoj elektrani Würgassen) dovela su u drugim zemljama do odluka proizvođača i korisnika da se u određenim vremenskim intervalima kontroliše centralni otvor vratila rotora niskog pritiska pomoću krutog endoskopa s obzirom na pojavu pukotina. Međutim, pošto takve pukotine počinju od površine rotora, to se izvođa kontrola vratila još i pomoću ultrazvuka, kao dopuna kontrole centralnog otvora pomoću endoskopije, pomeranje i deformacija unutrašnjeg kućišta, tragovi zakačivanja, erozija, pomeranje lopatica brave i sl.

Koristeći endoskopiju mogu da se vrše pregledi turbogeneratora bez vađenja rotora. Tako, na primer, na jednom transformatoru snage 150 MW trebalo je da se obavi pregled i vizuelna kontrola rotora. Vađenje rotora usled pomanjkanja vremena moglo bi da prouzrokuje veliku materijalnu štetu. Pregled rotora generatora savitljivim endoskopom od staklenog vlakna kroz rešetku ventilatora nije pokazao nikakve opasne promene u poređenju sa stanjem nadjenim pri prethodnom remontu. Zato se odustalo od vađenja rotora, pa je nastavljena eksploatacija turogeneratora. Pomoću savitljivog endoskopa obavlja se pregled unutrašnjosti ventilatora, poklopaca, klinova u žlebovima i čeonih delova namotaja rotor i statora, uključujući i njihovo fotografisanje.

S obzirom na uspešnu primenu endoskopa u eksploataciji avionskih motora proizvođači stabilnih gasnih turbina su odlučili da se kao sastavni deo remonata i nadzora uvrsti kontrola endoskopima kroz unapred podesno rasporedene otvore.

* Endoskop (od grčkih reči éndon — unutra i skopéō — posmatram) medicinski uređaj za ispitivanje šupljih i cevastih organa (želuca, jednjaka i dr.); sastoji se od cevi opremljenih izvorom svetlosti i optičkog sistema.

Endoskopija omogućava da se prošire granice kontrola, koje su se dosad izvodile i doprinosi njihovom pojednostavljenju. Tako, na primer, mlaznici i merne dijafragme mogu da se kontrolišu na habanje do prijemnih ispitivanja i posle. Ovde treba koristiti endoskope za kontrolu u teško pristupačnim zonama između zaklona i ozida sa srane dimnih gasova, kao što su, na primer, mesta učvršćenja cevi.

Endoskopija se sada obavlja u sve većem obimu i od strane proizvođača opreme i od korisnika pred planiranje remonta, koristeći sopstvene ili pozajmljene endoskope.

Standardne dimenzije krutih endoskopa raznih proizvođača iznose od 180 mm dužine pri prečniku 2,3 mm do 20 m pri prečniku 35 mm. Korisna dužina savitljivih endoskopa je ograničena intenzitetom svetlosnih izvora i gubicima svetlosti u nitima od staklenog vlakna. Zbog toga granične dimenzije savitljivih endoskopa iznose: za dužinu — od 100 mm do 4 m, za prečnik — od 6 do 16 mm. Podaci pregleda registruju se pomoću fotografskog aparata sa ogledalom i kinokamere. Naročito dobar glas stekao je endoskop sa odelitim dodatnim osvetljenjem. Ova konstrukcija je naročito tražena zato što ima elektronski vidopojačavač i što se može povećati osvetljenost. Stručnjak može pomoću televizijske kamere brzo proceniti fotografije, podaci mogu da se sakupljaju pomoću registrujućeg mernog instrumenta, koji beleži na crno-belom filmu ili filmu u boji uz istovremeno prenošenje na videokontrolni uređaj. Takva konstrukcija već se koriste u tehnici avionskih motora i u medicini. Sada se usavršava ova konstrukcija i ispituje radi korišćenja u elektranama.

Endoskopija omogućava da se pred remont dobijaju optički snimci elemenata konstrukcije, čije stanje nije moglo da se odredi na neki drugi način.

Tehnika endoskopije se poboljšava s obzirom na široke mogućnosti da se koriste savitlivi endoskopi koji daju slike, a ne fotoelektronsku dokumentaciju, što omogućava da se stalno prate podaci progleda preko televizijskog ekrana i da se oni sakupljaju uz mogućnost njihove kasnije reprodukcije.

Priredio prema člancima *Der Maschinenschaden*, 1971, B. 44, N° i VGB Kraftwerkstechnik, 1977, B. 57, N° 9.

K. A. Tropin

GRIJANJE TERMOPUMPAMA U SR NJEMAČKOJ

Krajem 1984. godine u SR NJemačkoj bilo je 51 000 uređaja električnih termopumpi. To je 10% više nego krajem prethodne godine. Oko 64 000 kućanstva koristilo je regenerativno grijanje strujom iz zraka, vode i tla.

Elektrizitätswirtschaft 1985. br. 18

ELEKTRIČNA ENERGIJA IZ FRANCUSKE U BRITANIJU

Britanska je elektroprivreda /CEGB/ potvrdila da će iz Francuske /EDF/ uvoziti velike količine električne energije. Još u toku 1985. godine položiti će se kroz kanal La Manche dva istosmjerna kabla za mogućnost prijenosa snage od 1 000 MW. Istosmjerni će prijenos ući u pogon 1986.

Elektrizitätswirtschaft 1985. br. 18

JAVNE ELEKTRANE U SR NJEMAČKOJ PREMA VELIČINI

Prema popisu javnih elektrana u SR NJemačkoj njihov broj prema veličini iznosi:

424 elektarane do	1 MW
276 elektrana do	10 MW
164 elektarane do	100 MW
41 elektarana do	200 MW
98 elektarana do	200 MW
ukupno	1 003 elektrana

Prema tome je 90% elektrana manje snage do 200 MW. Od malih elektrana do 1 MW 75% su hidroelektrane. Osim toga, elektroprivreda kupuje električnu energiju od oko 2 800 privatnih malih elektrana.

Premda velikih elektrana od preko 200 MW ima samo oko 10%, one daju 88% bruto-proizvodnje.

Elektrizitätswirtschaft 1985. br. 18

ODSUMPORAVANJE DIMNIH PLINOVA

Nova termoelektrana na ugljen u Heilbronn, 700 MW, /SR NJemačka/ puštena je u kolovozu 1985. u probni pogon. U elektrani je ugrađen uređaj za čišćenje dimnih plinova. U pogon je također već ušla prva grupa postrojenja za odsumporavanje, dok će druga grupa biti završena 1986. Na taj će način u dimnim plinovima ostati samo 300 mg/m³ sumpornog dioksida. Provedeno je, nadalje, i čišćenje od dušičnih strojeva na starim kotlovima, dok će u novi blok biti ugrađen takav prečistač prema japanskoj licenci.

Elektrizitätswirtschaft 1985. br. 18

TORIJEV VISOKOTEMPERATURNI REAKTOR U POGONU

Torijev visokotemperaturni reaktor /THTR 300/, prvi takve vrste u svijetu, ušao je u pogon u 1985. u Hamm-Uetropu /SR NJemačka/. Reaktor će nakon 40%-tnog opterećenja od 5 do 6 tjedana početi s normalni radom i davati energiju u visokonaponsku mrežu. Krajem 1985. godine uređaj je predan naručiocu. Gradnja reaktora THTR 300 /snage 300 MW/ počela je 1971. godine, a stajala je oko 4 milijarde njemačkim maraka.

Elektrizitätswirtschaft 1985. br. 18

PROGNOZA PORASTA POTROŠNJE ELEKTRIČNE ENERGIJE U SAD

Pod pretpostavkom prosječnog godišnjeg porasta bruto produkta u SAD u razdoblju 1985. do kraja 1995. od 2,7% predviđa se porast potrošnje električne energije od 1,7% godišnje. Vjeruje se da će nakon toga porast iznositi 3,2% godišnje. Te je prognoze dao Federalni ured SAD za promet energijom.

Udio električne energije u ukupnoj korištenoj energiji u SAD iznositi će 1985. godine 14%, a 1995. godine će se povećati, prema predviđanjima, na 17%.

Elektrizitätswirtschaft 1985. br. 18

B. M.

NOVE KNJIGE

A. Ziegler: LEHRBUCH DER REAKTORTECHNIK, band 3 Kernkraftwerkstechnik

Springer Verlag, Berlin-Heidelberg-New York-Tokoi, 1985, 341 stranica 104 slike, broširano, format 16,5 × 24,5 cm, cijena 68 DM.

Knjiga Tehnika nuklearnih elektrana treći je dio udžbenika o reaktorskoj tehnici, a načinom prezentiranja građe zasebna je, zaokružena cjelina. Zamišljena je kao udžbenik o teoretskim podlogama, tehničkim izvedbama i eksploataciji nuklearnih elektrana. Opisuju se osnovni i pomoćni sistemi elektrana, zaštita osoblja i okoline od zračenja, pogonski problemi, ali i problematika nuklearnog goriva s posebnim osvrtom na ekonomsku analizu opravdanosti izgradnje elektrane. Posebna je vrijednost knjige što prezentira najnovije tehničke i tehnološke podatke o razvitku nuklearnih elektrana i daje usporedbeni pregled različitih tipova koji su u pogonu i gradnji u SR Njemačkoj.

Pristup građi je sistemski, likovna obrada je visoke kvalitete, pa se izdanje može okarakterizirati kao uspjelo.

Knjiga ima ukupno 15 poglavlja:

1. Izmjena goriva (iznosi se osnovni prikaz postupaka izmjene gorivih elemenata za razne tipove nuklearnih reaktora);
2. Pomoćni reaktorski sistemi (prikazani su najopširenije pomoćni sistemi za sve danas komercijalno primjenljive tipove nuklearnih elektrana u svijetu);
3. Turrinski ciklus (daje se pregled i funkcija osnovnih komponenti sistema);
4. Elektro postrojenje (prikazuju se osnovne elektroenergetske sheme unutar elektrane, kao i pregled mjernih, regulacionih i kontrolnih sistema);
5. Dispozicijska rješenja (avaliziraju se osnovna rješenja smještaja zgrada i opreme na lokaciji za razne tipove nuklearnih elektrana);
6. Sigurnost nuklearne elektrane (iznijeti su osnovni principi konstatacije sigurnosnih sistema, analiza rizika i dokazi pouzdanosti sistema);
7. Zaštita od zračenja (prikazana je kratka teoretska analiza s biološkim posljedicama i mogućnostima zaštite);
8. Pravci razvoja sigurnosna sistema (analizirani su svi sigurnosni sistemi raznih tipova nuklearnih elektrana i prikazani funkcionalni postupci zaštite reaktora u aksidentalnim situacijama);
9. Analiza sigurnosti i rizika (obrađene su mogućnosti pojave i stupanj rizika raznih aksidentalnih situacija ili njihovih kombinacija);
10. Postupci za odobravanje dozvola (prikazani su ukratko osnovni postupci koji prethode odobravanju i izdavanju dozvola za izgradnju nuklearne elektrane);
11. Izgradnja nuklearnih elektrana (prikazana je organizacija izgradnje plan aktivnosti, poteban broj kadrova i terminski plan izgradnje elektrane);
12. Pogon nuklearne elektrane (prikazana je organizaciona shema i pregled kadrova za potrebe rada elektrane kao osnovna pogonska uputstva za rad s reaktorima);

13. Gorivi ciklus (izneseni su osnovni postupci za obogaćivanje urana, rukovanje, skladištenje i preradu goriva);
14. Ekonomija nuklearnih elektrana (analizira se metoda proračuna cijene električne energije s posebnim osvrtom na cijenu goriva);
15. Energetika (prikazana je struktura svih energetske rezerve u svijetu s budućim potrebama i posebnim osvrtom na rezerve nuklearnog goriva).

H. K.

J. N. Anno: PRIKAZ UTJECAJA NUKLEARNOG ZRAČENJA NA MATERIJALE

Springer Verlag, Berlin-Heidelberg-New York-Tokyo, 1984. 342 stranice, 92 slike, broširano, format 15 × 23 cm, cijena 69 DM ili 25,2 US dolara

Knjiga je bogat izvor informacija o utjecaju nuklearnog zračenja na različite materijale (organske materije, čelik, plastične materijale i biološke organizme). Gradivo se iznosi u 12 poglavlja (Uvod, Mjerne jedinice i opće napomene u vezi sa zračenjem, Osnovne interakcije neutrona i materijala, Interakcije gama zraka i materijala, Prijelazne pojave zračenja na električne komponente, Utjecaj zračenja na organske materijale, Utjecaj zračenja na čelik, Efekti cijepanja nuklearne jezgre, Utjecaj nuklearnog zračenja na površinu, Različiti utjecaji zračenja, Utjecaj zračenja na biološki »materijal«, Dozimetrija neutrona j-zraka). U prilogu knjige dani su podaci o nuklearnim svojstvima izotopa, različite konstante i faktori konverzije. Namijenjena je studentima i stručnjacima nuklearne tehnike kojima područje nuklearnog zračenja nije specijalnost. Odlikuje se zato iznošenjem gradiva na jedan lak način, no ne na štetu aktualnosti (sadrži i najnovije spoznaje o efektima zračenja na pojedine materijale).

A. Aziz — T. Y. Na: METODA PERTURBACIJE U PRIJENOSU TOPLINE

Springer Verlag, Berlin — Heidelberg — New York — Tokyo, 1984. 199 stranica, 53 slike, tvrdo ukoričeno, format 16 × 24 cm, cijena 108 DM.

Metoda perturbacija je moderna, popularna numerička tehnika, koja se dosad gotovo da nije primjenjivala za proračun prijenosa topline. Cilj knjige je da se popuni ta praznina i da pristup postupku perturbacija u proračunu prijenosa topline.

Gradivo je sistematizirao u šest poglavlja, postupno se iznosi, a zbog detaljnosti prezentacije moguć je uvid u korištenju metode za rješavanje problema najsloženijeg nivoa.

Primjena metode ilustrirana je mnogobrojnim primjerima rješavanja različitih problema prijenosa topline. Kao primjer navodi se nestacionarni prijelaz topline s laminarnog sloja na ravnu ploču i na cijev, lijevanje konačne tanke ploče, prijelaz topline s gibajućeg štapa, prirodna konvekcija kod visokih Prandtl-ovih značajki, interakcija zračenja i prirodna konvekcija, konvekcija u cijevi, tranzijatno vođenje

topline u polukonanom mediju varijabilne zauduktivnosti prijelaz topline na ravnu ploču sa struje promjenjive brzine, prirodna konvekcija s neoizotermne vertikalne ploče itd. Knjiga je namijenjena specijalistima iz područja prijenosa topline.

**Hans — Joachim Thomas: TOPLINSKI
ENERGETSKI UREĐAJI**

Springer Verlag — Berlin — Heidelberg — New York — Tokyo, 1985. 422 strane, 294 slike, cijena 78 DM

Drugo, prerađeno i dopunjeno izdanje ovog udžbenika Tehničkog univerziteta u Münchenu dopunjava i korigira prvo izdanje izašlo 1974. godine.

Udžbenik obrađuje osnovne pojmove iz termodinamike, kružne procese, konvencionalne generatore pare, nuklearne reaktore, parne i plinske turbine te razvojne probleme i tendencije (čvrstoća, vibracije, granična opterećenja, zaštita okoline, opći problemi opskrbe energijom i slično).

Iako se radi o udžbeniku, prezentiran je znatan broj konkretnih podataka tehničke i ekonomske naravi.

Osim ovog sadržane su i osnove za planiranje i ekonomsko razmatranje izgradnje termoenergetskih blokova.

U prilogu je dan impresivan pregled korištene literature koja svakako može pomoći čitaocu koji želi detaljnije razmatrati pojedini problem.

M. K.

IZDAVAČI

Godište 35 (1986)

Zagreb 1986

Br. 2

Zajednica elektroprivrednih organizacija
Hrvatske

Institut za elektroprivredu, Zagreb

SIZ za znanstveni rad Hrvatske

SADRŽAJ

<i>Topić J.:</i> Analiza gubitaka električne energije u prijenosnoj mreži Jugoslavije — Originalni znanstveni rad	87
<i>Granić G. — Pešut D.:</i> Elektroenergetska bilanca u planiranju razvoja elektroenergetskog sistema (III dio: Sigurnost zadovoljenja potrošnje) — Originalni znanstveni rad	99
<i>Hüttl A.:</i> Ten Years of Experience in Tehnology Transfer for Turnkey Power Plants — Subject Review . .	111
<i>Milanović Z.:</i> Povećanje energetske iskoristivosti postrojenja loženih prirodnim plinom — Pregledni rad .	119
<i>Žutobradić S.:</i> O vjerojatnosti nastanka povratnog preskoka na elektrodistributivnim vodovima — Stručni rad	127
Vijesti iz elektroprivrede	133
Iz strane stručne literature	136
Oglasi	139

IZDAVAČKI SAVJET

Ivo *Božin*, dipl. inž., Institut za elektroprivredu, Zagreb — Josip *Antić*, dipl. inž., »Elektroprimorje« Rijeka — Anđelko *Modrčin*, dipl. inž., »Elektroprivreda« Rijeka — Anđelko *Dujmović*, dipl. inž., »Elektroslavonija« Osijek — Dragutin *Stanić*, dipl. ecc., »Elektroprivreda Dalmacije« Split — mr Damir *Subašić*, dipl. ecc., Elektroprivreda Zagreb — Zdenka *Jelić*, prof., Institut za elektroprivredu, Zagreb — Mladen *Zeljko*, dipl. inž., Institut za elektroprivredu, Zagreb

UREDNIČKI ODBOR

Glavni urednik: dr Zorko *Cvetković*, dipl. inž.
Urednik: Zdenka *Jelić*, prof.

Urednici rubrika: »Energetski sistemi«, Nikola *Bilčar*, dipl. inž. — »Hidroelektrane«, Đuro *Hatić*, dipl. inž. — »Termoelektrane i Toplane«, Mladen *Nadinić*, dipl. inž. — Prijenos električne energije, Zorko *Cvetković*, dipl. inž., Zagreb — Josip *Neveščanin*, dipl. inž., Split — »Razvod, distribucija i potrošnja električne energije«, Tomislav *Belan*, dipl. ec., Jure *Šimović*, dipl. ec., Petar *Kuzele*, dipl. inž. — »Ekonomika elektroprivrednih poduzeća, ekonomskofinancijska i tarifna pitanja, te ekonomika poslovanja«. — Tehnički urednik: Branko *Mališ* — Lektor: Vladimir *Strojny*, prof. — Metrološka recenzija: Mladen *Zeljko*, dipl. inž.

Časopis je oslobođen plaćanja poreza na promet rješenjem Republičkog sekretarijata za prosvjetu, kulturu i fizičku kulturu SR Hrvatske broj 886/1-1979.

Uredništvo i uprava:

Zagreb, Ulica Proleterskih brigada 37

Pošt. pretinac 293, telefoni 511-455, 513-822 (328)

Godišnje izlazi 6 brojeva. Godišnja pretplata za pojedince iznosi 1200 dinara, a za poduzeća i ustanove 4000 dinara. Cijena pojedinog broja u prodaji 600 (za studente 200) dinara.

Za inozemstvo \$ 90 godišnje.

Tekući račun kod Narodne banke, Zagreb

Institut za elektroprivredu (za »Energiju«) broj 30101-603-565

Tisak i klišei: RO »Zrinski« TIZ, Čakovec

Pismo glavnog urednika

U prvom ovogodišnjem broju izašao je uvodnik inž. Borisa Markovića, našeg dugogodišnjeg glavnog urednika u povodu 35 godina izlaženja časopisa »Energija«. U tom uvodniku su, među ostalim, navedene i neke osnovne karakteristike časopisa s kojima sam se kao član uredničkog odbora u potpunosti složio. Budući da sam početkom ove godine i sam prihvatio dužnost glavnog urednika, želim se s nekoliko riječi obratiti suradnicima s pozivom na još aktivnije sudjelovanje. Ovaj se poziv naročito odnosi na obradu onih problema koji su u ovom momentu dominantni problemi elektroprivrede. Mislim da ćemo se složiti ako kažem da su to problemi optimalne eksploatacije sistema, budućeg razvoja sistema koji treba osigurati rastući konzum, ekonomskog položaja elektroprivrede i njene kadrovske problematike. »Energija« može i treba dati svoj doprinos u stručnom i naučnom pristupu obradi tih problema kao osnovnom preduvjetu za donošenje odluka.

Primjera radi navodim neke teme koje u posljednje vrijeme nisu dovoljno prisutne: informatika u elektroprivredi, održavanje postrojenja, analiza značajnijih kvarova, tipizacija postrojenja, izbor objekata za izgradnju, politika gradnje malih hidroelektrana, regulacija napona, elektroprivreda i ekologija, tarifna politika, pomoćna postrojenja.

Bude li odziv zadovoljavajući, bit ćemo u mogućnosti povremeno izdavati i tematske brojeve, što donosi stanovite prednosti. Konačno, stručna i konstruktivna polemika može nam u ovom momentu svima pomoći u rješavanju zajedničkih problema.

U želji za daljnjom dobrom suradnjom očekujemo vaše priloge.

dr Zorko Cvetković

ANALIZA GUBITAKA ELEKTRIČNE ENERGIJE U PRIJENOSNOJ MREŽI JUGOSLAVIJE

mr Jakša T o p i ć, Zagreb

UDK 621.316.1:621.3.017.2
ORIGINALNI ZNANSTVENI RAD

U radu se prikazuju rezultati analize veličine i strukture gubitaka električne energije u prijenosnoj mreži Jugoslavije. Analizirane su mreže napona, 400, 220, 110 kV, kao i interkonektivni transformatori tih napona, a utvrđeni gubici po naponima i presjecima vodiča.

Ključne riječi: mreže visokog napona, gubici energije u dalekovodima, gubici energije u transformatorima, električna mreža Jugoslavije.

1. UVOD

Gubici električne energije u prijenosnim mrežama nastaju kao posljedica trošenja električne energije na savladavanju otpora u elementima mreže (vodovima, transformatorima), te vlastite potrošnje u nekim postrojenjima (gubici praznog hoda kod transformatora, kabela i dr.), kao i drugih okolnosti koje nastaju u transportu električne energije.

S pojavom gubitaka nastala je potreba da se proizvede ili nabavi veća količina električne energije od one koju potrošači trebaju ili preuzimaju. Time rastu troškovi, i to ne samo zbog veće količine proizvedene energije već i potrebe da sva elektroenergetska postojenja koja sudjeluju u procesu proizvodnje i transporta budu dodatno dimenzionirana. Dodatno dimenzioniranje ima za posljedicu povećanja investicijskih troškova pri izgradnji i godišnjih troškova pri eksploataciji postrojenja.

U uvjetima energetske krize, kada i izgradnja novih izvora s obzirom na potrebe postaje sve manja, rastu još više zahtjevi za racionalnim korištenjem električne energije. U osnovi oni se svode na dva zahtjeva: smanjenje specifičnog utroška goriva u elektranama i sniženje gubitaka električne energije u mrežama. U pogledu utroška goriva postignut je do danas bitan napredak u svijetu i kod nas, a i dalje se zapaža visok nivo gubitaka električne energije u apsolutnom i relativnom iznosu, u našoj zemlji.

Visok nivo gubitaka električne energije u elektroenergetskom sistemu Jugoslavije nameće zahtjeve da se više pažnje posveti analizama njihovih uzroka i žarišta kako bi se mogle poduzeti određene mjere radi njihova smanjenja.

U ovom radu prikazat će se rezultati analize veličine i strukture gubitaka električne energije u prenosnoj mreži Jugoslavije u 1982. god.

2. GUBICI ELEKTRIČNE ENERGIJE U ELEKTROENERGETSKOM SISTEMU JUGOSLAVIJE

Veličine iskazanih gubitaka u elektroenergetskom sistemu Jugoslavije u razdoblju 1973 — 1982. god. prema lit. 11 su prikazane u tabl. 1.

Gubici električne energije iskazuju se u odnosu na ukupno raspoloživu energiju ili na ukupno isporučenu energiju. Pod pojmom »ukupno raspoloživa energija« misli se na energiju koja ulazi u sistem (proizvodnja elektrana na pragu + uvoz), a pod pojmom »ukupno isporučena energija« misli se na energiju koja je predana potrošačima, zatim energiju utrošenu za pumpanje u HE i izvoz energije u inozemstvo. Razliku tih dviju energija čine gubici prijenosa. Međutim, pri određivanju bilance električne energije u elektroenergetskom sistemu Jugoslavije (u lit. 11) osim navedenih veličina pojavljuje se i veličina »nabava energije iz drugih republika i pokrajina« i »prodana energija drugim republikama i pokrajinama«. Te dvije veličine u ukupnoj godišnjoj bilanci Jugoslavije trebalo bi da budu iste, što često nije slučaj a to dovodi u sumnju točnost iskazanih podataka o gubicima prijenosa.

Gubici prijenosa u odnosu na ukupno raspoloživu energiju u elektroenergetskom sistemu Jugoslavije bez veličina tzv. međurepubličkih razmjena kreću se od 5,4% u 1973. god. do 2,6% u 1982. god., dok ukupni gubici (za gubitke distribucije — zadržane iste veličine kao tabl. 1) u 1973. god. iznose 12,2%, a u 1982. god. 9,4%.

Grafički prikaz kretanja ukupno raspoložive energije, vršnog opterećenja i gubitaka u elektroenergetskom sistemu Jugoslavije u razdoblju 1973 — 1982. god. dan je na sl. 1.

Za usporedbu veličine gubitaka elektroenergetskog sistema Jugoslavije s gubicima u drugim zemljama

Tablica 1.

God.	Ukupno raspo- loživa energ. (GWh)	Ukupna isporu- čena potroš. (GWh)	Gubici (GWh)			% gubitaka prenosa u odnosu na		% ukupnih gubitaka u odnosu na ukupna isporučena
			prijeno- sa	distri- bucije	Ukupno	Ukupno raspolož. energija	Ukupno isporu- čena	
1973.	31 476	29 778	1 698	2 149	3 847	5,4	5,7	12,9
1974.	34 885	33 061	1 824	2 183	4 007	5,2	5,5	12,1
1975.	36 589	34 960	1 629	2 816	4 445	4,5	4,7	12,7
1976.	39 816	38 269	1 547	3 099	4 646	3,9	4,0	12,1
1977.	50 950	48 953	1 997	3 189	5 186	3,9	4,1	10,6
1978.*	46 875	44 987	1 897	3 068	4 956	4,1	4,2	11,0
1979.	58 640	56 654	1 986	3 247	5 233	3,4	3,5	9,2
1980.	54 842	52 686	2 156	2 702	4 858	3,9	4,1	9,2
1981.	57 037	54 740	2 297	2 170	4 467	4,0	4,2	8,2
1982.	73 520	71 412	2 108	3 459	5 567	2,9	3,0	7,8

* Bez količina u međurepubličkoj razmjeni

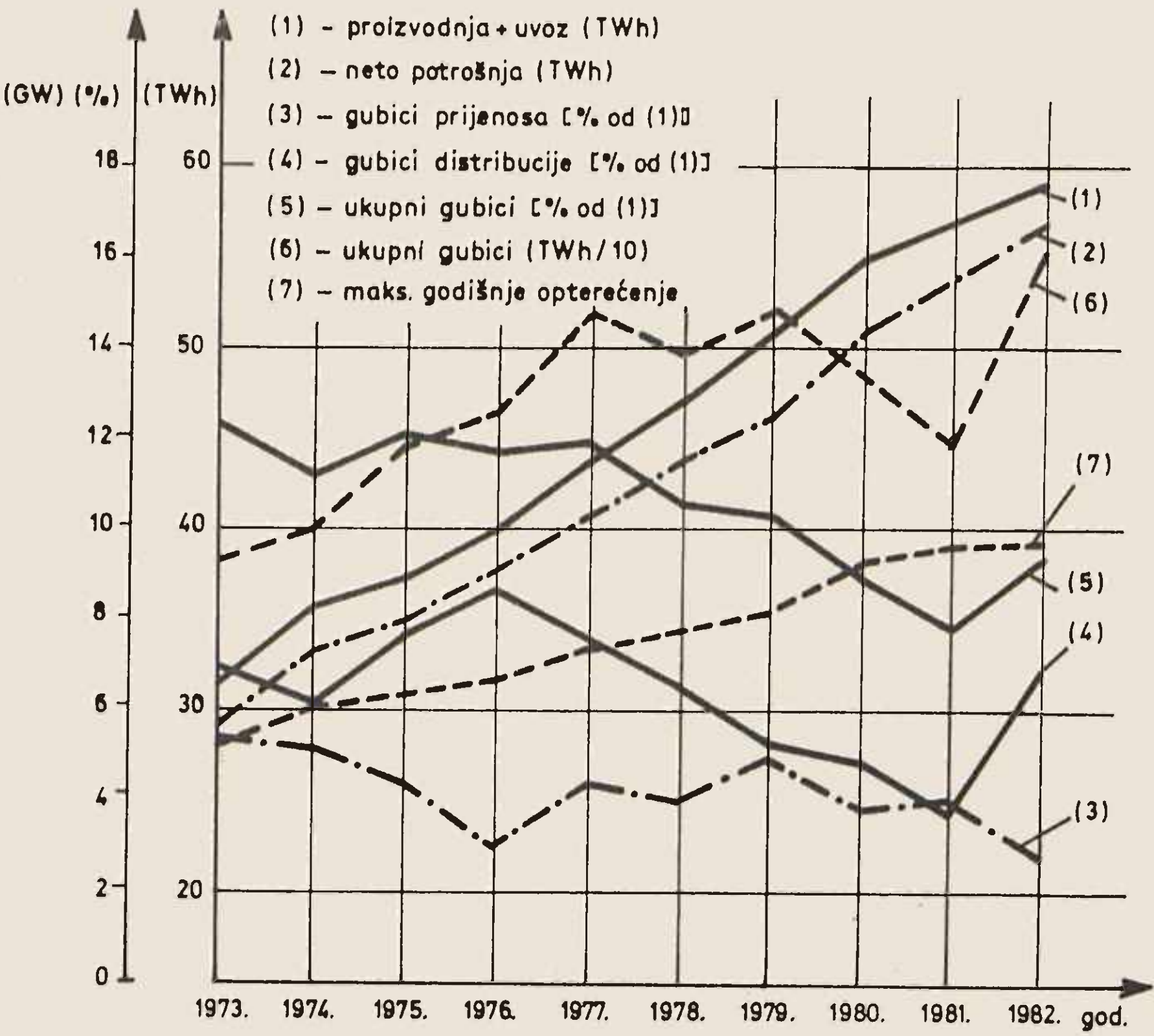
Napomena

Ukupno isporučeno: predano distr. + dir. potr. + pumpanje + gubici prijenosa + prodano drugim republikama

Ukupno raspoloživo: proizv. na pragu + ind. el. + uvoz + nabava iz drugih republika

Tablica 2.

Zemlja	Prosječne godišnje vrijednosti u razdoblju 1973 — 1982. god.					
	Ukupno raspo- loživo (GWh)	Udio proizv. HE (%)	Gubici prenosa i distribucije		Potrošnja po stanovniku	
			%	Redoslijed	kWh/st.	Redoslijed
Austrija	33 437	74	7,33	16	4 038	8
Belgija	44 144	1,5	5,54	18	4 184	6
Bugarska	31 459	9,4	9,29	6	3 187	12
Čehoslovačka	62 050	6,5	7,78	14	3 770	11
Mađarska	26 290	0,5	8,88	8	2 253	16
Francuska	216 683	29,8	6,82	17	3 774	10
Grčka	18 519	14,7	7,47	15	1 829	19
Švedska	88 260	71,4	9,04	7	9 696	2
Italija	164 534	27,3	8,55	11	2 619	13
Nizozemska	56 860	0	4,66	19	3 897	9
Norveška	77 567	100	9,52	5	17 230	1
Španjolska	90 551	35,5	9,98	3	2 186	17
Rumunjska	56 091	17,7	8,72	9	2 339	15
Poljska	99 107	2,5	9,85	4	2 538	14
Švicarska	36 885	88,3	8,55	10	5 038	3
Turska	21 638	48,4	10,0	2	461	20
SSSR	1 054 201	13,2	8,1	12	4 138	7
V. Britanija	262 284	2,0	7,78	13	4 305	5
SR Njemačka	312 748	0,4	4,61	20	5 028	4
Jugoslavija	47 141	48,7	10,1	1	1 930	18



Slika 1.

ma za prijenos energije na veće udaljenosti, sa manje razvijenom mrežom i manjom »kulturom« eksploatacije imaju visok nivo gubitaka. Prema iskazanim gubicima Jugoslavija pripada u ovu drugu grupu zemalja.

Radi boljeg sagledavanja i analize veličine i strukture gubitaka u elektroenergetskom sistemu Jugoslavije, u tabl. 3. su prikazani udjeli gubitaka električne energije u prijenosnim mrežama u odnosu na ukupno raspoloživu energiju po republikama u razdoblju 1973 – 1982. god.

Najveći prosječni gubici prijenosa iskazani su na području SR Srbije s pokrajinama 4,7 %, a najmanji na području SR Makednoje 2 %. Pri tome treba dovesti u sumnju točnost evidentiranih podataka u nekim godinama koji se koriste za iskazivanje navedenih veličina. Očit primjer za to jesu podaci o gubicima u SR Makedoniji (u nekim godinama), gdje je isporučena energija jednaka ili veća od ukupno raspoložive energije. Istovremeno, gubici prijenosa u SR Srbiji s pokrajinama kreću se od 5 do 8 %.

Prosječni godišnji udio gubitaka prijenosa u ukupnim gubicima prijenosa elektroenergetskog sistema Jugoslavije u razdoblju 1973 – 1982. god. iznosi:

Slovenija	10,4 %
Hrvatska	17,8 %
B i H	15,7 %
Crna Gora	3,5 %
Srbija (s pokrajinama)	48,9 %
Makedonija	3,7 %

Da se dobije potpunije uvid o veličini gubitaka u elektroenergetskom sistemu Jugoslavije, u tabl. 4. prikazan je udio gubitaka prijenosa, dužina prijenosnih vodova i instaliranih snaga transformatorskih stanica republika u ukupnim gubicima prijenosa, dužinama vodova i instaliranim snagama stanica u 1982. god.

Evrope, u tabl. 2, su prikazane prosječne godišnje vrijednosti raspoložive energije, vrijednosti ukupnih gubitaka električne energije, potrošnje po stanovniku i udjela proizvodnje HE za 20 zemalja Evrope u razdoblju 1973. do 1982. god.

Iz tabl. 2. vidljivo je da Jugoslavija s prosječnim ukupnim gubicima od 10,1 % u odnosu na ukupno raspoloživu energiju zauzima 1. mjesto po veličini gubitaka, dok SR Njemačka sa 4,6 % zauzima 20. mjesto. Ukupne prosječne gubitke iznad 9 % ima 7 zemalja, a ispod 5 % samo Nizozemska i SR Njemačka. Ujedno, te dvije zemlje imaju i najmanji udio proizvodnje HE. Što se tiče potrošnje električne energije po stanovniku, Jugoslavija s prosječnom godišnjom potrošnjom 1 930 kWh/st. zauzima 18. mjesto, a SR Njemačka sa 5 028 kWh/st 4. mjesto.

Tablica 3.

Republika	Gubici prijenosa u odnosu na ukupno raspoloživu energiju (%)										
	1973.	1974.	1975.	1976.	1977.	1978.	1979.	1980.	1981.	1982.	Prosjek
Slovenija	2,7	2,7	3,0	2,7	2,7	2,7	2,9	2,7	2,7	2,4	2,7
Hrvatska	3,7	4,8	3,8	3,2	3,5	3,3	2,7	3,2	3,0	3,1	3,3
BiH	3,6	6,1	4,4	3,1	5,9	3,3	3,3	3,5	3,4	2,8	3,8
Crna Gora	4,1	4,0	3,0	2,9	1,8	1,6	2,1	2,3	2,2	2,7	2,4
Srbija (s pokr.)	6,2	7,9	6,9	4,9	4,4	4,4	4,2	3,7	3,1	3,0	4,7
Makedonija	0,1	0,0	-0,3	-0,9	2,0	2,9	3,1	3,1	3,6	3,0	2,0

Prema tome, visoko razvijene zemlje s visokom potrošnjom po stanovniku, velikom gustoćom naseljenosti, malim udjelom proizvodnje HE u ukupnoj proizvodnji, visoko razvijenom mrežom i velikom »kulturom« eksploatacije imaju nizak nivo gubitaka, a zemlje s niskom potrošnjom po stanovniku, visokim udjelom HE u ukupnoj proizvodnji a time i potreba-

Dobiveni rezultati pokazuju da je udio gubitaka prijenosa SR Srbije sa pokrajinama veći od udjela dužina prijenosnih vodova i instaliranih snaga TS, dok je udio gubitaka prenosu ostalih republika manji ili približno isti. To upućuje na veću opteretivost mreže na području SR Srbije s pokrajinama i na veće gubitke po jedinici dužine.

Tablica 4.

Republika	Udio gubitaka prenosa T (%)	Udio duljine vodova (%)	Udio inst. snage TS (%)
Slovenija	10,7	8,0	12,5
Hrvatska	17,7	22,8	19,3
B i H	13,8	20,1	18,9
Crna Gora	4,7	5,3	3,5
Srbija (s pokraj.)	46,9	36,0	36,5
Makedonija	6,2	7,8	9,3
Ukupno	100,0	100,0	100,0

3. METODE ZA ODREĐIVANJE GUBITAKA ELEKTRIČNE ENERGIJE U PRIJENOSNIM MREŽAMA

Sa stajališta uzroka nastajanja gubitaka električne energije gubici se mogu podijeliti na:

- 1. tehničke gubitke i
- 2. komercijalne gubitke.

Tehničke gubitke još dijelimo na:

- gubitke neovisne o opterećenju — stalne gubitke;i
- gubitke ovisne o opterećenju — promjenljive gu-bitke.

Tehnički gubici čine tehnološki neophodan utrošak energije pri njenom prenosu, a njihov nivo je određen kako konstruktivnim, tako i eksploatacionim pa-parametrima rada mreže.

Stalni ili o opterećenju neovisni gubici pojavljuju se u pojedinim elementima mreže bez obzira na to da li potrošači električne energije potražuju električnu snagu ili energiju i nastaju samim stavljanjem post-rojenja pod napon. Ovoj vrsti gubitaka pripadaju gu-bici praznog hoda transformatora, dielektrični gubi-ci u kabelima i kondenzatorima, gubici korone i od-vodnih struja itd. Za ove gubitke, osim gubitaka ko-rone, proračun je vrlo lak, dok se gubici korone i odvodnih struja na izolatorima ne mogu jednostav-no odrediti jer ovise o vremenskim prilikama.

Promjenjivi gubici, ili tzv. Džulovi gubici, nastaju u trenutku kada potrošači potražuju određeni iznos snage i njihov iznos nije vremenski konstantan, nego se mijenjaju s kvadratom traženog opterećenja u am-perima. Ovi gubici imaju najveći udio u ukupnim gu-bicima, a njihov proračun je vrlo složen i zahtijeva poznavanje dijagrama opterećenja.

Komercijalni gubici nastaju zbog nesavršenosti nači-na evidentiranja električne energije koja ulazi i koja izlazi iz sistema, netočnosti mjernih uređaja, poveća-ne potrošnje kod kvarova, neuvažavanja svih po-trošača itd. Iz analiza ovih gubitaka vidljivo je da su oni veoma varijabilne veličine, da ih je gotovo nemo-guće odrediti računskim putem i da mogu imati pozi-tivan ili negativan predznak.

Veličina i struktura tehničkih gubitaka obavlja se analitički, modeliranjem same mreže i režima njiho-va rada u određenom periodu, pri čemu je potrebno uzeti u obzir sve njene konstruktivne i eksploatacio-ne parametre.

Ovisno u cilju za koji se proračun gubitaka obavlja, upotrebljavaju se različite metode različite točnosti koje se mogu svrstati u dvije grupe:

- 1. determinističke metode i
- 2. statističke metode.

Osnovna postavka determinističkih metoda jest ta da se gubici električne energije u prijenosnoj mreži od m elemenata mogu odrediti pomoću izraza:

ΔW = Σ 3R ∫ I_i² dt + ΔW₀

gdje je:

- I_i — struja koja u trenutku t protječe kroz element mreže »m«
- R — radni otpor »m«-tog elementa mreže
- ΔW₀— stalni gubici odnosno gubici praznog hoda.

Kako je prema navedenom izrazu za izračunavanje gubitaka energije potrebno poznavati funkciju prom-jene struje u svakom elementu, što je praktički ne-moguće matematički izraziti, pristupa se različitim aproksimacijama. O tome koji će se režimski para-metri koristiti i koje će se aproksimacije uvažiti ovisi i izbor same metode.

Druga grupa metoda, tzv. statističke metode, koje se u posljednje vrijeme sve više razvijaju i usavršavaju, baziraju se na zakonima vjerojatnosti i statistike ili se gubici električne energije izračunavaju pomoću određenih regresionih modela.

Osnovne su prednosti ovih metoda u tome što za proračun koriste mali broj podataka a to kod velikih mreža znatno olakšava proračun.

3.1. Proračun gubitaka električne energije na temelju srednjih vrijednosti opterećenja čvorišta

Kao osnovna metoda za određivanje veličine i struk-ture gubitaka električne energije u prijenosnoj mreži Jugoslavije u 1982. godini korištena je metoda koja se zasniva na direktnom modeliranju parametara i režima rada prijenosne mreže u određenom periodu prema karakterističnom dijagramu opterećenja.

Gubici električne energije ovisni o opterećenju u bilo kojem elementu mreže, otpora R, pri promjenjivom dijagramu opterećenja, u nekom vremenu T mogu se odrediti pomoću izraza:

ΔW = 3 I_e² R T 10⁻³ = (P² + Q_e² / U²) RT

gdje su:

- I_e, P_e i Q_e — efektivne vrijednosti struje, ak-tivne i reaktivne snage u odre-de-nom vremenskom periodu T.

Budući da se i napon u toku vremena mijenja u ovis-nosti o opterećenju umjesto stvarnih pogonskih,

možemo uvesti njihove srednje vrijednosti. Pri tome računamo s naponom pri srednjem opterećenju.

Efektivne i srednje vrijednosti su povezane izrazom:

$$P_e = K \cdot P_{sr}$$

$$Q_e = L \cdot Q_{sr}$$

pri čemu su K i L koeficijenti oblika dijagrama opterećenja $P(t)$ i $Q(t)$ koji karakteriziraju njegovu neravnomjernost. Tako npr. kada je $P(t) = \text{konst.}$, $P_e = P_{sr}$, onda je $K = 1$; odnosno $Q(t) = \text{konst.}$, $Q_e = Q_{sr}$ i $L = 1$.

Koeficijenti oblika dijagrama opterećenja mogu se smatrati funkcijom odnosa minimalnog i maksimalnog opterećenja, pa se oni često izražavaju u funkciji tih odnosa.

Realni dnevni dijagram opterećenja elektroenergetskog sistema i pojedinih elemenata $P(t)$ i $Q(t)$ nije konstantan, odnosno $K \neq 1$ i $L \neq 1$. Međutim, razbijanjem dijagrama opterećenja na više nivoa u kojima se opterećenje može smatrati konstantnim postiže se da je $K \approx 1$ i $L \approx 1$. Time se proračun gubitaka energije svodi na određivanje gubitaka snage za svaki nivo. Množenjem gubitaka snage i vremena trajanja pojedinog nivoa dobiju se gubici energije za svaki element, a njihovim zbrajanjem gubici energije u cijelom elektroenergetskom sistemu odnosno:

$$\Delta W = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \Delta P_{ij} \Delta t_{ij}$$

gdje su:

- ΔP_i — gubici aktivne snage u i -om režimu
- m — broj elemenata u mreži ($j = 1, 2, \dots, m$)
- n — broj nivoa u kom se opterećenje može smatrati konstantnim ($i = 1, 2, \dots, n$).

Proračun gubitaka snage obavlja se programom za određivanje tokova snaga.

Ova metoda najpotpunijeg modeliranja elemenata sistema ima niz prednosti. U prvom redu omogućava uzimanje u obzir niza faktora u utvrđenim režimima koji utječu na gubitke električne energije. Uzimajući dovoljno male vremenske intervale, moguće je s dovoljnom točnošću odrediti gubitke, njihove uzroke i žarišta, a time i ispitati mjere koje dovode do njihova smanjenja. Naravno, sve to ovisi u velikoj mjeri i o točnosti raspoloživih ulaznih podataka.

Međutim, ovakav proračun i razbijanje dnevnog dijagrama na velik broj malih intervala u velikom elektroenergetskom sistemu zahtijeva velik broj proračuna. To povećava vrijeme jedne takve analize, a time i troškove obrade, pa je između točnosti i ekonomičnosti potrebno naći razuman kompromis.

U realnom elektroenergetskom sistemu dijagram opterećenja tipičan za neki vremenski period T u kojem se žele odrediti gubici energije dobiva se mjerenjima za neki karakterističan dan u sezoni ili se mogu uzeti dijagrami koji su snimljeni za treće srijede i nedelje nakon trećih srijeda u mjesecu. Pojedini mjeseci se prema obliku dnevnih dijagrama mogu grupirati u određene periode i proračun se provodi tako da se polazi od dnevnog dijagrama za karakteristični period. Ovim aproksimacijama smanjuje se broj reži-

ma proračuna gubitaka snage, a povećava trajanje pojedinog režima.

Analizirajući mjesečne dijagrame potrošnje elektroenergetskog sistema Jugoslavije i prosječne dnevne potrošnje električne energije radnih i neradnih dana po mjesecima, utvrđeno je (prema dobivenim vrijednostima) da postoje slični mjeseci i da se u 1982. god. mogu napraviti 4 grupe po 3 slična mjeseca.

Daljnjim analizama je utvrđeno da se gubici električne energije mogu odrediti proračunom gubitaka snage za 6 stanja u pojedinoj grupi mjeseci, odnosno ukupni gubici u 1982. god. proračunom gubitaka snage za 24 stanja sistema i određivanjem vremena trajanja pojedinog stanja.

Osim navedena 24 stanja sistema, obavljen je i proračun gubitaka snage u režimu godišnjeg maksimuma da bi se za usporedbu dobivenih rezultata navedenom metodom i za analizu utjecaja raznih faktora na gubitke električne energije mogle koristiti i metode koje omogućavaju brže proračune, a to su:

- metoda faktora gubitaka
- metoda srednjih godišnjih gubitaka snage.

3.2. Proračun gubitaka električne energije pomoću faktora gubitaka

Metoda faktora gubitaka polazi od pretpostavke da su gubici električne energije ovisni o opterećenju u nekom elementu, dijelu sistema ili cijelom sistemu jednaki umnošku maksimalnih gubitaka snage $\Delta P_{\max}$ u promatranom periodu T i tzv. faktora gubitaka ξ koji predstavlja odnos gubitaka energije u određenom periodu i gubitaka koji bi nastali kod konstantnog djelovanja maksimalnog opterećenja u istom periodu odnosno:

$$\Delta W = \Delta P_{\max} \xi T$$

pri čemu je:

$$\xi = K \frac{\int_0^T I^2(t) dt}{I_{\max}^2 T}$$

U lit. 5. je na temelju raspoloživih podataka o satnim opterećenjima elektroenergetskog sistema Hrvatske, prema dnevnim, tjednim i mjesečnim krivuljama trajanja u razdoblju 1974 — 1981. god., regresijskom analizom određena funkcijska ovisnost faktora gubitaka o faktoru opterećenja $\xi = f(m)$.

Utvrđeno je da se $\xi = f(m)$ najbolje aproksimira polinomom drugog reda (promatrana je aproksimacija s više od 10 analitičkih funkcija) odnosno izrazom:

$$\xi = 0,11 m + 0,89 m^2.$$

Pri tome se ova ovisnost može smatrati potpunom jer je koeficijent determinacije za sve slučajeve krivulja trajanja veći od 0,99.

Na isti način istraženo je $\xi = f(m)$ za elektroenergetski sistem Jugoslavije na temelju parametara krivulja trajanja za treće srijede u mjesecu u periodu 1963 — 1970. god. Ovo razdoblje i samo karakteristične srijede uzete su zbog toga što su to bili jedini raspoloživi podaci.

Najbolja aproksimacija u ovom slučaju postiže se izrazom:

$$\xi = 0,17 m + 0,83 m^2.$$

3.3. Proračun gubitaka električne energije putem srednje vrijednosti gubitaka snage

Metoda srednjih godišnjih gubitaka snage koja je zasnovana na direktnom modeliranju rada prijenosne mreže polazi od toga da se srednji godišnji gubici električne energije u prijenosnoj mreži mogu odrediti prema izrazu:

$$\Delta W = W_u \cdot \Delta P_{sr} (\%) \cdot 10^{-2}$$

gdje je:

W_u — ukupna energija koja ulazi u sistem
 $\Delta P_{sr} (\%)$ — srednja vrijednost gubitaka izražena u % srednjeg opterećenja mreže P_{sr} .

Srednje opterećenje mreže može se definirati putem koficijenata:

$$m = \frac{W_u}{8760} P_{max} = \frac{P_{sr}}{P_{max}}$$

gdje je:

P_{max} — ukupna aktivna snaga u mreži (proizvodnja + uvoz)

Ako se sa ΔP_{max} označe gubici u režimu maksimalnog opterećenja, a sa ΔP_o dio tih gubitaka koji predstavlja tzv. stalne gubitke (gubitke u željezu, gubitke korone itd.), onda je:

$$\Delta P_{sr} (\%) = \frac{\Delta P_o + (\Delta P_{max} - \Delta P_o) m^2}{m P_{max}} \cdot 100$$

Osnovna prednost metode faktora gubitaka i metode srednje vrijednosti gubitaka snage jest u tome što kao ulazne podatke koristi dobro poznate podatke u svakom sistemu. Međutim, njihovi osnovni nedostaci su u tome što ne uvažavaju promjene dijagrama opterećenja u promatranom vremenu.

Time je njihova primjene ograničena na određivanje ukupnih gubitaka u određenom periodu kako za postojeće, tako i za perspektivne mreže, kao i na utvrđivanje ukupnih efekata pri primjeni neke od eksploatacionih mjera za smanjenje gubitaka.

3.4. Proračun gubitaka neovisnih o opterećenju

Da se odrede ukupni gubici električne energije u prijenosnoj mreži potrebno je odrediti i veličinu tzv. stalnih gubitaka. Najveći udio u stalnim gubicima imaju gubici praznog hoda u transformatorima i gubici korone. Proračun gubitaka energije praznog hoda transformatora veoma je jednostavan i zasniva se na množenju gubitaka u željezu (koji su određeni za svaki transformator) i vremena rada transformatora u promatranom periodu odnosno:

$$\Delta W_{Fe} = \sum_{i=1}^n \Delta P_{Fei} T_i$$

gdje je:

ΔP_{Fei} — gubici u željezu i-tog transformatora pri nominalnom naponu

T_i — broj sati rada transformatora u periodu T

n — ukupni broj transformatora

Proračun gubitaka korone nije jednostavan zato što se neki parametri čije je poznavanje za izračunavanje gubitaka nužno u toku vremena neprekidno mijenjaju. Oni su određeni prema postavkama iznesenim u lit. 7.

4. PRORAČUN VELIČINE I STRUKTURE GUBITAKA ELEKTRIČNE ENERGIJE U PRIJENOSNOJ MREŽI JUGOSLAVIJE U 1982. GODINI

Prema opisanoj metodologiji i utvrđenim podacima o satnim radnim i jalovim opterećenjima u čvorištima proizvodnje i potrošnje (prag prenosa i distribucije) na modelu je obavljen proračun gubitaka električne energije prijenosne mreže Jugoslavije u 1982. god.

Prijenosna mreža na modelu u ovoj analizi obuhvaća oko

540 čvorišta
 700 grana
 114 interkonektivnih transformatora.

Ispitivanja na računskom stroju obavljena su programom CLF/OPF (Constrained Load Flow/Optimum Power Flow) Control Systems-a, dobivenim MIS projektom i implementiranim u Institutu za elektroprivredu.

Izračunati gubici električne energije zbog opterećenja u prijenosnoj mreži Jugoslavije (vodovi 400 kV, 220 kV i 110 kV; transformatori 400/220 kV, 400/110 kV i 220/110 kV) u 1982. god. iznose itd.

1 230 GWh.

Gubici električne energije po republikama i pokrajinama prikazani su u tabl. 5.

Tablica 5.

Republika i pokrajina	Gubici	
	(GWh)	(% učešća)
Slovenija	141	11,5
Hrvatska	253	20,6
BiH	150	12,2
Crna Gora	43	3,5
Vojvodina	127	10,3
Srbija	401	32,6
Kosovo	46	3,7
Makedonija	69	5,6
Ukupno	1230	100

Ako se ovim gubicima dodaju tzv. stalni gubici, odnosno gubici korone u vodovima 400 kV koji iznose

16,9 MW odnosno 148 GWh.

i gubici u željezu interkonektivnih transformatora od 10,6 MW odnosno 9,3 GWh,

ukupni gubici električne energije u prijenosnoj mreži Jugoslavije (bez transformatora 110 kV i blok-transformatora elektrana) iznose

1 471 GWh.

Gubici električne energije u elektroenergetskom sistemu Jugoslavije u 1982. god. izračunati metodama faktora gubitaka iznose

1 418 GWh

a metodom srednjih godišnjih gubitaka snage

1 463 GWh.

Iz iznesenog je vidljivo da nema velikih razlika u proračunu ukupnih gubitaka električne energije navedenim metodama i da se metode koje zahtijevaju mali broj proračuna mogu koristiti u analizama koje ne zahtijevaju veliku točnost.

Da se utvrdi struktura gubitaka dodatnim programima pri svakom proračunu gubitaka za odabrana stanja izračunati su gubici snage po elementima prenosne mreže i naponskim nivoima.

Prosječni gubici snage ovisni o opterećenju za promatrana 24 stanja i izračunati gubici električne energije u 1982. god. po elementima i naponskim nivoima prikazani su u tabl. 6.

Tablica 6.

Elementi	Gubici snage		Gubici energije		
	(MW)	(%)	(GWh)	(%)	(%)
vodovi 400 kV	13,9	10,4	122	9,9	10,7
vodovi 220 kV	34,5	26,0	302	24,6	26,4
vodovi 110 kV	82,1	56,7	719	58,6	62,9
Ukupno vodovi	130,5	93,1	1143	93,1	100,0
TS 400/x kV	3,9	2,8	34	2,7	39,5
TS 220/110 kV	5,9	4,1	52	4,2	60,5
Ukupno TS	9,8	6,9	86	6,9	100,0
Sveukupno	140,3	100,0	1229	100,0	

Dobiveni rezultati pokazuju da gubici energije zbog opterećenja u vodovima čine oko 93 % ukupnih gubitaka, a gubici u transformatorima oko 7 % ukupnih gubitaka. Taj odnos se nešto razlikuje kad se uzmu u obzir gubici u transformatorima 110/x kV.

Najveći udio gubitaka u vodovima čine gubici u vodovima 110 kV (62,9%), zatim slijede vodovi 220 kV 26,4% i vodovi 400 kV 10,7%.

Struktura gubitaka električne energije po naponskim nivoima, uz procjenu gubitaka u TS 110/x kV od 150 GWh, u 1982. god. je prikazana u tabl. 7.

Kako se može zapaziti, mreža 110 kV je nosilac najvećeg dijela ukupnih gubitaka u prenosnoj mreži u 1982. god. (63%). Na prijenosnu mrežu 220 kV otpada oko 25,7 %, a na mrežu 400 kV oko 11,3 % ukupnih gubitaka.

Što se tiče gubitaka transformatora, njihov udio u ukupnim gubicima kreće se u granicama 2,5 % (transformatori 400/x kV do 10,9% (transformatori 110/x kV — procijenjena vrijednost).

Tablica 7.

Nap. nivo	Element	Gubici energije		
		(GWh)	(%)	(%)
400 kV:	vodovi 400 kV	122	8,8	78,2
	TS 400/x kV	34	2,5	21,8
	Ukupno	156	11,3	100,0
220 kV:	vodovi 220 kV	302	21,9	85,3
	TS 220/x kV	52	3,8	14,7
	Ukupno	354	25,7	100,0
110 kV:	vodovi 110 kV	719	52,1	82,7
	TS 110/x kV	150*	10,9	17,3
	Ukupno	869	63,0	100,0
	Sveukupno	1379	100,0	

* procijenjena vrijednost

5. USPOREDBA IZRAČUNATIH S ISKAZANIM GUBICIMA ELEKTRIČNE ENERGIJE

Iskazani gubici prenosa u mreži Jugoslavije u 1982. god. iznose

2 108 GWh.

Ako se u bilanci izuzmu veličine nabavljene odnosno prodane energije drugim republikama, odnosno ako je razlika nabavljene i prodane energije jednaka nuli, gubici prijenosa prema istim vrijednostima konzuma iznose

1 512 GWh.

Prema tome, u odnosu na ukupnu energiju na ulazu u sistem 62 341 GWh (ukupna proizvodnja elektrana + uvoz) iskazani gubici prijenosa iznose 3,4 % odnosno 2,4 %. Očito je da se ni jedna ni druga vrijednost gubitaka ne može smatrati točnom i da se stvarni gubici energije u 1982. god. nalaze negdje između ove dvije veličine.

Prema izvršenim proračunima različitim metodama gubici prijenosne mreže u užem smislu iznose:

- pomoću srednjih vrijednosti opterećenja čvorišta 1 471 GWh
- pomoću faktora gubitaka 1 463 GWh
- pomoću srednjih vrijednosti gubitaka snage 1 418 GWh.

Ako se ovim gubicima dodaju procijenjeni gubici u transformatorima 110/x kV 150 GWh i blok-transformatorima elektrana 120 GWh, onda izračunati gubici prijenosa u odnosu na energiju na ulazu u sistem iznose 2,8 % odnosno 2,7 % ovisno o metodi proračuna.

Dobivene veličine mogu se smatrati potpuno prihvatljivima iako su određena odstupanja izračunatih od stvarnih gubitaka električne energije u prijenosnoj mreži neminovna zbog metodološke i informacijske greške koja se javlja u samom proračunu.

6. ANALIZA GUBITAKA ELEKTRIČNE ENERGIJE U VODOVIMA 400 kV, 220 kV i 110 kV

Gubici električne energije zbog opterećenja u 1982. god. u vodovima 400 kV, 220 kV i 110 kV iznose oko 66 % ukupnih gubitaka u prijenosnoj mreži.

Ova činjenica pokazuje da se stanovišta ekonomičnosti rada elektroenergetskog sistema izboru presjeka vodova treba posvetiti posebnu pažnju.

U tabl. 8. prikazani su gubici energije u vodovima 400 kV, 220 kV i 110 kV po presjecima u 1982. god. U istoj tablici su prikazane i ekvivalentne dužine vodova. Pod pojmom »ekvivalentne dužine« razumijevaju se dužine vodova u postavljenom modelu dobivene dije-ljenjem omskog otpora jediničnom vrijednošću otpo-ra određenog presjeka.

Ako se usporede udjeli gubitaka po presjecima u od-nosu na ukupne gubitke prema udjelima njihovih du-žina, vidljivo je da dolazi do određenih odstupanja.

Tako vodovi 220 kV presjeka 2 × 360 mm² Ač po fazi koji čine oko 11 % ukupne dužine vodova 220 kV, gu-bici na njima iznose oko 20 % gubitaka, dok vodovi presjeka 360 mm² Ač koji čine oko 61 % ukupne du-žine gubici na njima iznose oko 51 % ukupnih gubit-aka u vodovima 220 kV.

Gubici u vodovima 110 kV 240 mm² Ač i 150 mm² Ač (jednostruki i dvostruki) iznose oko 78 % ukupnih gu-bitaka u vodovima 110 kV, što je nešto manje od ud-jela ekvivalentne dužine u ukupnoj dužini. Pri tome na vodove presjeka 240 mm² Ač otpada oko 31 %, a na vodove 150 mm² Ač oko 47 % gubitaka.

Tablica 8.

Napon kV	Presjek i materijal	Ekv. dužina		Gubici	
		km	%	MWh	%
400	2 × 2 × 490 Ač	48	2	2 290	2,0
	2 × 490 Ač	2 340	98	119 562	98,0
	Ukupno 400 kV	2 388	100,0	121 852	100,0
220	2 × 490 Ač	533	10,7	34 185	11,3
	490 Ač	553	11,1	43 609	14,5
	2 × 360 Ač	561	11,2	60 125	20,0
	360 Ač	3 050	61,1	153 605	51,0
	2 × 240 Ač	296	5,9	9 800	3,2
	Ukupno 220 kV	4 993	100,0	301 324	100,0
110	2 × 490 Ač	170	1,3	8 564	1,2
	490 Ač	28	0,2	391	0,0
	360 Ač	37	0,3	2 676	0,4
	2 × 240 Ač	770	6,0	51 867	7,2
	240 Ač	4 409	34,5	171 850	23,9
	210 Ač	146	1,1	5 977	0,8
	2 × 150 Ač	423	3,3	38 345	5,3
	150 Ač	5 103	39,9	301 563	41,9
	2 × 120 Ač	47	0,4	22 538	3,1
	120 Ač	153	1,2	7 497	1,0
	2 × 150 Cu	53	0,4	1 179	0,2
	150 Cu	248	2,0	24 698	3,4
	2 × 120 Cu	10	0	2 488	0,4
	120 Cu	575	4,5	35 281	4,9
	2 × 95 Cu	8	0	2 129	0,3
	95 Cu*	379	3,0	22 015	3,1
	2 × 6 – 8 Cu*	42	0,3	11 288	1,6
	6 – 8 Cu	162	1,3	7 756	1,1
	2 × 185 Al Mg	25	0,2	959	0,1
	300 Cu**	14	0,1	616	0,1
Ukupno 110 kV		12 802	100,0	719 673	100,0
Sveukupno		20 183		1 142 849	

* 6 – 8 Cu — presjeci 60 Cu, 70 Cu i 80 Cu
** Kabel

Da se utvrdi nivo opteretivosti vodova po presjeci-ma, analizirano je koji su vodovi opterećeni iznad 1,2 A/mm², odnosno iznad tzv. ekonomske granice.

Ustanovljeno je u promatrana 24 stanja da su vodovi 400 kV opterećeni ispod 1,2 A/mm². To se isto odnosi i na vodove 220 kV, osim vodova Konjsko — Bilice i Trebinje — Mostar na kojima se u nekoliko stanja po-javljaju veća opterećenja.

U mreži 110 kV najveći broj vodova opterećenih iz-nad tzv. ekonomske granice jesu vodovi presjeka 150 mm²/Ač. To se može opravdati i njihovom velikom zastupljenosti. Međutim, u usporedbi s presjekom 240 mm² Ač vidljivo je da su oni ipak znatno optere-ćeniji.

Maksimalno smanjenje gubitaka električne energije, koje se može postići zamjenom cjelokupne dužine vodova presjeka 150 mm² presjekom 240 mm² Ač, iz-nosi:

$$\Delta W_p (\%) = \frac{r_{01} - r_{02}}{r_{01}} \cdot 100 = \\ = \frac{0,19 - 0,12}{0,19} \cdot 100 = 37 \%$$

u odnosu na ukupne gubitke ovog presjeka.

Pri tome su:

r_{01} i r_{02} — jedinični omski otpori vodova 150 mm² Ač i 240 mm² Ač

To bi značilo smanjenje oko 112 GWh, odnosno oko 9,8 % gubitaka u vodovima zbog opterećenja.

Udvostručenje presjeka 150 mm² Ač donijelo bi sma-njenje gubitaka ovog presjeka za

$$\Delta W_p (\%) = \frac{r_{01}}{2 r_{01}} \cdot 100 = 50 \%$$

odnosno oko 13 % gubitaka u vodovima.

Naravno, postotak smanjenja gubitaka s obzirom na dužinu jednog voda nije linearan, već je to padajuća eksponencijalna funkcija. Zato je potrebno za svaki vod utvrditi njegovu opteretivost, odnosno gubitke po jedinici dužine i ekonomski promatrati efekt promjene presjeka najugroženijih dionica.

7. ANALIZA RADA TRANSFORMATORA U PRIJENOSNOJ MREŽI JUGOSLAVIJE U 1982. GOD.

Šarolikost transformatora u prijenosnoj mreži Ju-goslavije nameće samo po sebi pitanje da li su u transformatorskim stanicama, s obzirom na karakte-ristike, ugrađeni najekonomičniji transformatori.

Da se odgovori na to pitanje, potrebno je definirati odnose između prividne i nominalne snage transfor-matora, a u zavisnosti od njegovih ostalih parameta-ra koji moraju biti ispunjeni da bi stupanj iskorište-nja nekog transformatora bio maksimalan.

Stupanj iskorištenja transformatora u eksploataciji, odnosno pri promjeni dijagrama opterećenja defini-ran je kao omjer energije koju transformator se-kundarno daje u mrežu, prema energiji koju primar-no uzima iz mreže odnosno:

$$\eta = \frac{P_m \cdot T_m}{P_m + P_{Cu} \tau + P_{Fe} T}$$

gdje je:

- P_m — maks. snaga kroz transformator u promatranom vremenu T
 T_m — vrijeme trajanja maks. opterećenja
 P_{Cu} — gubici u bakru za vrijeme maks. opterećenja
 τ — vrijeme trajanja gubitaka P_{Cu}
 P_{Fe} — gubici u željezu pri nominalnom naponu
 T — vrijeme rada transformatora.

Gubici snage u bakru pri maksimalnom opterećenju transformatora se određuju pomoću izraza:

$$P_{Cu} = \left(\frac{S_m}{S_n} \right)^2 \left(\frac{U_n}{U} \right)^2 P_{Cu}$$

odnosno uvodeći faktor snage pri maksimalnom ($\cos \varphi_m$) i nominalnom opterećenju ($\cos \varphi_n$):

$$P_{Cu} = \left(\frac{P_m}{P_n} \right)^2 \left(\frac{\cos \varphi_n}{\cos \varphi_m} \right)^2 \left(\frac{U_n}{U} \right)^2 P_{Cu}$$

gdje je:

- P_{Cu} — gubitak snage u bakru pri nominalnom opterećenju
 U — napon na transformatoru kod maksimalne snage
 P_n, U_n — nominalna snaga odnosno napon transformatora.

Uvodeći izraz za gubitke u bakru pri maksimalnom opterećenju i koeficijent opterećenja transformatora kao omjer maksimalne i nominalne snage transformatora ($k = \frac{P_m}{P_n}$) za stupanj iskorištenja transformatora, dobiva se:

$$\eta = \frac{k P_n T_m}{k P_n T_m + k^2 \left(\frac{\cos \varphi_n}{\cos \varphi_m} \right)^2 \left(\frac{U_n}{U} \right)^2 P_{Cu} \tau + P_{Fe} T}$$

Stupanj iskorištenja transformatora postiže maksimalnu vrijednost kada je njegova prva derivacija po k jednaka nuli. Deriviranjem gornjeg izraza po k i izjednačavanjem s nulom dobiva se vrijednost k , pri čemu je η maksimalno, odnosno dobiva se optimalni odnos maksimalne i nominalne snage transformatora:

$$k = \sqrt{\frac{P_{Fe} T}{\left(\frac{\cos \varphi_n}{\cos \varphi_m} \right)^2 \left(\frac{U_n}{U} \right)^2 P_{Cu} \tau}}$$

Uz pretpostavku da je napon pri maksimalnoj snazi jednak nominalnom naponu $U_n = U$ i da je $\cos \varphi_n = \cos \varphi_m$, dobiva se:

$$k = \sqrt{\frac{P_{Fe} T}{P_{Cu} \tau}}$$

Za izračunavanje τ može se koristiti sljedeći izraz koji je u biti relativno vrijeme trajanja maksimalnih gubitaka:

$$A = \frac{(I_e f)^2}{(I_m)^2} = \Sigma \frac{\left(\frac{P_i}{S_m} \right)^2 + \left(\frac{Q_i}{S_m} \right)^2}{\left(\frac{U}{U_n} \right)^2} \frac{t_i}{T} =$$

$$= \cos^2 \varphi_m \Sigma \frac{\left(\frac{P_i}{P_m} \right)^2}{\left(\frac{U}{U_n} \right)^2} \frac{t_i}{T} + \sin^2 \varphi_m \Sigma \frac{\left(\frac{Q_i}{Q_m} \right)^2}{\left(\frac{U}{U_n} \right)^2} \frac{t_i}{T} = A_a + A_r$$

Prema tome:

$$\tau = \frac{A}{100} T$$

odnosno:

$$k = \sqrt{\frac{P_{Fe} 100}{P_{Cu} A}}$$

Naravno ako se traži vrijednost faktora k kojem stalno treba težiti da bi stupanj iskorištenja bio maksimalan, dobiva se:

$$k = \sqrt{\frac{P_{Fe}}{P_{Cu}}}$$

Analiza opteretivosti transformatora elektroenergetskog sistema Jugoslavije obavljena je za transformatore gornjeg napona 400 kV, 220 kV i za karakteristične transformatore 110 kV. Karakterističnim transformatorima smatraju se oni koji su snagom i karakteristikama najviše zastupljeni.

Prema podacima elektroprivrednih organizacija republika i pokrajina, u elektroenergetskom sistemu Jugoslavije krajem 1982. god. bilo je:

- 33 transformatora gornjeg napona 400 kV
- 81 transformator gornjeg napona 220 kV
- 866 transformatora gornjeg napona 110 kV.

Ukupna instalirana snaga ovih transformatora iznosi 44 364 MVA.

Na temelju podataka o gubicima u bakru i željezu izračunate su vrijednosti odnosa prividne i nominalne snage transformatora (faktor opteretivosti) kojemu treba težiti u svakom trenutku da bi stupanj iskorištenja bio maksimalan.

Kod transformatora 400/x optimalni faktor opteretivosti kreće se u granicama 0,43 — 0,60 a kod transformatora 220/110 kV u granicama 0,31 — 0,67. Kod odabranih karakterističnih mrežnih transformatora optimalni faktor opteretivosti nalazi se u granicama 0,37 — 0,78.

Da se utvrdi da li su parametri transformatora dobro odabrani i da li su transformatori dobro iskorišteni, učinjena je usporedba faktora opteretivosti za 25 ispitanih stanja s optimalnim. Za svaki transformator utvrđen je broj stanja u kojima se opteretivosti transformatora nalaze u granicama $\pm 20\%$ od optimalne. Naime, smatra se da je transformator dobro iskorišten ako se faktor opteretivosti u svim karakterističnim stanjima nalazi unutar ovih granica.

Dobiveni rezultati pokazuju da je velik broj interkonektivnih transformatora opterećen ispod navedenih granica. Pri tome se pojavljuje i nekoliko transformatora 220/110 kV koji su opterećeni iznad ovih gra-

nica. Ta konstatacija vrijedi i za karakteristične transformatore 110/x kV, gdje je malo koji transformator bio optimalno opterećen.

Ako se promatra stupanj iskorištenja transformatora u cijelom promatranom razdoblju, uzevši u obzir promjene dijagrama opterećenja, dobiju se isti rezultati.

Da bi se ostvario ekonomičniji rad transformatora, postoje dvije mogućnosti: isključenje paralelnih transformatora u periodima niske opteretivosti i premještanje transformatora iz jedne transformatorske stanice u drugu. Efekt uštede energije koji se dobiva isključenjem transformatora treba posebno utvrditi za svaku transformatorsku stanicu. Naime, isključivanjem transformatora smanjuju se gubici u željezu, ali se zato povećavaju gubici u bakru transformatora u pogonu. Isto tako, da bi se predložilo premještanje transformatora iz jedne transformatorske stanice u drugu, potrebno je utvrditi troškove premještanja i usporediti s uštedama koje nastaju kod rada transformatora u povoljnijim uvjetima.

8. ZAKLJUČAK

1. Iskazani ukupni prosječni gubici električne energije u elektroenergetskom sistemu Jugoslavije u razdoblju 1973 — 1982. god. iznose 10,1%. U usporedbi sa 20 zemalja Evrope, po veličini iskazanih ukupnih prosječnih gubitaka Jugoslavije zauzima 1. mjesto. Ova tvrdnja ne uzima u obzir razlike koje se javljaju u organizaciji mjerenja, očitavanju, udjelu neuvaženih potrošača itd.

2. Iskazani ukupni gubici prijenosa u 1982. god. iznose 2,9% u odnosu na ukupno raspoloživu energiju. Ako se u elektroenergetskoj bilanci Jugoslavije pretpostavi da je nabavljena energija od republika i pokrajina jednaka prodanoj, onda gubici prijenosa u 1982. god. iznose 2,6%. To dovodi u sumnju točnost evidentiranih podataka koji se koriste za iskazivanja gubitaka električne energije.

3. Izračunate veličine gubitaka pokazale su da se pri proračunu ukupnih gubitaka električne energije u elektroenergetskom sistemu Jugoslavije mogu koristiti i jednostavnije metode kad se ne zahtijeva velika točnost.

4. U strukturi gubitaka zbog opterećenja na naponski nivo 110 kV otpada oko 63%, na naponski nivo 220 kV 25,7% a na 400 kV 11,3%

Najveći nosioci gubitaka zbog opterećenja jesu vodovi 110 kV: 52,1% ukupnih gubitaka, zatim vodovi 220 kV 21,9%, dok na vodove 400 kV otpada 8,8%. Udio gubitaka u transformatorima u odnosu na ukupne gubitke iznosi 17,2%, i to: transformatori 110 kV 10,9% (procijenjena vrijednost), transformatori 220 kV 3,8% i transformatori 400 kV 2,5%.

5. Gubici energije u vodovima po presjecima pokazuju da na vodove 220 kV presjeka $2 \times 360 \text{ mm}^2$ Ač, koji čine oko 11% ukupne dužine vodova 220 kV, otpada 20%, a na vodove presjeka 360 mm^2 Ač oko 51% ukupnih gubitaka u vodovima 220 kV.

Na vodove 110 kV presjeka 150 mm^2 Ač i 240 mm^2 Ač (jednostruke i dvostruke) otpada oko 78% ukupnih gubitaka u vodovima 110 kV, od čega na vodove 150 mm^2 Ač 47%, a na vodove 240 mm^2 Ač 31%.

6. Najveći broj vodova opterećenih iznad tzv. ekonomske granice $1,2 \text{ A/mm}^2$ u promatranih 24 režima rada sistema jesu vodovi presjeka 150 mm^2 Ač. Prosječno je u svakom režimu opterećeno 15 vodova ekvivalentne dužine oko 336 km. Za zamjenu tih i ostalih znatno opterećenih vodova većim presjekom potrebno je za svaki vod utvrditi njegovu opteretivost odnosno gubitke po jedinici dužine i promatrati ekonomski efekt promjene presjeka najugroženijih dionica.

7. Analiza opteretivosti transformatora pokazuje da je u 1982. god. velik broj bio opterećen ispod granice optimalne opteretivosti. To pokazuje i činjenica da su u 1982. god. u interkonektivnim transformatorima gubici u željezu veći od gubitaka u bakru.

8. Budući da suvremeni razvoj elektroenergetskog sistema Jugoslavije karakterizira visok nivo gubitaka električne energije, ograničenost energetske resursa i »skupe« investicije, smanjenje gubitaka postaje prvorazredni zadatak za privredu zemlje, jer svaki postotak smanjenja gubitaka znači godišnje uštede desetaka hiljada tona uvjetnog goriva, što je ekvivalentno dodatnom energetskom potencijalu.

LITERATURA

- [1] J. TOPIĆ: »Problematika gubitaka električne energije u prenosnoj i distributivnim mrežama Jugoslavije«, Institut za elektroprivredu, Zagreb, 1985.
- [2] E. TURKOVIĆ, J. VUČKOVIĆ: »Studija problematike gubitaka električne energije u prenosnoj mreži SR Srbije«, Elektrotehnički institut »Nikola Tesla«, Beograd, 1980.
- [3] E. TURKOVIĆ, J. VUČKOVIĆ: »Usavršavanje metoda za sistematsko praćenje i planiranje gubitaka električne energije u mreži ZEP-a«, Elektrotehnički institut »Nikola Tesla«, Beograd, 1983.
- [4] J. TOPIĆ: »Metodologija za određivanje gubitaka energije u prijenosnim mrežama«, Institut za elektroprivredu, Zagreb, 1982.
- [5] J. TOPIĆ: »Veze gubitaka snage i energije u prijenosnim mrežama elektroenergetskog sistema« (magistarski rad), Elektrotehnički fakultet, Zagreb, 1982.
- [6] H. POŽAR, B. UDOVIČIĆ: »Vrijednost gubitaka prijenosa u elektroenergetskom sistemu Jugoslavije«, Institut za elektroprivredu, Zagreb, 1964.

- [7] B. MARKOVČIĆ: »Korona i njeni gubici«, Elektroprivreda br. 9 — 10, 1977.
- [8] Poteri elektroenergi i v električeskih setjah energosistem Energoatomizdat, Moskva, 1983.
- [9] VDEW, NETZVERLUSTE, 3 Ausgabe, Frankfurt, 1978.
- [10] B. STOY: »Die Bestimmung des Arbeitswerlustfaktors für den allgemeinen Belastungsfall, Dissertation TH Karlsruhe 1966.
- [11] Statistički godišnjak elektroprivrede SFRJ za 1973, 1974, 1975, 1976, 1977, 1978, 1979, 1980, 1981. i 1982. godinu. Zajednica jugoslavenske elektroprivrede
- [12] Dispečerski izvještaj 1979, 1980, 1981. i 1982. god., Zajednica Jugoslavenske elektroprivrede.

ANALYSIS OF ELECTRIC POWER LOSSES IN TRANSMISSION NETWORK OF YUGOSLAVIA

In the article are presented results of electric power analysis in transmission network of Yugoslavia. Analysed are networks of 400, 220, and 110 kV voltages as well as interconnection transformers. Losses regarding voltages and conductor cross sections are determined.

VERLUSTANALYSE DER ELEKTRISCHEN ENERGIE IM JUGOSLAWISCHEN ÜBERTRAGUNGSNETZ

In der Arbeit werden die Resultate der Größe und Struktur der Verluste der elektrischen Energie im jugoslawischen Übertragungsnetz angeführt. Analysiert wurden die Netze, Spannung 400, 220, 110 kV als auch interkonektive Transformatoren dieser Spannungen. Es wurden die Verluste in Spannungen und Durchmessern der Leiter festgestellt.

АНАЛИЗ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В СЕТИ ЛЭП ЮГОСЛАВИИ

В работе представлены результаты анализа значений и структуры потерь электроэнергии в сети ЛЭП Югославии. Анализировались сети напряжения 400, 220 и 110 кВ, а также трансформаторы для соединения сетей указанных напряжений; потери определены по напряжениям и сечениям проводов.

Naslov pisca:

mr Jakša Topić, dipl. inž.
Institut za elektroprivredu,
41000 Zagreb, Proleterskih b. 37
Jugoslavija
Uredništvo primilo rukopis
1985-10-21

INGRA

ZAGREB – YUGOSLAVIA

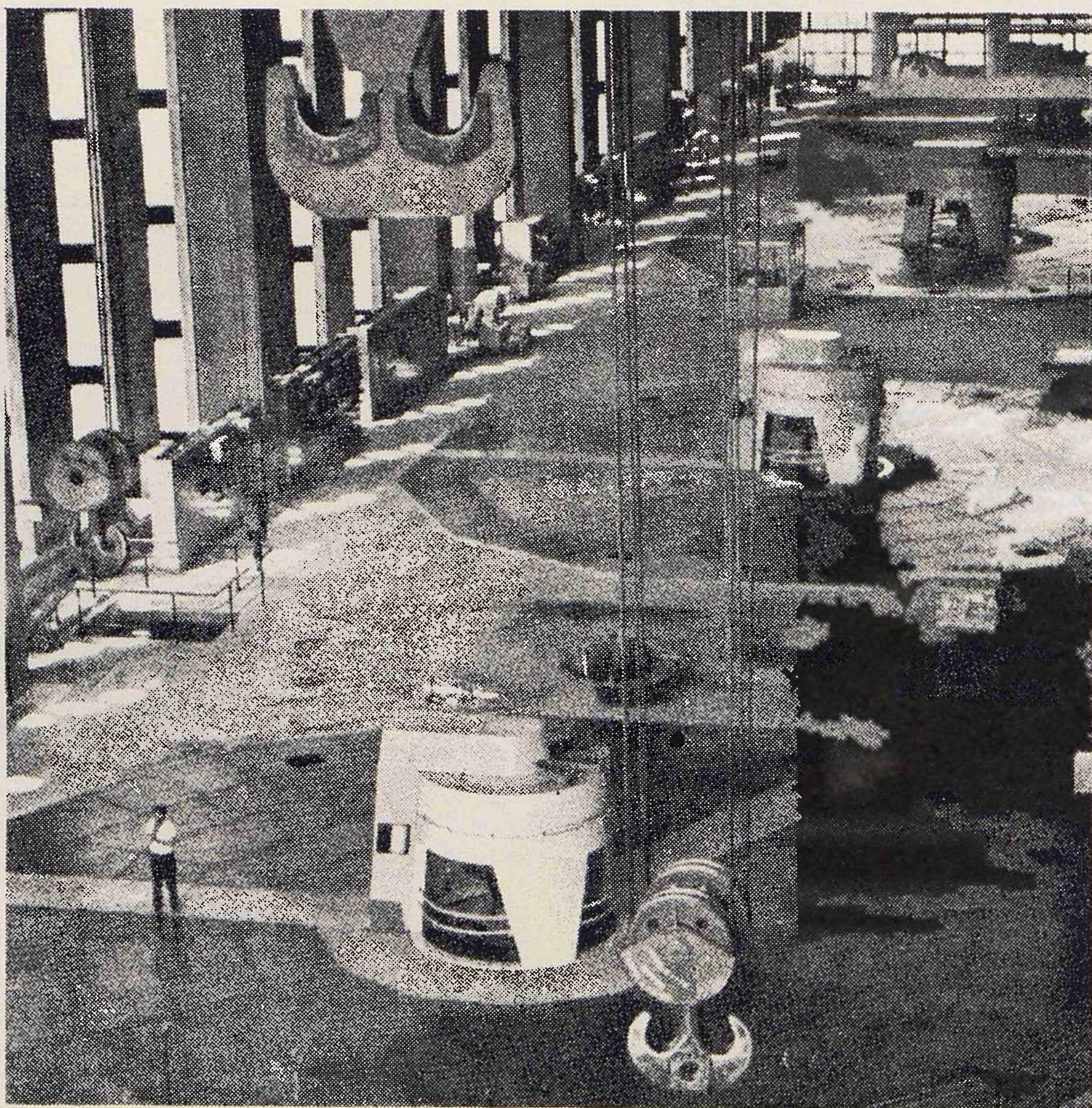
DUGOGODIŠNJA TRADICIJA U PROIZVODNJI I MONTAŽI OPREME ZA HIDRO, DIESEL I TERMO ENERGETSKE OBJEKTE KAO I U PODRUČJU PRIJENOSA I DISTRIBUCIJE ELEKTRIČNE ENERGIJE, OMOGUĆILA JE INGRI DA UDE U KRUG PONUĐAČA SVJETSKI RENOMIRANIH ORGANIZACIJA KAO POUZDAN, KONKURENTAN I KVALITETAN PARTNER.

NIZ ENERGETSKIH OBJEKATA IZGRAĐEN U MNOGIM ZEMLJAMA SVIJETA, PREDSTAVLJA ZNAČAJNU REFERENCU ZA DALJNJE AKTIVNOSTI INGRE NA TOM PODRUČJU.

UDRUŽENI ČLANOVI INGRE, VELIKE PROIZVODNE I PROJEKTANTSKE ORGANIZACIJE, KAO ŠTO SU ELEKTRO-PROJEKT, METALNA, LITOSTROJ, JUGOTURBINA, RADE KONČAR, PA ZATIM ĐURO ĐAKOVIĆ, TPK, ATM, VEMOS, DALEKOVOD, PREDSTAVLJAJU GLAVNE ČINIOCE ENERGETSKOG PROGRAMA INGRE, TE NA TAJ NAČIN OMOGUĆAVAJU DA INGRA, NA BAZI INŽENJERINGA, REALIZIRA KOMPLETNE ENERGETSKE OBJEKTE U ZEMLJI I INOZEMSTVU KAO I DA ISPORUČI UGOVORENU OPREMU INVESTITORU.

PORED ENERGETIKE U PROGRAM INGRE ULAZI PROCESNA INDUSTRIJA, GRAĐEVINARSTVO, ČELIČNE KONSTRUKCIJE I MONTAŽA.

41000 ZAGREB, PROLETERSKIH BRIGADA 62 P. O. P. 277 CABLE: INGRA ZAGREB PHONE: 515-355 TLX. 21 239, 21 728 YU INGRA



ELEKTROENERGETSKA BILANCA U PLANIRANJU RAZVOJA ELEKTROENERGETSKOG SISTEMA (III dio: Sigurnost zadovoljenja potrošnje)

dr Goran G r a n i ć — mr Damir P e š u t, Zagreb

UDK 621.311.001

ORIGINALNI ZNANSTVENI RAD

U radu je razrađen dio metode za proračun elektroenergetske bilance za planiranje razvoja elektroenergetskog sistema koji se odnosi na sigurnost zadovoljenja potrošnje. Kao kriteriji sigurnosti posebno se postavljaju neizvjesnost hidrologije i nerasploživost termoelektrana.

Ključne riječi: elektroenergetski sistemi, elektroenergetska bilanca planiranje.

1. UVOD

U našem svakodnevnom stručnom jeziku uvriježio se je termin »sigurnost opskrbe potrošača« koji opisuje sigurnost zadovoljenja potrošnje na pragu elektrana i ne promatra elemente mreže. Sam naziv »potrošača« asocira na sigurnost u čvorištu potrošača, što u ovom slučaju nije, pa je prikladnije da se govori o »sigurnosti zadovoljenja potrošnje«. Još potpunija definicija glasila bi: »kriteriji sigurnosti zadovoljenja potrošnje koji određuju minimalnu potrebnu izgradnju proizvodnih postrojenja elektroenergetskog sistema«. U takvoj definiciji opisan je problem razvoja sistema.

Problemi i dileme koji se pojavljuju u planiranju izgradnje proizvodnih postrojenja elektroenergetskog sistema vjerojatno su identične s problemima i dilemama u izgradnji bilo kojih drugih industrijskih postorjenja: minimizirati izgradnju a postići zadovoljavajuću sigurnost zadovoljenja potrošnje. Uostalom, težnja za postizavanjem maksimalne koristi s minimumom truda utkana je u sve aktivnosti čovjeka u njegovu svakodnevnom životu. Pozitivna strana toga je iznalaženje kvalitetnih rješenja u razvoju ili unapređenju postojećih rješenja u eksploataciji.

Faktori koji utječu na nivo potrebne izgradnje proizvodnih postrojenja mogu se podijeliti u tri grupe:

- neizvjesnost proizvodnje hidroelektrana po količini i dinamici,
- nerasploživost proizvodnih postrojenja
- rezerva sistema, povezanost s ostalim sistemima i mogućnost prilagođavanja rada velikih potrošača potrebama sistema.

Bitno je također napomenuti da djelovanje utjecajnih faktora nije jednako i specifičnost je svakog elektroenergetskog sistema, kao i to da utjecajni faktori imaju i vremensku dimenziju kao posljedicu

razvoja sistema i promjena u strukturi proizvodnih postrojenja.

2. NEIZVJESNOST PROIZVODNJE HIDROELEKTRANA

Za elektroenergetski sistem SRH, kao i većine ostalih republika i Jugoslavije kao cjeline, neizvjesnost ostvarenja proizvodnje je u ovom trenutku najutjecajniji faktor na sigurnost zadovoljenja potrošnje. U ovom se trenutku naglašava, jer se može očekivati zbog promjena u strukturi zadovoljenja potrošnje, smanjenje njegova djelovanja u budućnosti. Veličina utjecaja neizvjesnosti ostvarenja proizvodnje hidroelektrana proizlazi iz velikih oscilacija proizvodnje kako po iznosu, tako i po vremenskom rasporedu tijekom godine.

Kod dimenzioniranja izgradnje proizvodnih postrojenja važno je sagledati prilike u sistemu kod nepovoljnih mogućnosti zadovoljenja potrošnje. Za kvantificiranje utjecaja neizvjesnosti proizvodnje hidroelektrana to znači izbor manje od prosječne moguće proizvodnje hidroelektrana koja ima veću vjerojatnost da se ostvari. Pri tome postoji dilema: da li odabrati reprezentativnu hidrologiju po godišnjoj proizvodnji hidroelektrana, a sezonske oscilacije odabrati prema najbližoj godini u prošlosti, ili odrediti moguću proizvodnju iz hidrološkog niza podataka posebno za svaki mjesec, a godišnju proizvodnju odrediti kao sumu mjesečnih proizvodnji. Odabrana je druga varijanta, koja je po neizvjesnosti ostvarenja jednako neizvjesna kao i svaka druga sezonska raspodjela proizvodnje, ali je objektivnija jer svaki mjesec stavlja u jednako nepovoljni položaj.

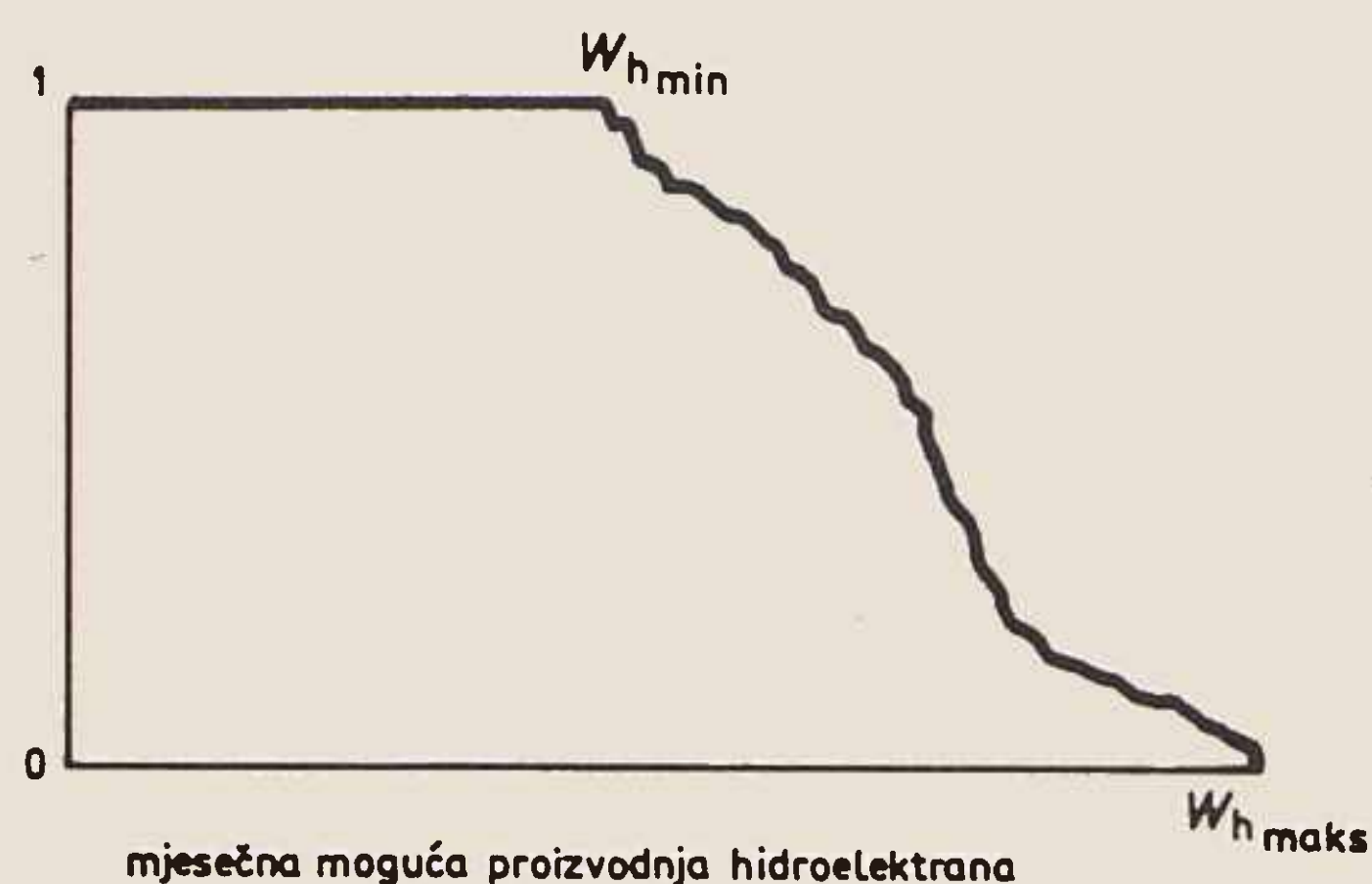
Problem neizvjesnosti obuhvaća se kod dimenzioniranja izgradnje sistema preko reprezentativne proizvodnje hidroelektrana, koja ima odabranu vjerojatnost pojave, a određuje se za svaki mjesec posebno.

Model hidroelektrana sastoji se od većeg broja hidroloških godina. Do sada se je koristio model sastavljen od podataka o mogućim proizvodnjama hidroelektrana od 40 godina (hidrološki niz podataka od 1926. do 1965. godine). Vjerojatnost pojave svake hidrološke situacije iz niza jednaka je i iznosi

$$v_g = \frac{1}{H}$$

gdje je v_g — vjerojatnost pojave hidrološkog slučaja, a H — broj godina u nizu.

Za svaki mjesec moguće je iz determinističkog niza podataka prijeći u niz podataka po opadajućim vrijednostima, što omogućava formiranje krivulje trajanja moguće proizvodnje hidroelektrana.



Slika 1. Krivulja trajanja moguće proizvodnje hidroelektrana

Krivulja trajanja moguće (mjesečne) proizvodnje hidroelektrana može se također aproksimirati Gram-Charlierovim redom. Aproksimacija je potrebna da bi se sa što većom objektivnošću odredila moguća proizvodnja za pretpostavljenu vjerojatnost ostvarenja. U L2 prikazano je da se aproksimacija krivulje trajanja Gram-Charlierovim redom razlikuje samo u načinu određivanja momenta u ovisnosti o obliku i načinu na koji je krivulja određena. Srednja vrijednost može se odrediti prema izrazu

$$\mu_{h1} = \sum_{g=1}^H v_g \cdot W_{hg} \quad (1)$$

gdje je W_{hg} — mjesečna moguća proizvodnja hidroelektrana.

Kako je vjerojatnost v_g jednaka u svim slučajevima, izraz za srednju vrijednost može se napisati i u obliku

$$\mu_{h1} = \frac{1}{H} \sum_{g=1}^H W_{hg} \quad (2)$$

Izraz za standardnu devijaciju u odnosu na srednju vrijednost, uz uvažavanje jednake vjerojatnosti pojave proizvodnje, glasi:

$$\sigma_h^2 = \sum_{g=1}^H v_g (W_{hg} - \mu_{h1})^2$$

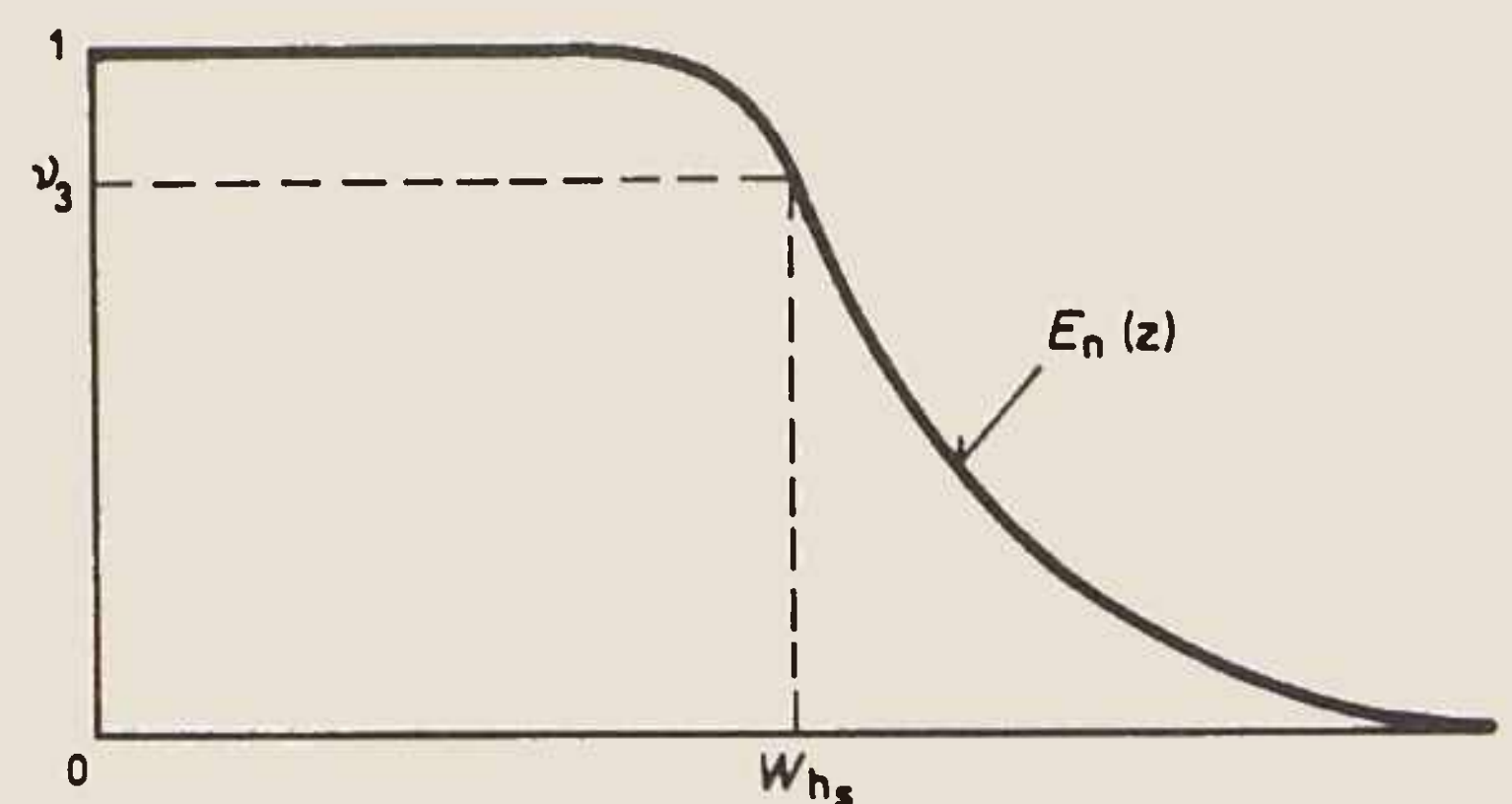
$$\frac{1}{H} \sum_{g=1}^H (W_{hg} - \mu_{h1})^2 \quad (3)$$

Ostali momenti višeg reda mogu se odrediti po skraćenom izrazu kao i standardna devijacija

$$\mu_h^j = \frac{1}{H} \sum_{g=1}^H (W_{hg} - \mu_{h1})^j \quad \text{za } j = 3, 4, \dots \quad (4)$$

Kumulanti reda određuju se prema izrazu 16 iz L2, a kumulantna funkcija distribucije opisana Gram-Charlierovim redom prema izrazu 24 iz L2.

Iz krivulje $E_n(z)$ koja opisuje krivulju trajanja moguće proizvodnje hidroelektrana može se za određenu vjerojatnost izračunati odgovarajuća moguća proizvodnja hidroelektrana.



Slika 2. Moguća proizvodnja za traženu vjerojatnost pojave

Za vrijednost funkcije

$$E_n(z) = v_s \quad (5)$$

izračuna se pripadajuća vrijednost standardne varijable z_s , koja omogućava da se po izrazu

$$W_{hs} = \mu_{h1} + z_s \cdot \sigma_h \quad (6)$$

izračuna vrijednost moguće proizvodnje hidroelektrana.

Krivulja trajanja proizvodnje hidroelektrana opisuje se trima podacima:

- mogućom proizvodnjom
- konstantnom proizvodnjom i
- maksimalnom snagom,

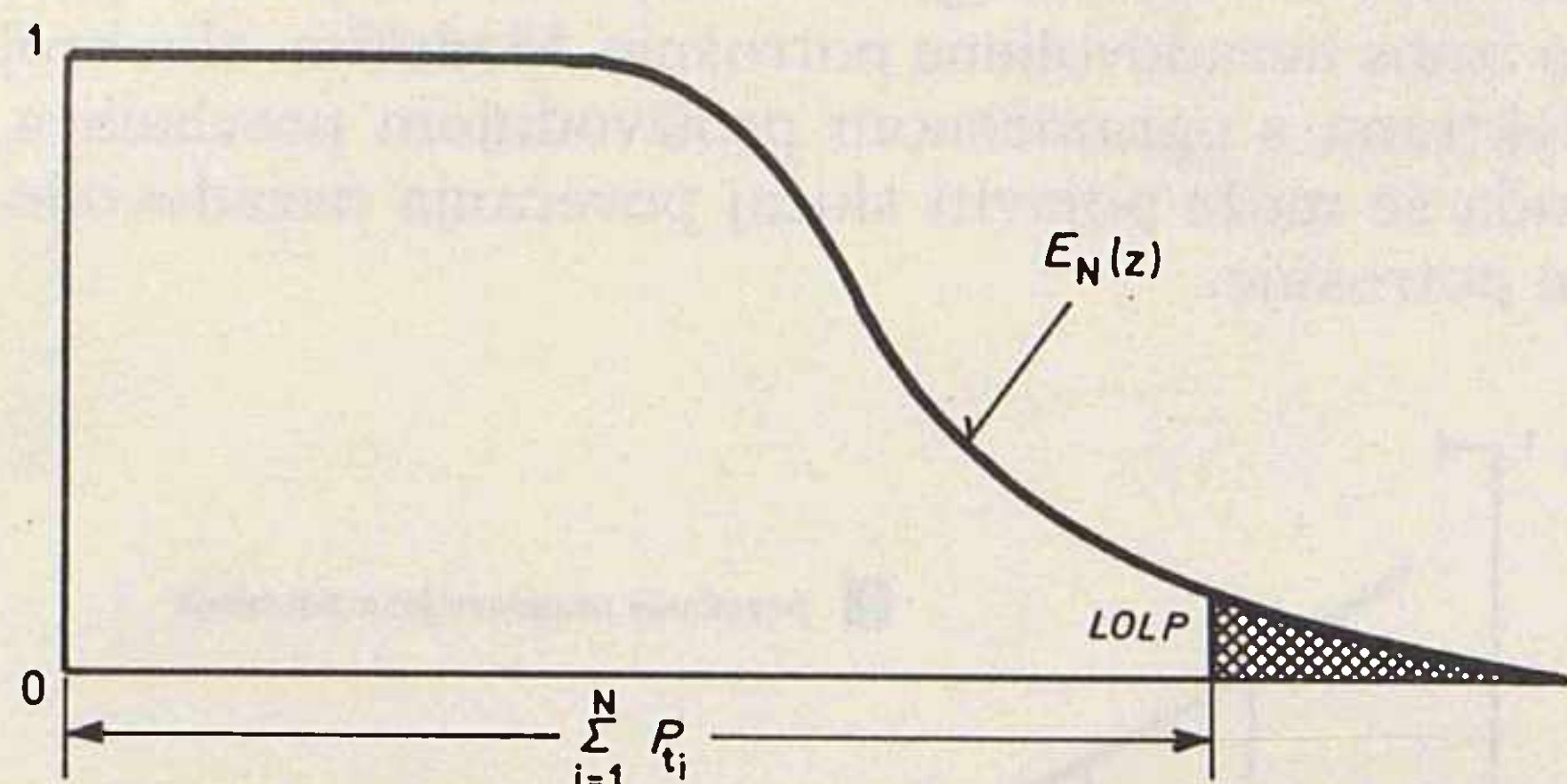
a prema izloženom postupku određen je samo jedan podatak. Ostala dva podatka određuju se na principu sličnosti s ostvarenjem iz hidrološkog niza na način da se maksimalna snaga i raspodjela proizvodnje na konstantnu i vrijabilnu proizvodnju odredi prema najbližoj proizvodnji iz niza hidroloških podataka.

3. RASPOLOŽIVOST TERMoeLEKTRANA

Zbog nepredviđenih ispada termoelektrana (u studijama planiranja razvoja elektroenergetskog sistema najčešće se uzima 100% raspoloživost hidroelektrana) posebno je izgraditi znatno više termoelektrana nego što iznosi dio maksimalne snage koj treba da zadovolje termoelektrane. Ako bi se nivo izgrađenosti određivao prema prosječnoj hidrologiji, jasno je da bi trebalo znatno manje izgraditi sistem nego što bi to bio slučaj s nešto nepovoljnijom hidrologijom. Izborom reprezentativne hidrologije određuje se dimenzija utjecaja hidrologije na potrebnu izgradnju sistema.

Kao mjera neraspoloživosti termoelektrana, odnosno utjecaja neraspoloživosti termoelektrana na potrebnu izgradnju sistema, uvodi se termin LOLP (Loss-of-Load Probability), koji znači vjerojatnost da će u sistemu za zadovoljenje potrošnje nedostajati snage.

LOLP je vrijednost funkcije $E_N(z)$ nakon angažiranja posljednje (N-te) elektrane kod snage $\sum_{i=1}^N P_{ti}$. Postupak za određivanje funkcije $E_N(z)$ već je prije opisan.



Slika 3. Vjerojatnost nezadovoljenja snage (LOLP)

Potrebna izgrađenost proizvodnih postrojenja može se smatrati postignutom ako je u svakom promatranom mjesecu pri reprezentativnoj hidrologiji ostvarena unaprijed zadana vrijednost LOLP-a. Kako je nivo potrošnje različit po mjesecima, a isto tako i mogućnosti proizvodnje hidroelektrana, očito je da će kritične prilike biti najvjerojatnije u jednom mjesecu, dok će u ostalim mjesecima prilike biti povoljnije.

Vrijednost LOLP-a ovisi o karakteristikama potrošnje, strukture i veličine termoelektrana (uključujući i nuklearne i termoelektrane toplane), kao i ostalih faktora koji utječu na sigurnost zadovoljenja potrošnje.

4. OSTALI UTJECAJNI FAKTORI

Pod ostalim utjecajnim faktorima misli se na mogućnosti sistema da amortizira dio neizvjesnosti oko zadovoljenja potrošnje, koja može proizaći iz nesigurnosti ostvarenja hidrologije ili neplaniranih ispada termoelektrana, što znači da se u slučaju da je amortizacija moguća sistem može dimenzionirati niže, a da se pri tome potrošačima (glavnini) osigura jednak nivo sigurnosti proizvodnje električne energije. Ostali utjecajni faktori mogu se podijeliti u dvije grupe:

- mogućnosti sistema da se prilagođava prilikama
- rezerva sistema i mogućnost njena osiguranja kroz povezanost s drugim sistemima.

U vrlo nepovoljnim prilikama u elektroenergetskom sistemu, nepovoljne hidrologije i ispada većeg broja elektrana, mogu se pojaviti takve situacije da se s proizvodnjom hidroelektrana i raspoloživim termoelektranama ne može zadovoljiti očekivana potrošnja električne energije. Takva situacija se uostalom i predviđa, jer kriterij sigurnosti zadovoljenja potrošnje ne mora jednako ugroziti sve potrošače, već se između njih može napraviti razlika u nivou sigurnosti. Selektivnom obustavom isporuke energije određenim potrošačima ili grupama potrošača omogućava se uspostavljanje ravnoteže između proizvodnje i potrošnje električne energije i sigurna opskrba ostalih potrošača. Time se postiže direktna supstitucija proizvodnje onih elektrana koje su izvan pogona.

Pri izboru vrijednosti parametara kojima se određuje minimalno potrebna izgradnja elektroenergetskog sistema (vjerojatnost hidrologije i *LOLP*) potrebno je napraviti analizu mogućnosti prilagođavanja potrošača prilikama u sistemu i putem odabranih vrijednosti parametara izraziti tu mogućnost. Jasno je da će se to razlikovati od sistema do sistema, jer je struktura potrošača u svim sistemima različita.

Drugi utjecajni faktor je planirana rezerva sistema. Bez obzira na to da li se rezerva sistema određuje na temelju vlastitih potreba sistema (republike) ili kao dio rezerve sistema Jugoslavije, veličina rezerve i način njena osiguranja direktno utječe na potrebnu izgradnju sistema. Manja rezerva koju sam sistem mora osigurati znači i manju izgradnju sistema. Moguće smanjenje potrebne rezerve u sistemu krije se u povezanosti sistema unutar Jugoslavije i s mrežom UCPTE-a. Može se očekivati da će se u sistemu ostalih republika ili mreže UCPTE-a naći jedan dio snage koji može kompenzirati odgovarajući dio rezerve u sistemu. Takva pretpostavka temelji se na:

- neistodobnosti maksimalnih opterećenja u sistemu koji su međusobno povezani i
- nezavisnosti ispada elektrana u povezanom sistemu.

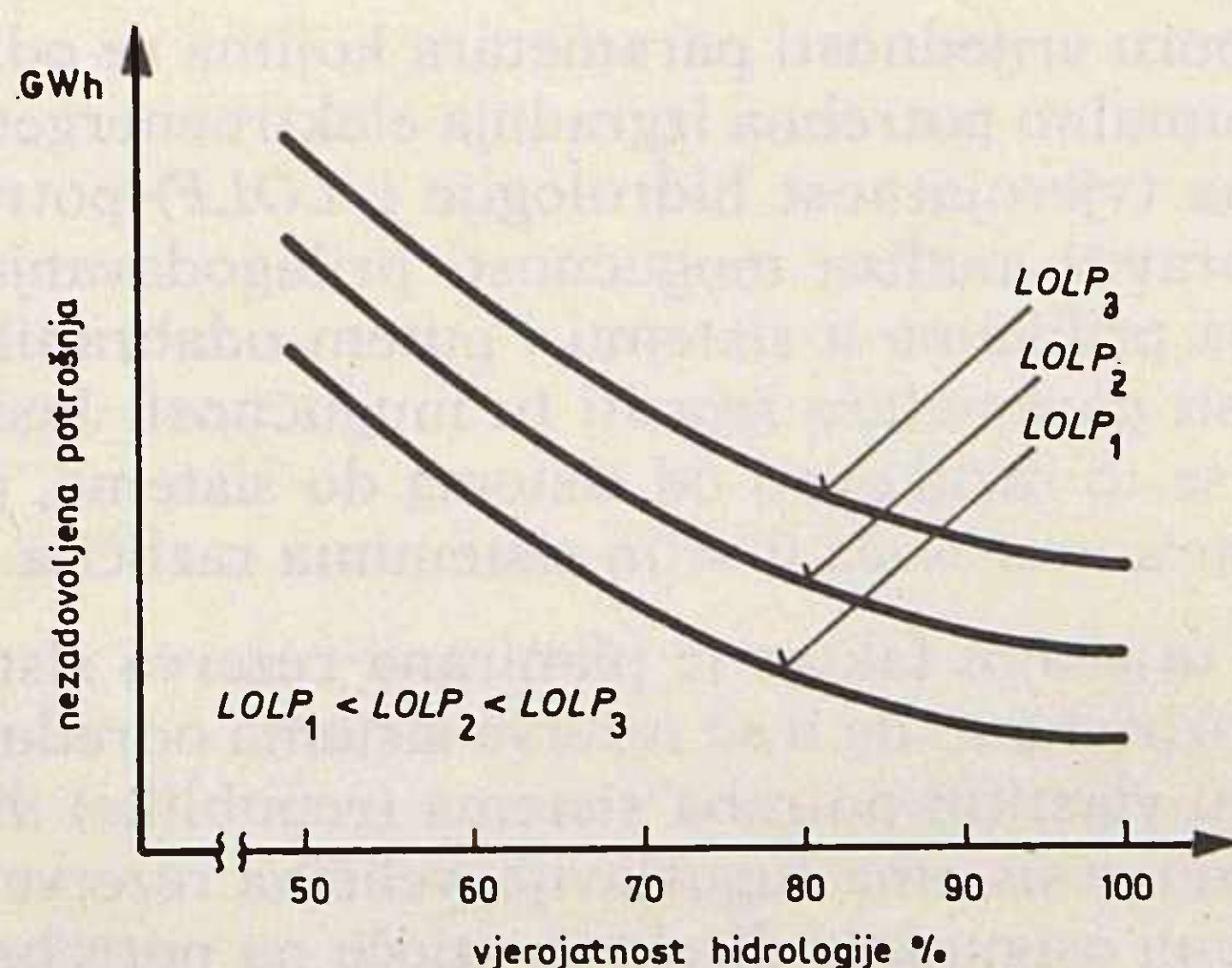
U kvantifikaciji osiguranja dijela rezerve izvan vlastitog sistema potrebno je uzeti u obzir da pretpostavka viška snage u ostalim sistemima ima manju vjerojatnost nego da se takva snaga osigura u vlastitom sistemu. Međutim, bez obzira na tu smjernicu, uključivanje mreže ostalih sistema u osiguranju dijela rezerve doprinosi smanjenju rezerve koju sistem sam treba osigurati, a direktna posljedica toga je manja izgradnja sistema.

Ako bi se prihvatio takav pristup zadovoljenja rezerve sistema, dio rezerve koji može preuzeti mreža uključio bi se u bilancu kao elektrana odgovarajuće snage, koja je po redoslijedu angažiranja posljednja, a po raspoloživosti znatno manja od najniže raspoloživosti elektrana iz vlastitog sistema. Mogla bi se napraviti razlika između dijela rezerve koji bi se osigurao iz mreže Jugoslavije u odnosu na dio rezerve koji bi se osigurao iz mreže UCPTE-a kako po iznosu, tako i po vjerojatnosti događaja.

5. NEZADOVOLJENA POTROŠNJA KAO POSLJEDICA NEDOVOLJNE IZGRADNJE SISTEMA

Pri planiranju izgradnje proizvodnih postrojenja elektroenergetskog sistema unaprijed se pretpostavlja da se ukupna potrošnja neće u potpunosti zadovoljiti. Izborom parametara: vjerojatnosti hidrologije i vjerojatnosti nezadovoljenja snage direktno se utječe na iznos nezadovoljene potrošnje.

Što je odabrana veća vrijednost vjerojatnosti hidrologije i vjerojatnosti nedostatka snage (LOLP), veća je izgradnja sistema, a manja nezadovoljena energije (sl. 4).



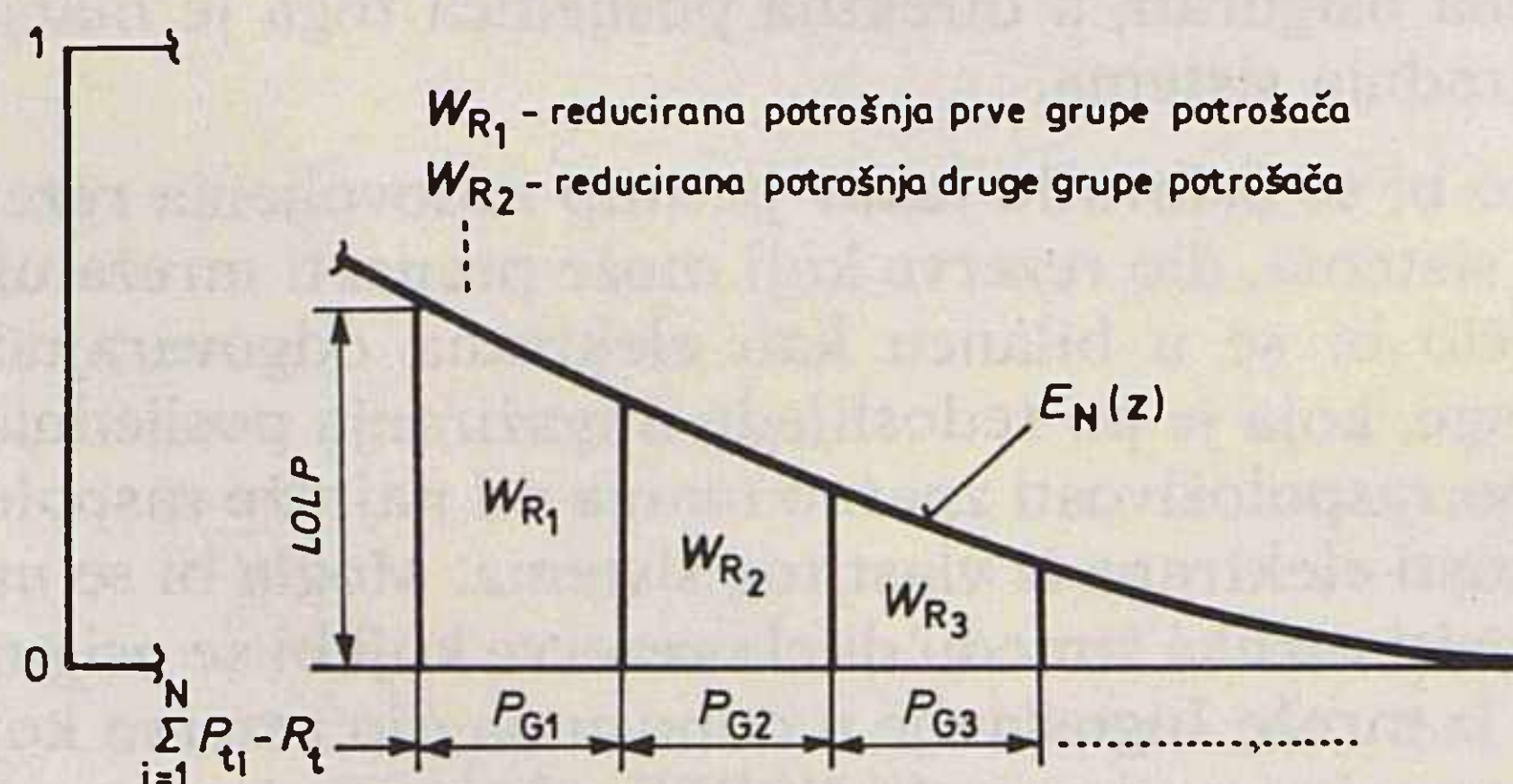
Slika 4. Ovisnost nezadovoljenja potrošnje o vrijednostima parametara koji određuju sigurnost zadovoljenja potrošnje

Nezadovoljena energije određuje se kao integral po krivulji $E_N(z)$ određene nakon angažiranja posljednje elektrane u granicama z_N koji odgovara ukupnoj snazi termoelektrana $\sum_{i=1}^N P_{ti}$ umanjenoj za rezervu iz termoelektrana R_T i ∞ :

$$W_R = T_N \cdot \tau_N \int_{\sum_{i=1}^N P_{ti} - R_T}^{\infty} E_N(z) dz \quad (7)$$

Iz sume snaga isključene su termoelektrane koje su u promatranoj vremenskoj jedinici u remontu.

Nezadovoljena potrošnja posljedica je nedostatka snage u elektroenergetskom sistemu i u odnosu na ukupnu potrošnju je neznatna. Ako se primijeni selektivni način reduciranja, moguće je napraviti podjelu uskraćene električne energije po grupama potrošača i odrediti štete koje bi pri tome nastale.



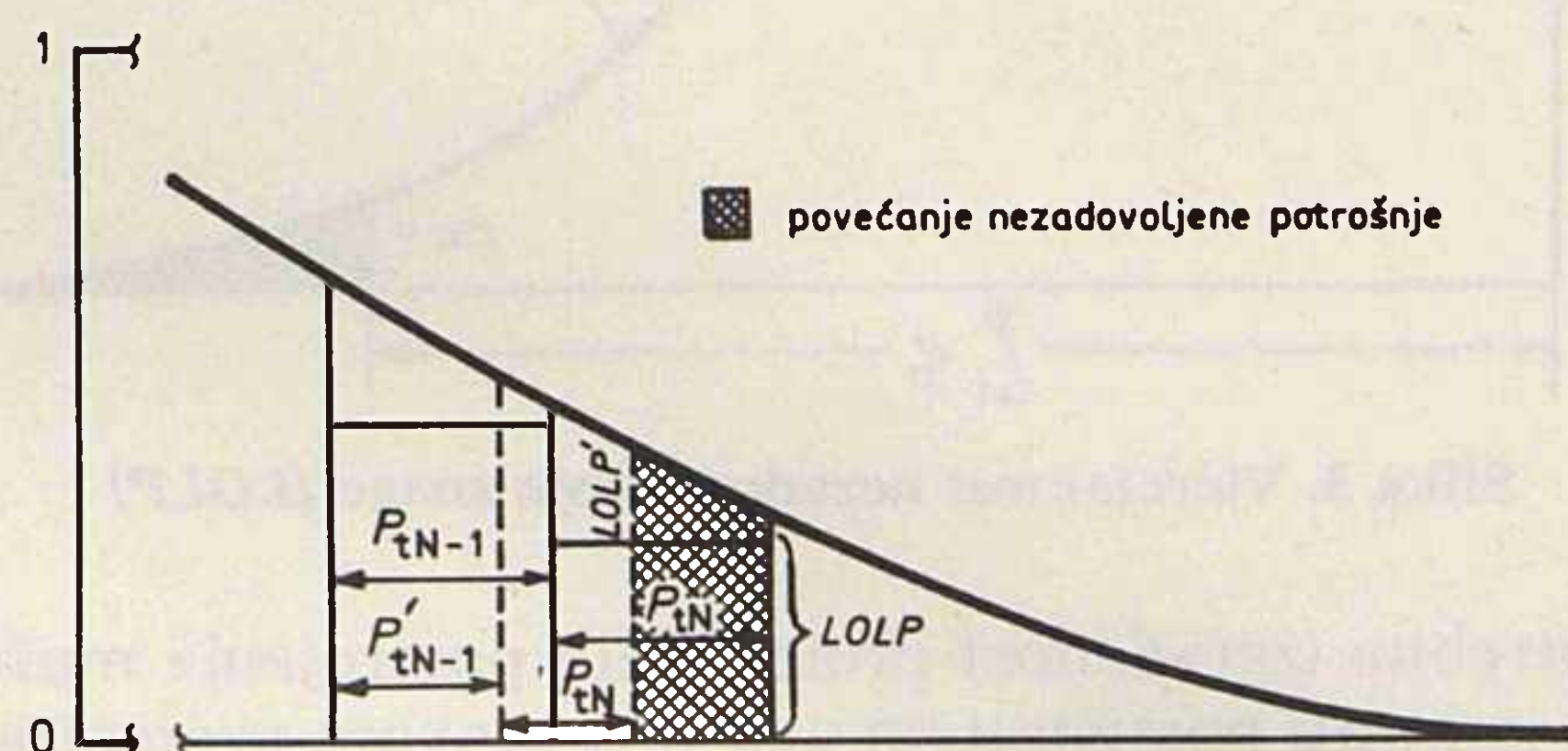
Slika 5. Reducirana energija po grupama potrošača

Prioritet u reduciranju imaju potrošači s najmanjim specifičnim štetama jer se njima uskraćuje najveći dio energije (najčešće izlaze iz pogona), pa su time i ukupne štete najmanje.

Kada bi ograničenje u proizvodnji hidroelektrana i termoelektrana, pored nedostatka snage, bilo uzrokom reduciranja potrošnje, krivulja koja opisuje nezadovoljenu potrošnju izgledala bi sasvim drukčije. U nju bi osim dijela nezadovoljene potrošnje izazvane nedostatkom snage bio uključen i dio nezadovoljene potrošnje kao posljedica ograničene proizvodnje elektrana.

Kod ograničene proizvodnje termoelektrana mijenja se redoslijed angažiranja termoelektrana u želji da se nađe najpovoljniji pložaj u kojem će se u potpuno-

sit iskoristiti snaga, neovisno o integriranoj krivulji trajanja opterećenja. Ako je broj termoelektrana koje imaju ograničenu proizvodnju manji u odnosu na one koji to nemaju, ograničena proizvodnja ne utječe na iznos nezadovoljene potrošnje. Međutim, ako broj elektrana s ograničenom proizvodnjom prevladava, onda se može pojaviti slučaj povećanja nezadovoljene potrošnje.



Slika 6. Povećanje nezadovoljene potrošnje zbog ograničene proizvodnje termoelektrana

Ako je moguća proizvodnja termoelektrana veća od granične proizvodnje, a nema mogućnosti većeg angažiranja termoelektrana koje nemaju ograničenja u proizvodnji, potrebno je korigirati snagu termoelektrana na iznos kod kojega će se uspostaviti ravnoteža između moguće i ograničene proizvodnje. Na slici 6. to je napravljeno za dvije termoelektrane koje su posljednje u redoslijedu angažiranja, pa nema mogućnosti da se poveća proizvodnja termoelektrana bez ograničenja. Snage elektrana od iznosa P_{tN-1} i P_{tN} korigirane su na iznose P'_{tN-1} , P'_{tN} . Posljedica toga je povećanje nezadovoljene potrošnje (šrafirana površina) i povećanje vjerojatnosti nezadovoljenja snage $LOLP$ -a. Drugim riječima, to znači smanjenje sigurnosti zadovoljenja potrošnje.

6. ANALIZA UTJECAJA POJEDINIH PARAMETARA

Utjecaj navedenih veličina na elektroenergetski sistem opisan u prethodnom dijelu ovog rada snimljen je proračunom potrebne izgradnje sistema za različite strukture proizvodnje elektrana i vrijednosti parametara za određivanje sigurnosti zadovoljenja potrošnje:

- udjela proizvodnje hidroelektrana u ukupnom zadovoljenju potrošnje iznosima od 35 %, 30 %, 25 % i 20 %
- vjerojatnosti ostvarenja moguće proizvodnje hidroelektrana iznosima 50 %, 70 %, 80 %, 90 %, 95 % i 98 %
- vjerojatnosti nezadovoljenja snage ($LOLP$) iznosima 0,01, 0,05 i 0,1.

Rezultati ovog snimanja predloženi su u tablici 1, 2, 3. i 4. te slici 7.

Na slici 7. je za tri vrijednosti $LOLP$ -a prikazana funkcionalna ovisnost potrebne izgradnje o vjerojatnosti hidrologije, uz udio hidroenergije kao parametre-

Tablica 1.

udio hidroenergije 35 %

LOLP = 0,01					LOLP = 0,05				LOLP = 0,1			
Vjerojatnost hidrologije %	Dodatna izgradnja MW	Prosječni LOLP	Redukcije GWh	Redukcije u promilima potrošnje	Dodatna izgradnja MW	Prosječni LOLP	Redukcije GWh	Redukcije u promilima potrošnje	Dodatna izgradnja	Prosječni LOLP	Redukcije GWh	Redukcije u promilima potrošnje
98	1 224,3	0,000 38	0,4	0,02	918,0	0,002 35	2,4	0,12	763,5	0,005 33	5,7	0,29
95	1 083,5	0,000 77	0,9	0,05	753,8	0,004 97	6,0	0,3	604,9	0,011 47	13,8	0,69
90	914,4	0,001 67	2,5	0,13	622,6	0,009 43	12,9	0,66	417,5	0,026 56	36,9	1,85
80	802,6	0,002 70	4,6	0,23	462,3	0,018 62	28,0	1,45	286,1	0,044 11	69,2	3,47
70	718,0	0,003 85	7,4	0,37	386,6	0,025 14	42,2	2,12	224,8	0,054 87	94,0	4,71
50	623,5	0,005 64	12,8	0,64	335,8	0,030 02	53,5	2,68	183,2	0,061 75	112,5	5,64

Tablica 2.

udio hidroenergije 30%

98	1 301,5	0,000 82	0,7	0,04	967,6	0,005 25	4,8	0,24	809,1	0,012 290	12,3	0,62
95	1 153,7	0,001 72	1,6	0,08	851,8	0,009 98	9,9	0,5	689,0	0,023 72	24,1	1,21
90	1 039,3	0,003 15	3,4	0,17	720,6	0,018 82	20,1	1,01	589,5	0,037 02	41,4	2,08
80	914,2	0,005 64	6,6	0,33	635,0	0,028 43	33,4	1,67	500,4	0,053 00	65,3	3,27
70	922,5	0,005 42	6,3	0,32	631,1	0,028 94	34,2	1,71	473,4	0,059 07	76,0	3,81
50	952,8	0,004 66	5,2	0,26	661,2	0,025 15	28,6	1,43	503,3	0,052 39	64,3	3,22

Tablica 3.

udio hidroenergije 25%

LOLP = 0,01					LOLP = 0,05				LOLP = 0,1			
Vjerojatnost hidrologije %	Dodatna izgradnja MW	Prosječni LOLP	Redukcije GWh	Redukcije u promilima potrošnje	Dodatna izgradnja MW	Prosječni LOLP	Redukcije GWh	Redukcije u promilima potrošnje	Dodatna izgradnja	Prosječni LOLP	Redukcije GWh	Redukcije u promilima potrošnje
98	1 376,4	0,002 73	2,1	0,11	1 064,5	0,016 10	14,0	0,7	905,3	0,034 66	32,8	1,64
95	1 274,5	0,004 98	4,1	0,2	948,9	0,027 57	25,7	1,29	793,3	0,056 69	59,3	2,97
90	1 269,3	0,005 13	4,3	0,22	952,6	0,027 12	25,1	1,26	800,0	0,055 27	57,4	2,88
80	1 252,6	0,005 57	4,7	0,24	941,9	0,028 44	26,7	1,34	786,6	0,058 15	61,2	7,07
70	1 262,9	0,005 35	4,5	0,23	946,5	0,027 86	26,0	1,30	793,1	0,056 75	59,3	2,97
50	1 286,7	0,004 64	3,8	0,19	947,2	0,024 52	22,3	1,18	820,5	0,051 06	52,3	2,62

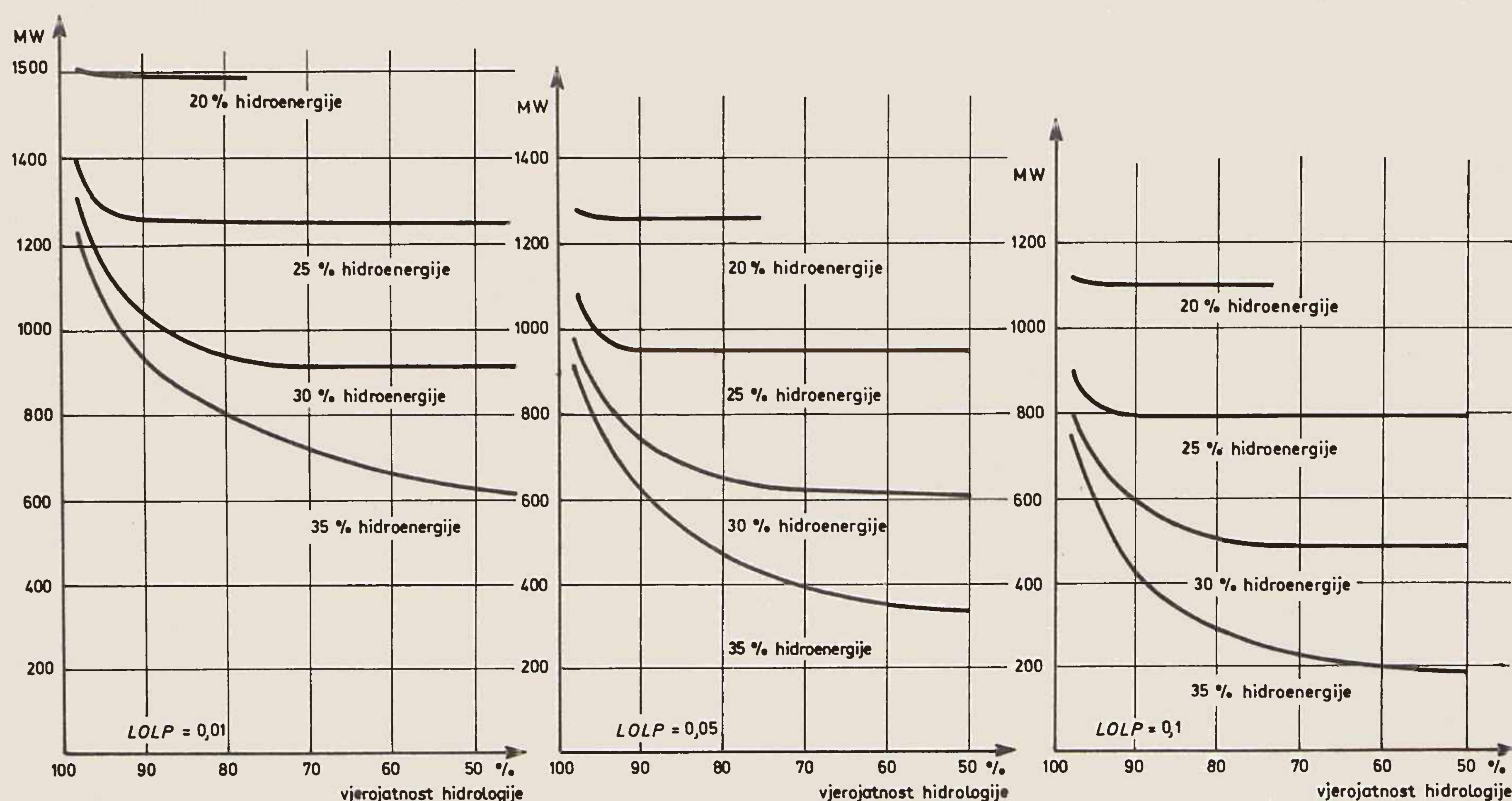
Tablica 4.

udio hidroenergije 20%

98	1 603,5	0,004 35	3,1	0,163	1 273,9	0,024 26	20,8	1,04	1 115,4	0,046 65	46,9	2,35
95	1 594,8	0,004 54	3,2	0,16	1 263,0	0,025 63	22,2	1,11	1 104,4	0,052 08	49,7	2,49
90	1 591,5	0,004 62	3,3	0,17	1 269,1	0,248 86	21,4	1,07	1 110,4	0,050 73	48,1	2,41
80	1 586,8	0,004 73	3,4	0,17	1 263,0	0,025 63	22,2	1,11	1 103,2	0,052 35	50,0	2,51
70												
50												

tar. Ta je ovisnost predstavljena kontinuiranim krivuljama koje aproksimirjau diskretne točke snimanja. Određena odstupanja u monotonosti rasta izgradnje sistema s većom vjerojatnošću hidrologije u glavnini su rezultat oscilacija u određivanju remonta, koji je u ovom slučaju nešto izraženiji jer se izračunava prema prosječnom hidrološkom stanju.

S razvojem elektroenergetskog sistema mijenja se i struktura proizvodnje elektrana, ovdje predstavljena udjelom hidroenergije u ukupnoj proizvodnji električne energije. Naravno, za zadovoljenje iste predviđene potrošnje sistem s manjim udjelom hidroenergije traži veću izgradnju termoelektrna, a ta razlika potrebnih izgradnji smanjuje se s povećanjem vjero-



Slika 7. Potrebna dodatna izgradnja termoelektrana u funkciji vjerojatnosti ostvarenja hidrologije, vjerojatnosti nezadovoljenja snage *LOLP* i strukture proizvodnje

jatnosti hidrologije, pri čemu je taj utjecaj jači u sistemima s većim udjelom proizvodnje hidroelektrana. U tablici 5. je kao mjera tog utjecaja prikazan odnos potrebne izgradnje za 98% vjerojatnosti hidrologije i za 50% vjerojatnosti hidrologije. Za analizirani sistem je ovaj odnos pri 35% udjela hidroenergije dva do čak četiri, ovisno o *LOLP-u*, dok je kod 25% udjela hidroenergije izgradnja termoelektrana samo do 10% veća pri 98% u odnosu na 50% vjerojatnosti hidrologije. Osim toga je, prema slici 7, za 25% udjela hidroenergije potrebna izgradnja od 50 do 90% vjerojatnosti hidrologije praktički konstantna, pa tek tada pri najmanjim mogućim ostvarenjima proizvodnje hidroelektrana naglije raste. Ova pretežna neovisnost potrebne izgradnje termoelektrana o vjerojatnosti hidrologije ukazuje da se analizirani sistem već kod 25% udjela hidroenergije u ukupnoj proizvodnji, sa stanovišta potrebne izgradnje; praktički ponaša kao termosistem. Pri udjelu hidroenergije od 20% to je još očitije (slika 7).

Tablica 5. Odnos potrebne dodatne izgradnje termoelektrana za 98% i 50% vjerojatnosti hidrologije

		vjerojatnost nezadovoljenja potrošnje <i>LOP</i>		
		0,01	0,05	0,1
udio hidroenergije %	25	1,07	1,09	1,10
	30	1,37	1,46	1,61
	35	1,96	2,73	4,17

Odnos udjela hidroelektrana u proizvodnji sistema i vjerojatnosti nezadovoljenja snage *LOLP* vidljiv je iz tablice 6, u kojoj je za 80% vjerojatnosti hidrologije predložen odnos potrebne izgradnje termoelektrana

Tablica 6. Odnos potrebne dodatne izgradnje termoelektrana za pojedine udjele hidroenergije prema izgradnji potrebnoj za sistem sa 35% udjela hidroenergije uz 80% vjerojatnosti hidrologije

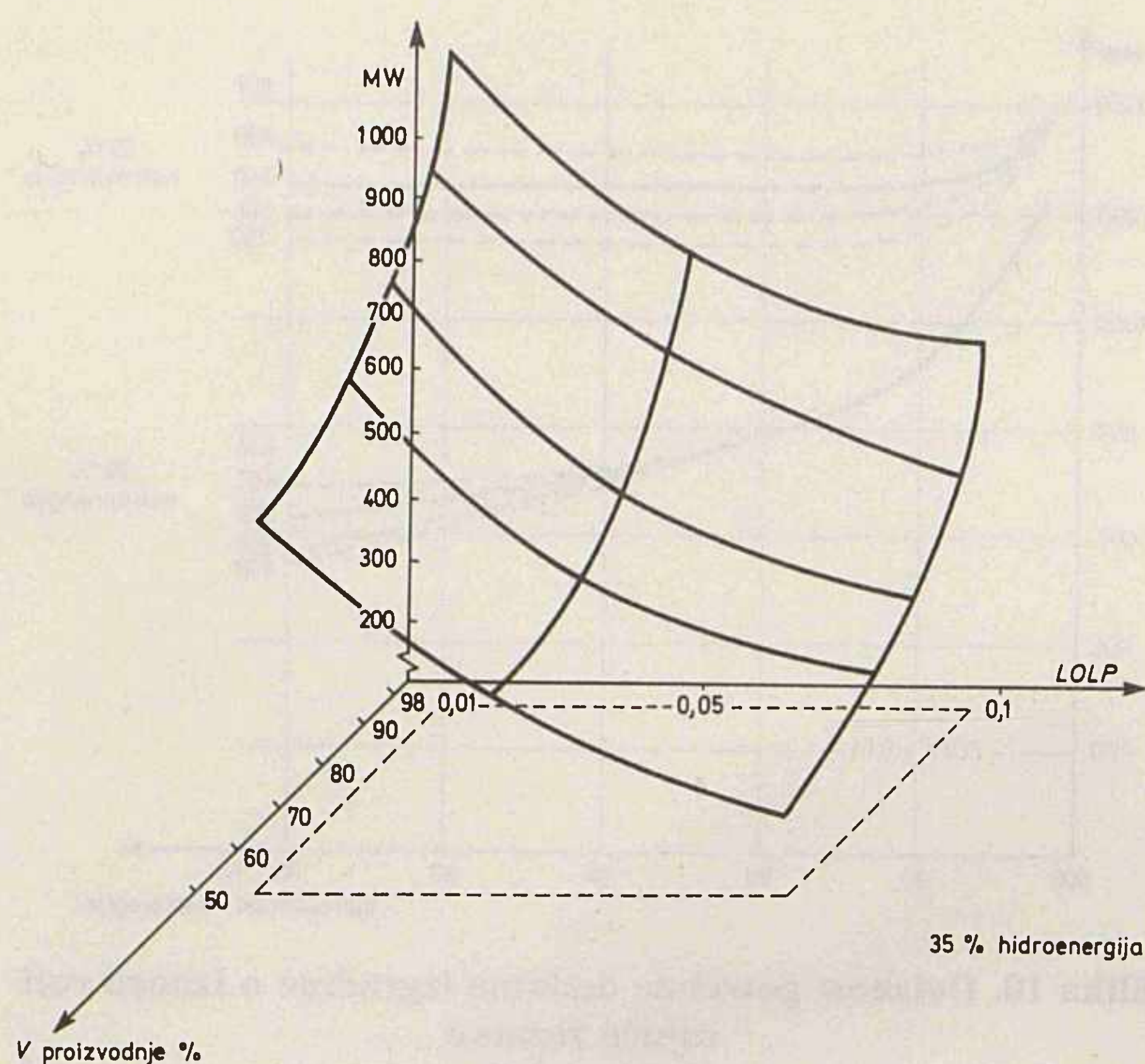
		udio hidroenergije			
		35%	30%	25%	20%
<i>LOLP</i>	0,1	1	1,75	2,75	3,86
	0,05	1	1,37	2,04	2,75
	0,01	1	1,14	1,56	1,98

u sistemima sa 30, 25 i 20% hidroenergije prema sistemu sa 35% hidroenergije kao referentnom. U ovom je primjeru, za recimo 20% udjela hidroenergije, taj odnos uz *LOLP*=0,1 dva puta veći nego za *LOLP*=0,01. Na slici 8. prikazana je prostorna ovisnost za slučaj 35% udjela hidroenergije u ukupnoj proizvodnji sistema.

7. ANALIZA UTJECAJA PRILAGOĐAVANJA VELIKIH POTROŠAČA POTREBAMA SISTEMA NA IZGRADNJU SISTEMA

Veliki potrošači, ako im to dozvoljavaju tehnološke mogućnosti, mogu znatno ublažiti eventualne poremećaje u elektroenergetskom sistemu. Budući da se velik dio ovih potrošača gotovo trenutno, bez posljedica za svoj tehnološki proces, mogu isključiti na nekoliko sati, ispitan je utjecaj ove mogućnosti na potrebnu dodatnu izgradnju termoelektrana u sistemu.

Prema slici 7. je u sistemu s 25% udjela hidroenergije za 50% vjerojatnosti hidrologije potrebna izgrad-



Slika 8. Ovisnost dodatne izgradnje termoelektrana o vjerojatnosti hidrologije i $LOLP$ -a

nja od 820,5 MW za ostvarenje vjerojatnosti nezadovoljenja snage od $LOLP=0,1$. Želi li se ostvariti $LOLP=0,05$, potrebno je još dodatno igraditi 153,7 MW, a za $LOLP=0,01$ još daljnjih 312,5 MW. Međutim, istu sigurnost ostalih potrošača moguće je ostvariti isključivanjem velikih potrošača u trajanju nekoliko sati maksimalnih dnevnih opterećenja u situacijama kada snaga raspoloživih izvora nije dovoljna za zadovoljenje ukupne potražnje. Pomoću matematičkog modela elektroenergetske bilance L1 i L2 dobivene su snage velikih potrošača koje je potrebno reducirati za postizanje određene sigurnosti zadovoljenja potrošnje ostalih potrošača, prikazane u tablici 7. i na slici 9. Za prije navedeni slučaj potrebno je da postoji mogućnost reduciranja 122 MW velikih potrošača da se ostvari $LOLP=0,05$, odnosno 354 MW da se ostvari $LOLP=0,01$. To znači da se $LOLP$ smanjuje za $\Delta LOLP=0,01$ dodatnom redukcijom velikih potrošača od 20,6 MW, tj. 2,5 % potrebne izgradnje za $LOLP=0,1$, do $LOLP=0,05$ i 46,4 MW, tj. 5,7 % potrebne izgradnje za $LOLP=0,1$, od $LOLP=0,05$ do $LOLP=0,01$.

Analiza za slučaj sistema sa 35 % udjela hidroenergije daje približno isti rezultat, jer apsolutne razlike između potrebnih izgradnji uz različite udjele hidroenergije za različite vrijednosti $LOLP$ -a ostaju praktički iste (slika 7).

Odnos između potrebne dodatne izgradnje da bi se $LOLP$ smanjio i potrebne redukcije velikih potrošača zapravo je negdje blizu vrijednosti odnosa ukupne snage iz termoelektrana za zadovoljenje potrošnje uz uvažavanje raspoloživosti pojedinih termoagregata i ukupne snage termoelektrana uz pretpostavku da su agregati 100 % raspoloživi tzv. faktor rezerve. Naime, pretpostavka je da se viliki potrošač isključuje uvijek kad je to potrebno, a dodatno izgrađene termoelektrane, naravno, nisu 100 % raspoložive.

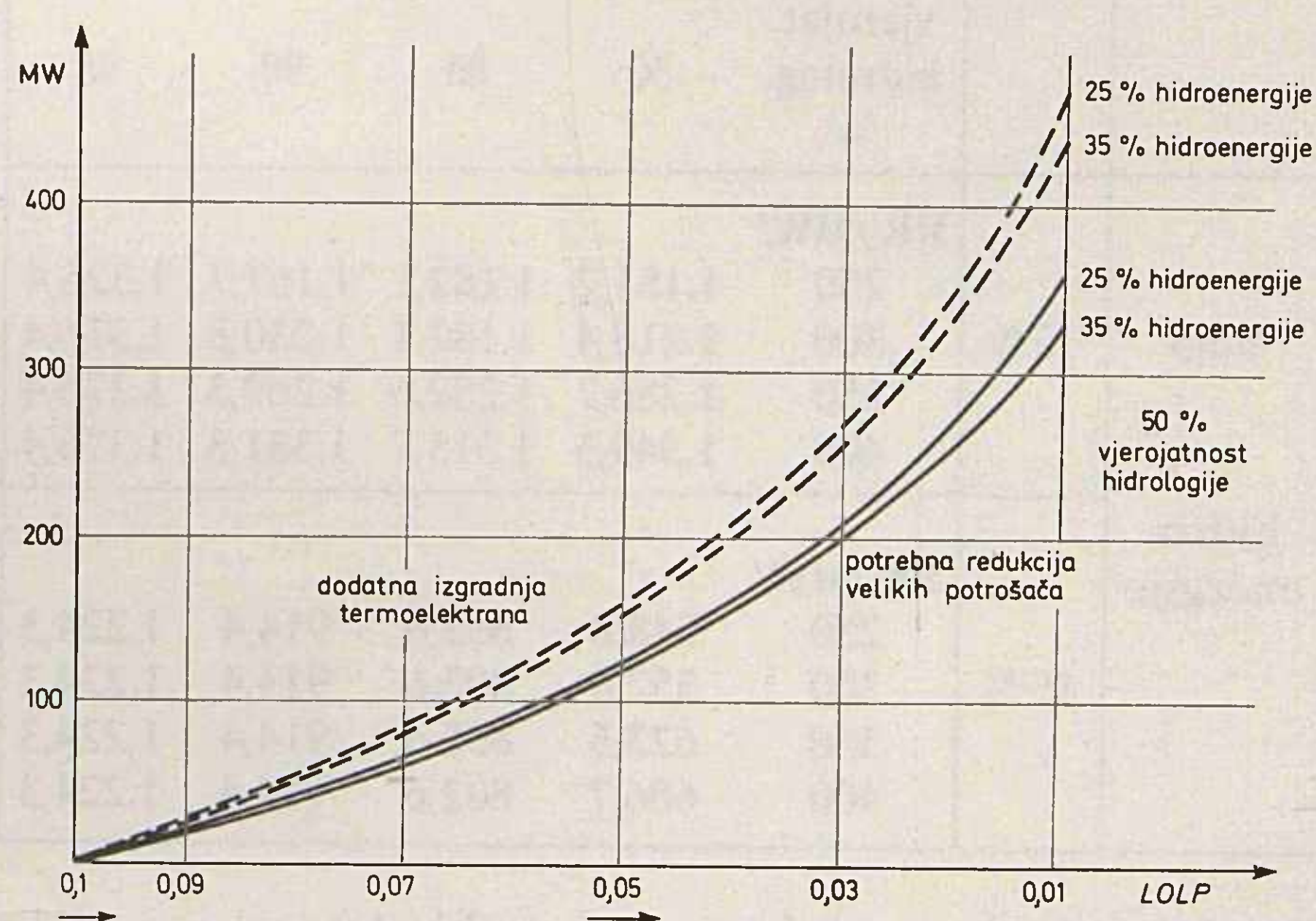
Trajanje reduciranja konstantnih potrošača može se približno izračunati na temelju reducirane snage i

energije uz pretpostavku da je reducirana energija smještena u trokutu u samom vrhu mjesečne krivulje trajanja opterećenja. Za slučaj sistema sa 25 % hidroenergije, mjesečno trajanje redukcija nije duže od 20 h. Za slučaj sistema sa 35 % hidroenergije je u najugroženijem mjesecu trajanja 140 h, i to za slučaj najmanje snage za reduciranje od 17,5 MW. Svedeno na dan, to znači 4,5 h redukcije dnevno, što je negdje na granici tehnoloških mogućnosti velikih potrošača na jednokratno isključivanje.

Ovim je pokazano da je, tehnički gledano, reduciranjem velikih potrošača ostalim potrošačima moguće osigurati željeni nivo sigurnosti uz smanjenu izgradnju termoelektrana.

Tablica 7. Potrebna redukcija velikih potrošača da se ostvari pripadni $LOLP$ pri 50% vjerojatnosti hidrologije, u odnosu na izgradnju potrebnu za zadovoljenje $LOLP=0,1$

		potrebna redukcija velikih potrošača MW				
udio hidroenergije	$LOLP$	0,09	0,07	0,05	0,03	0,01
25 %		19	64	122	204	354
35 %		18	62	120	201	329



Slika 9. Potrebna dodatna izgradnja termoelektrana odnosno redukcija velikih potrošača za ostvarivanje pripadnog $LOLP$ -a

8. ANALIZA UTJECAJA OSIGURANJA ROTIRAJUĆE REZERVE NA IZGRADNJU SISTEMA

U dosadašnjim analizama uvijek se zahtijavala rotirajuća rezerva od 350 MW iz vlastitog sistema. Variiranjem iznosa rotirajuće rezerve od 250 MW do 400 MW s korakom od 50 MW u proračunu potrebne izgradnje termoelektrana uz $LOLP=0,01$ i za udio hidroenergije od 25 i 35 % slijede rezultati predloženi u tablici 8. i na slici 10. Uočava se da iznos rotirajuće rezerve ima veći utjecaj na potrebnu izgradnju u sistemu s manjim udjelom hidroenergije, i da se sistem sa 25 % hidroenergije, do 90 % vjerojatnosti hidrologije, i sa stanovišta osiguranja rotirajuće rezerve ponaša kao termosistem. Za sistem sa 35 % ud-

jela hidroenergije iznos zahtijevane rotirajuće rezerve odražava se na potrebnu izgradnju termoelektrana samo pri nižim vjerojatnostima hidrologije, dok je pri višim svaki iznos rotirajuće rezerve zadovoljen neiskorištenom snagom iz hidroelektrana.

Ako je neki elektroenergetski sistem dobro povezan s jednim susjednim sistemom ili s više, u smislu havarijske ispomoći, potrebna se izgradnja sistema smanjuje na ime rotirajuće rezerve. U tablici 9. i slici 11. prikazane su potrebne izgradnje sistema sa 25 i 35 % hidroenergije i za $LOLP=0,01$, uz pretpostavku da se 175 MW rotirajuće rezerve osigurava iz vlastitog sistema, a 175 MW iz jednog susjednog, uz pretpostavku raspoloživosti te ispomoći od 0,5 i 0,7, dakle raspoloživosti manje nego da je ova rezerva osigurana vlastitom izgradnjom. Gledano u apsolutnim iznosima, vidljivo je da i za sistem sa 25 % i 35 % udjela hidroenergije ispomoć od 175 MW podjednako smanjuje potrebnu izgradnju termoelektrana, pri 0,5 raspoloživosti za oko 85 MW, a pri 0,7 raspoloživosti ispomoći za oko 133 MW.

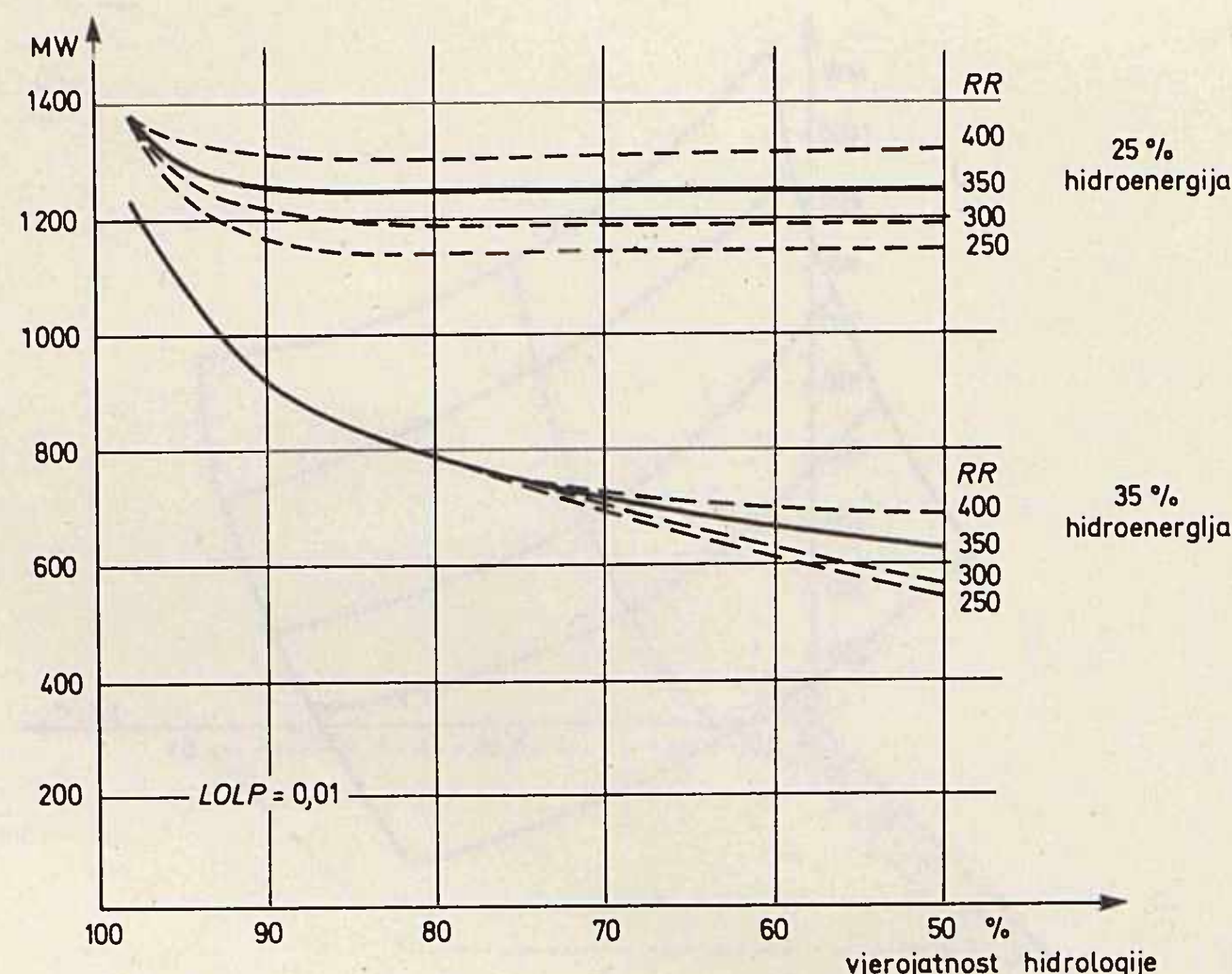
Tablica 8. Potrebna dodatna izgradnja termoelektrana u ovisnosti o zahtjevanom iznosu rotirajuće rezerve, pri $LOLP=0,01$

		izgradnja termoelektrana /MW/				
		vjerojat. hidrolog. %	50	80	90	98
Udio hidroenergije	25 %	RR /MW/				
		250	1.151,2	1.182,1	1.167,7	1.376,4
		300	1.218,4	1.182,1	1.230,8	1.376,4
		350	1.286,7	1.252,6	1.269,3	1.376,4
		400	1.349,5	1.315,7	1.331,3	1.376,4
hidroenergije	35 %	RR /MW/				
		250	548,8	802,6	914,4	1.224,3
		300	552,0	802,6	914,4	1.224,3
		350	623,5	802,6	914,4	1.224,3
		400	686,7	802,6	914,4	1.224,3

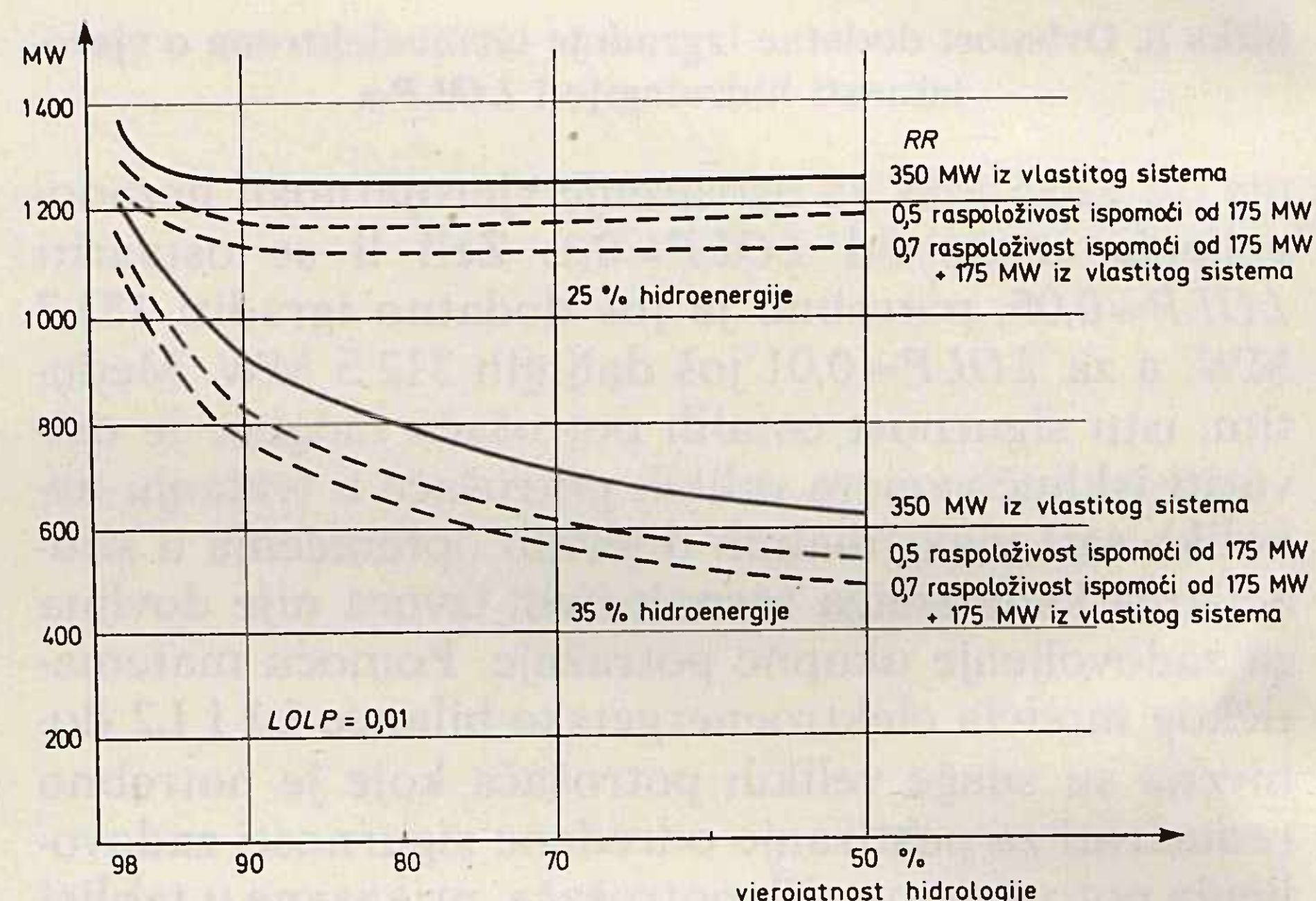
Za slučaj kada je elektroenergetski sistem, u smislu havarijske ispomoći, vezan sa dva susjedna sistema, smanjenje potrebne izgradnje još je izraženije. Analiziran je slučaj kada se 116 MW rotirajuće rezerve osigurava iz vlastitog sistema, a po 116 MW iz dva susjedna, s raspoloživošću 0,5 i 0,7. Rezultati su prikazani u tablici 10. i na slici 12. U ovom je slučaju ispomoć od 175 MW povećana za 32 % (na 2×116 MW), što je za sistem od 25 % hidroenergije i raspoloživost ispomoći od 0,7 izazvalo smanjenje potrebne dodatne izgradnje od 133 MW na 197 MW, što je 41 %. Za sistem od 35 % udjela hidroenergije u ovom je slučaju već raspoloživost ispomoći 2×116 MW od 0,7 u potpunosti nadomjestila potrebu izgradnje 248 MW termoelektrana (na generatoru).

9. ANALIZA REDUCIRANE ENERGIJE

Dosad je analizirano kako se na izgradnju sistema odražava odabrani par vrijednosti za vjerojatnost hi-



Slika 10. Ovisnost potrebne dodatne izgradnje o iznosu rotirajuće rezerve



Slika 11. Potrebna dodatna izgradnja termoelektrana uz osiguranje 175 MW rotirajuće rezerve iz susjednog sistema

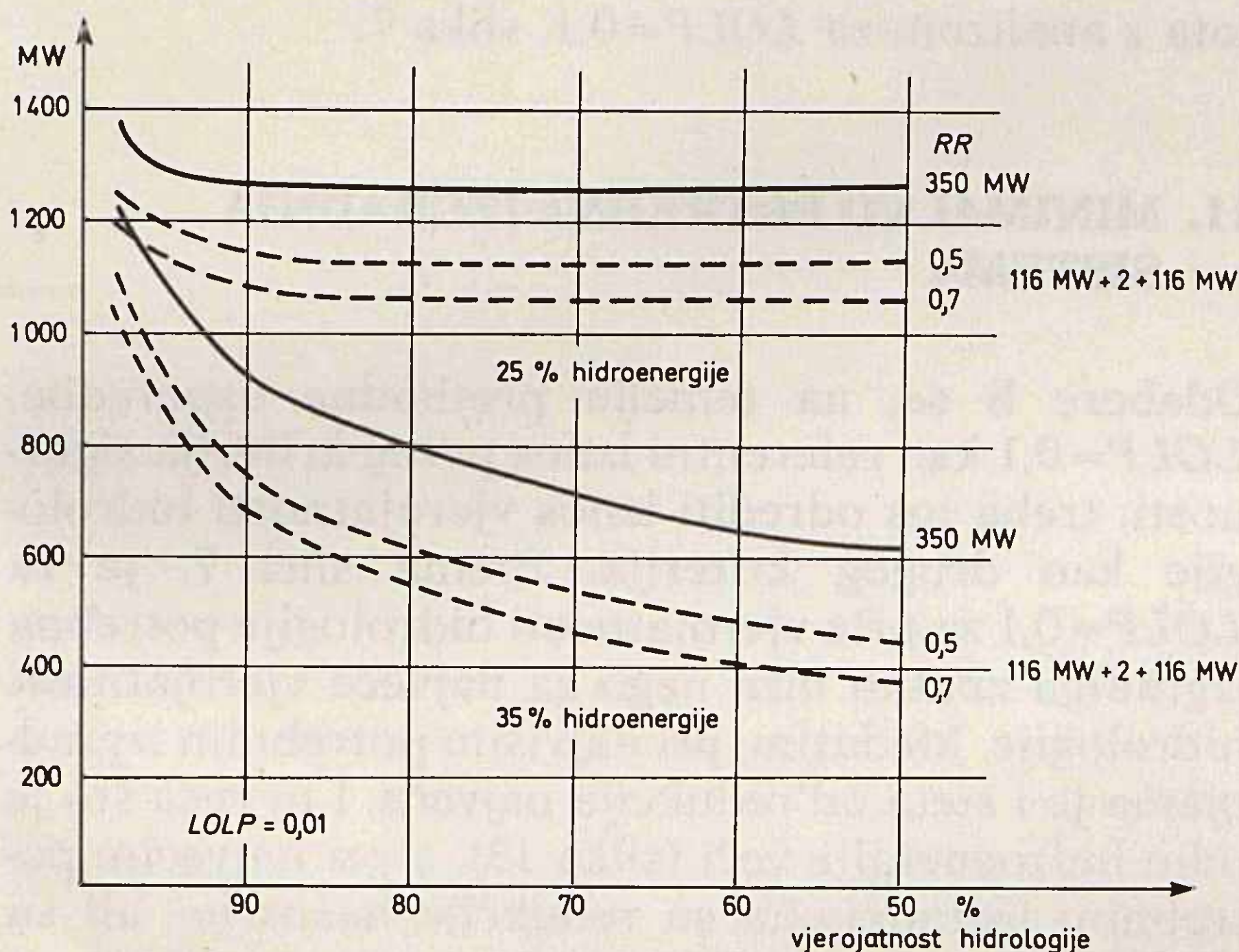
Tablica 9. Potrebna dodatna izgradnja termoelektrana uz osiguranje 175 MW rotirajuće rezerve iz vlastitog sistema i $LOLP=0,01$

izgradnja termoelektrana /MW/					
Udio hidro-ener-gije %	raspolo-živost ispomoći	vjerojatnost hidrologije %			
		50	80	90	98
25	0,5	1 200,5	1 165,7	1 180,7	1 297,4
	0,7	1 152,6	1 119,1	1 135,1	1 240,3
35	0,5	539,2	721,1	826,9	1 163,4
	0,7	491,8	658,0	757,3	1 094,4

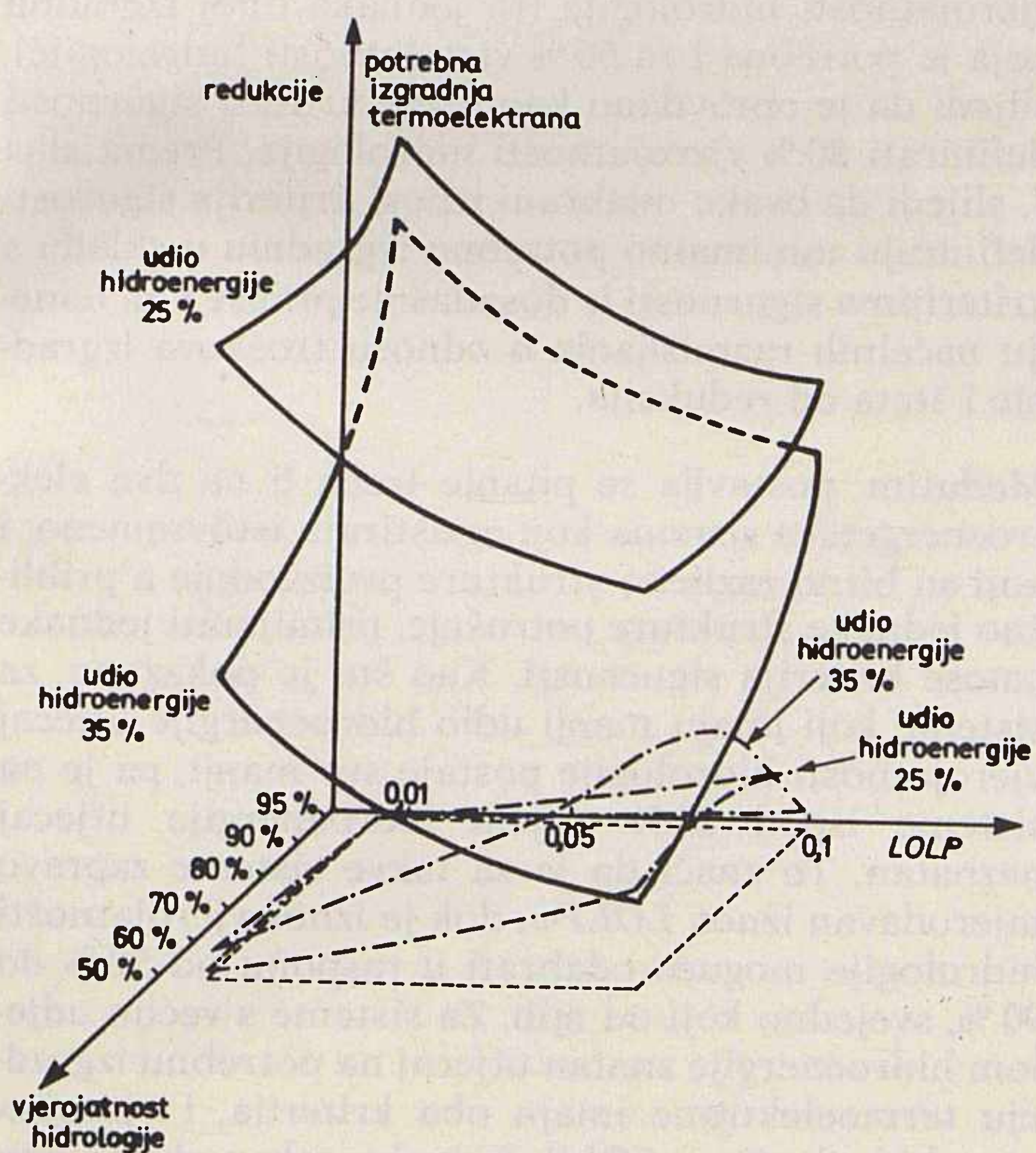
drologije i $LOLP$, tj. za kriterije sigurnosti. Naravno, izbor ovog para vrijednosti odražava se i na sigurnost zadovoljenja potrošnje, tj. na očekivanu neraspoloživu energiju u toku godinu dana (redukcije). Za analizirani sistem su iznosi reducirane energije unešeni u tablice 1, 2, 3. i 4, a radi ilustracije je na slici 13. prikazan odnos redukcija i potrebne izgradnje

Tablica 10. Potrebna dodatna izgradnja termoelektrana uz osiguranje 116 MW rotirajuće rezerve iz vlastitog sistema i po 116 MW iz dva susjedna. $LOLP=0,01$.

Udio hidroener-gije %	raspolo-živost ispomoći	izgradnja termoelektrana /MW/			
		vjerojatnost hidrologije %			
		50	80	90	98
25	0,5	1 159,5	1 125,8	1 141,0	247,5
	0,7	1 097,9	1 069,5	1 080,1	1 189,1
35	0,5	445,0	628,7	744,7	1 100,5
	0,7	381,1	554,2	684,1	1 038,9



Slika 12. Potrebna dodatna izgradnja termoelektrana uz osiguranje po 116 MW iz dva susjedna sistema



Slika 13. Ilustrativni prikaz odnosa potrebne izgradnje termoelektrana i godišnje reducirane energije za sisteme s različitom strukturom proizvodnje

za sistem sa 25 i 35 % udjela hidroenergije. Sistem s većim udjelom hidroenergije za zadovoljenje iste potrošnje zahtijeva manju dodatnu izgradnju termoelektrana za sve parove vrijednosti vjerojatnosti hidrologije i $LOLP$ -a. Ta razlika je to izraženija što je vjerojatnost hidrologije manja. Za sistem sa 35 % udjela hidroenergije je pri 50 % vjerojatnosti hidrologije i $LOLP=0,1$ potrebna minimalna izgradnja termoelektrana. Budući da se radi o sistemu s većim udjelom hidroenergije, dimenzioniranom za relativno veliko ostvarenje proizvodnje hidroelektrana (50 % vjerojatnost), očekivane godišnje redukcije su najveće i uglavnom su rezultat hidrološki nepovoljnih razdoblja, a vrlo malo neraspoloživosti termoelektrana. Međutim, kad se sistem dimenzionira prema najmanjim ostvarenjima proizvodnje hidroelektrana (98 % vjerojatnosti), redukcije su uglavnom rezultat tehničke neraspoloživosti termoagregata, pa se u tom području dešava da su redukcije sistema koji ima veću potrebnu izgradnju (25 % udjela hidroenergije) veće od onog (35 % udio hidroenergije) koji traži manju izgradnju. Nadalje, sa smanjenjem udjela hidroenergije u proizvodnji sistema reducira energija postaje sve više neovisna o vjerojatnosti hidrologije, osim pri ekstremno visokim vrijednostima te vjerojatnosti. S rastom zahtijevane vjerojatnosti nezadovoljenja snage $LOLP$, naravno, stalno raste i reducirana energija.

Redukcije električne energije svakako predstavljaju štete za privredu i općenito za društvo. One se smanjuju povećanom izgradnjom sistema, što čini dodatne troškove. Osim toga, povećanom se izgradnjom smanjuje proizvodnja skupljih termoelektrana, što izaziva smanjenje varijabilnih proizvodnih troškova. Očito je da je samo sagledavanjem svih ovih odnosa moguće donijeti odluku o iznosima parametara sigurnosti opskrbe potrošača.

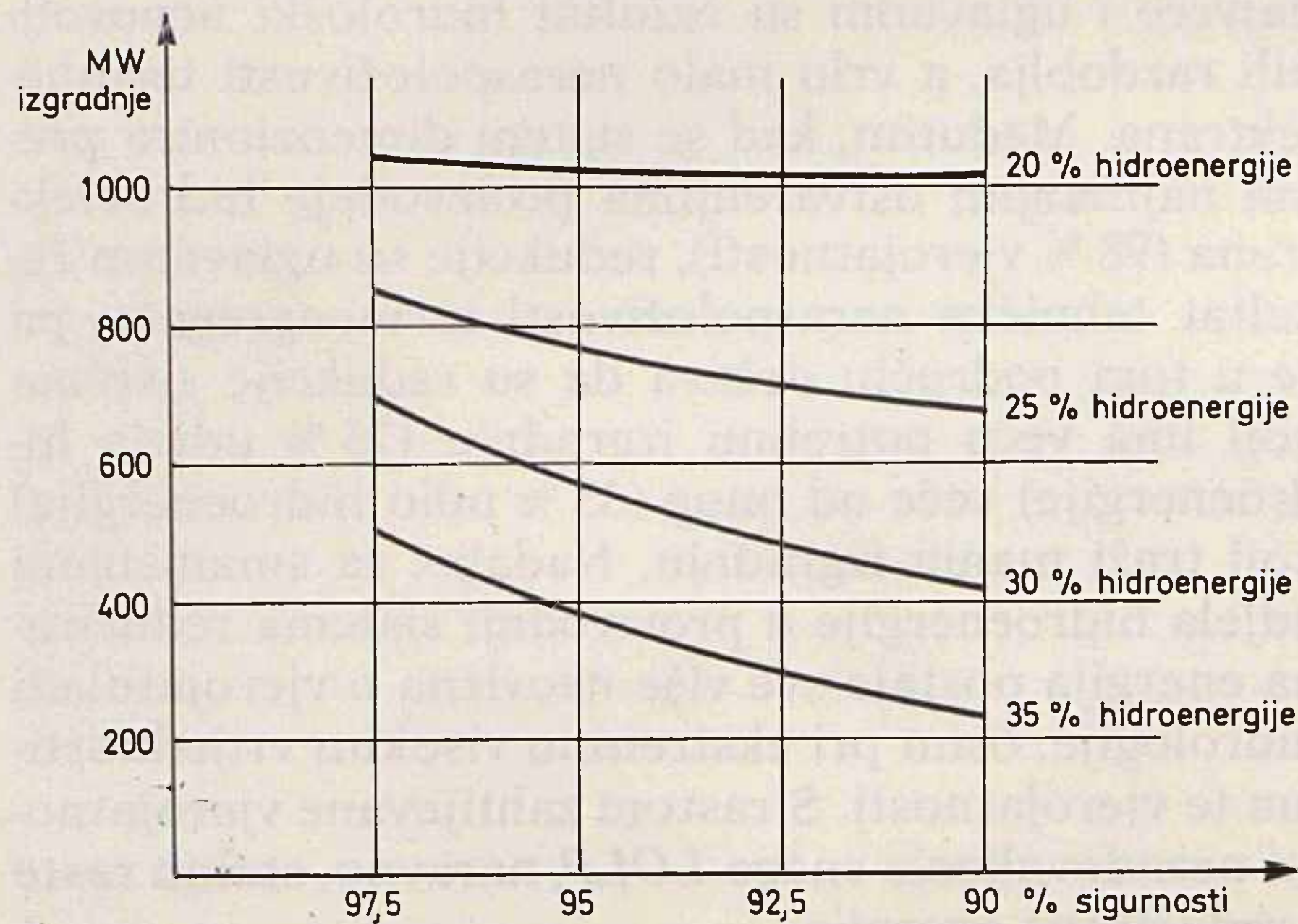
10. USPOREDBA DOSADAŠNJIH I PREDLOŽENIH KRITERIJA SIGURNOSTI

Kriterij sigurnosti opskrbe potrošača dosadašnje elektroprivredne prakse je poznata 95 %-tna sigurnost, što znači da se potrebna izgradnja termoelektrana određuje na temelju 5 % najnepovoljnijih hidroloških slučajeva, kada se potrošnja ne može u potpunosti zadovoljiti. Pri tome se zbog neplaniranih ispada termoagregata za svaki termoagregat uzima raspoloživim 0,81 snage na pragu, i to tako da je ukupno potrebno $1/0,81=1,235$ puta više snage iz termoelektrana nego uz pretpostavku da su svi termoagregati 100 % raspoloživi.

Prema ovim kriterijima sigurnosti, za elektroenergetski sistem koji je opisan i analiziran u 3. poglavlju ovisnost potrebne izgradnje termoelektrana o zadanom nivou sigurnosti i strukturi proizvodnje prikazan je na slici 14. i u tablici 12. Pokazuje se da je ovisnost potrebne izgradnje termoelektrana o nivou sigurnosti opskrbe potrošača to izraženija što je udio hidroenergije u proizvodnji sistema veći, slično kao u analizama u 3. poglavlju, kada se za fiksirani $LOLP$

Tablica 11. Potrebna dodatna izgradnja sistema prema dosadašnjim kriterijima sigurnosti

		potrebna izgradnja termoelektrana /MW/			
		sigurnost opskrbe potrošača %			
		97,5	95	92,5	90
udio hidroenergije %	20	1 043	1 026,4	1 020	1 014,6
	25	857,1	762,5	716,3	674,4
	30	695,3	574,4	518,8	401,1
	35	506,2	392,5	829,2	210,7



Slika 14. Potrebna dodatna izgradnja sistema prema dosadašnjim kriterijima sigurnosti kao funkcija nivoa sigurnosti i strukture proizvodnje

Tablica 12. Ovisnost faktora rezerve termoelektrana o strukturi proizvodnje, vjerojatnosti hidrologije i LOLP-u

		faktor rezerve				
		vjerojatnost hidrologije %				
		98	90	80	70	50
LOLP=0,01						
25 % hidroenergije		1.448	1.451	1.456	1.453	1.450
35 % hidroenergije		1.479	1.533	1.548	1.567	1.526
LOLP=0,05						
25 % hidroenergije		1.321	1.328	1.335	1.332	1.330
35 % hidroenergije		1.341	1.389	1.403	1.421	1.385
LOLP=0,1						
25 % hidroenergije		1.259	1.269	1.274	1.271	1.272
35 % hidroenergije		1.276	1.289	1.315	1.318	1.309

promatrala ovisnost izgradnje o vjerojatnosti hidrologije.

Faktor rezerve je prema dosadašnjim kriterijima sigurnosti u svim proračunima 1,235. U tablici 12. prikazana je vrijednost faktora rezerve termoelektrana kao funkcija LOLP-a i udjela hidroenergije u proizvodnji sistema. Vidljivo je da je u području od 50 do 90 % vjerojatnosti hidrologije, dakle u području od praktičnog interesa, za određenu strukturu proizvod-

nje i LOLP vrijednost faktora rezerve konstantna, što ukazuje na direktnu vezu LOLP-a i faktora rezerve. Za veće vrijednosti LOLP-a faktor rezerve je manji. Za sistem od 35 % udjela hidroenergije je pri LOLP=0,1 faktor rezerve 1,31, a pri LOLP=0,01 čak 1,54. Nadalje, faktor rezerve je za sistem s većim udjelom hidroenergije veći, tj. primjenom predloženih kriterija sigurnosti on postaje funkcija strukture proizvodnje u sistemu, a nije konstantan, bez obzira na strukturu proizvodnje, kao pri primjeni dodataka njihovih kriterija sigurnosti.

Usporedba rezultata iz tablice 11. i sa slike 14. s rezultatima analize potrebne izgradnje u ovisnosti o LOLP-u i vjerojatnosti hidrologije iz tablica 1, 2, 3, 4. i 12. i sa slike 7. pokazuje najbolje poklapanje rezultata s analizom za LOLP=0,1, slika 7.

11. MINIMALNO POTREBNA IZGRADNJA SISTEMA

Odobere li se, na temelju prethodne usporedbe, LOLP=0,1 kao referentni iznos prvog kriterija sigurnosti, treba još odrediti iznos vjerojatnosti hidrologije kao drugog kriterija. Prema slici 7. je za LOLP=0,1 za niže vjerojatnosti hidrologije potrebna izgradnja znatno niža nego za najveće vjerojatnosti hidrologije. Međutim, pri najvišim potrebnim izgradnjama je i šteta od redukcija najveća, i to veća što je udio hidroenergije veći (slika 13), a pri najvećim potrebnim izgradnjama su redukcije neznatne, ali su troškovi izgradnje najveći. Kako je prema slici 7. za LOLP=0,1 potrebna izgradnja i za najveći udio hidroenergije (35 %) praktički konstantna sve do 70 % vjerojatnosti hidrologije (tj. jednaka onoj izgradnji koja je potrebna i za 50 % vjerojatnosti hidrologije), slijedi da je opravdano kao drugi kriterij sigurnosti definirati 80 % vjerojatnosti hidrologije. Prema slici 7. slijedi da ovako odabrani iznosi kriterija sigurnosti definiraju minimalno potrebnu izgradnju u skladu s kriterijima sigurnosti iz dosadašnje prakse i na temelju načelnih razmišljanja o odnosu troškova izgradnje i šteta od redukcija.

Međutim, postavlja se pitanje treba li na dva elektroenergetska sistema koji egzistiraju istovremeno, i koji su bitno različite strukture proizvodnje a približno jednake strukture potrošnje, primijeniti jednake iznose kriterija sigurnosti. Kao što je pokazano, za sisteme koji imaju manji udio hidroenergije utjecaj vjerojatnosti hidrologije postaje sve manji, pa je na sisteme ispod 25 % udjela hidroenergije utjecaj neznatan. To znači da je za takve sisteme zapravo mjerodavan iznos LOLP-a, dok je iznos vjerojatnosti hidrologije moguće odabrati u rasponu od 50 % do 90 %, svejedno koji od njih. Za sisteme s većim udjelom hidroenergije znatan utjecaj na potrebnu izgradnju termoelektrane imaju oba kriterija, i vjerojatnost hidrologije i LOLP. Jednako takav slučaj ima udio hidroenergije i na redukciju. Kod sistema s manjim udjelom hidroenergije redukcije su praktički funkcija samo LOLP-a, a kod sistema s većim udje-

lom hidroenergije i *LOLP*-a i vjerojatnosti hidrologije (slika 13). Kako je utjecaj vjerojatnosti hidrologije na izgradnju sistema i na redukcije, tj. štete od redukcija, kod sistema s većim udjelom hidroenergije vrlo jak, on zapravo diktira i iznos *LOLP*-a uz koji se niti ostvaruju prevelike štete, niti se zahtijeva prevelika izgradnja, tj. onaj *LOLP* uz koji je zbroj troškova izgradnje i šteta zbog redukcije minimalan. Za razliku od toga, kod sistema s manjim udjelom hidroenergije, baš zbog toga što nema utjecaja vjerojatnosti hidrologije ni na štete, ni na izgradnju, nije opravdano zadržati iste iznose kriterija sigurnosti kao u slučaju sistema s većim udjelom hidroenergije. Naime, kad bi se zadržao isti *LOLP* i u sistemu s manjim udjelom hidroenergije, izgradio bi se presiguran sistem, odnosno takvom izgradnjom bi redukcije bile vrlo malog iznosa. Zbog toga je u ovakvom sistemu najekonomičniji *LOLP* sigurno većeg iznosa nego u sistemu s većim udjelom hidroenergije.

Slijedeći problem jest problem razvoja elektroenergetskog sistema i društva općenito. S vremenom udio hidroenergije u sistemu pada, grade se termoelektrocentrale sa sve većim stupnjem djelovanja, industrija je sve više automatizirana, pa svaki neraspoloživi kWh izaziva veće štete. Prema tome se elektroenergetski sistem sve više približava termosistemu, a odnos šteta po kWh i troškova po MW izgradnje stalno se mijenja, i to tako da stalno raste. To znači da svremenom iznos vjerojatnosti hidrologije ima sve manju ulogu, a da se vjerojatnost nezadovoljenja snage *LOLP* treba odabrati na temelju sagledivih granica kretanja odnosa šteta po neraspoloživom kWh i troškova izgradnje po MW.

Naravno, prilikom određivanja ukupnih troškova, osim troškova izgradnje i šteta zbog redukcija, treba uzeti u obzir i promjenu troškova proizvodnje sa sve manjim specifičnim potroškom.

Prema prethodnim analizama u elektroenergetskom je sistemu određenim akcijama moguće djelovati na sigurnost zadovoljenja potrošnje. Kao prvo je to moguće prilagođavanjem rada velikih potrošača potrebama sistema, te osiguranjem havarijske ispomoći u jednom ili više susjednih sistema.

Pokazano je da je tehnički moguće isključivanjem velikih potrošača, kada to zahtijeva sistem, smanjiti potrebnu izgradnju termoelektrana a da se ostalim potrošačima osigura zahtijevani nivo sigurnosti. Koliki je nivo redukcije ekonomičan, stvar je ekonomske računanice koja uzima u obzir štete zbog onemogućene proizvodnje i smanjenja životne dobi postrojenja i uštede u izgradnji termoelektrana.

Ugovaranjem havarijske ispomoći sa susjednim sistemima, s raspoloživošću koja je i manja od one koju bi imali da se ta rezerva osigura vlastitom izgradnjom termoelektrana, također se može znatno smanjiti potrebna izgradnja termoelektrana. Koliki je iznos rotirajuće rezerve koji je ekonomično ugovoriti, ovisi o odnosu troškova zakupa i smanjenja troškova izgradnje.

12. ZAKLJUČAK

Problem sigurnosti zadovoljenja potrošnje nije samo tehnički problem, već prvenstveno ekonomski problem. Nivo izgrađenosti jednog elektroenergetskog sistema u funkciji je ukupne mogućnosti društva i odnosa koji vladaju u društvu. Također, on nije statična veličina i mijenja se kako se mijenjaju odnosi u strukturi potrošnje električne energije i efikasnosti korištenja električne energije u rastu društvenog proizvoda.

Ako bi se govorilo samo o tehničkoj dimenziji problema sigurnosti, onda bi trebalo odrediti minimalni nivo izgrađenosti sistema pri kojem bi sistem mogao raditi. To znači da bi unaprijed trebalo znati na koji način predviđenu potrošnju svesti na odgovarajuću razinu da se raspoloživim kapacitetima može zadovoljiti. U tom slučaju se ne postavlja pitanje društvene ili ekonomske opravdanosti redukcija.

Ako se problemu sigurnosti da potpuna dimenzija, a to znači da se nivo izgrađenosti podvrgne ekonomskoj valorizaciji potrebnih troškova izgradnje i pogona i mogućih šteta zbog redukcija, onda će se potrebna izgradnja sistema uskladiti potrebama društva. Ono što je bitno za utvrđivanje sigurnosti prepoznavanje utjecajnih faktora i kvantificiranje njihova utjecaja na sigurnost opskrbi potrošača, odnosno na izgradnju sistema. U ovom radu dana je i dimenzija razvoja sistema, putem istraživanja odnosa u sistemu za različite strukture proizvodnje, na utjecaj pojedinih kriterija za utvrđivanje sigurnosti opskrbe potrošača. Kao što se je moglo vidjeti, razvoj sistema, s obzirom na očekivane promjene u strukturi proizvodnje vezane na moguću daljinu izgradnju hidroelektrana, smanjuje utjecaj nesigurnosti proizvodnje hidroelektrana na sigurnost opskrbe potrošača, a povećava utjecaj nesigurnosti termoelektrana. Iz toga se može zaključiti da se kriteriju s obzirom na nesigurnost u narednom razdoblju treba posvetiti veća pažnja.

Analizom je pokazano da i ostali utjecajni faktori — veliki potrošači i njihovo prilagođavanje potrebama sistema, rezerva u sistemu i povezanost sistema — nisu bez utjecaja na određivanje potrebne izgradnje sistema i da se moraju uzeti u obzir pri dimenzioniranju sistema na način kao što je predloženo u radu ili na neki drugi način.

Predstavljena metoda određivanja kriterija sigurnosti novost je u elektroprivrednoj praksi i problem sigurnosti pokreće na znatno kompleksniji način nego što je to do sada rađeno. Od interesa je da se takav pristup rješenja problema sigurnosti prihvati i na nivou elektroprivrede Jugoslavije, te da se na temelju jedinstvenih kriterija utvrđuje razina potrebne izgradnje sistema.

U vezi s ovim problemom potrebno je pokrenuti pitanja definiranja društvenog statusa šteta koje nastaju zbog neisporučene energije. Iako se već duži niz godina pri izradi elektroenergetskih analiza kvantificira-

ju štete zbog redukcije, one u realnom životu nisu dobile potpunu dimenziju. Takav zaključak se može donijeti na temelju iskustva iz prošlosti. U protivnom, ako se to ne riješi, onda ni kriteriji sigurnosti nemaju pravu vrijednost.

LITERATURA

- [1] G. GRANIĆ, M. BRADARIĆ: »Elektroenergetska bilanca u planiranju razvoja elektroenergetskog sistema (I dio: hidroelektrane, crpno-akumulacijska postrojenja i remont termoelektrana)«, Energija, br. t, 1985.
- [2] G. GRANIĆ, M. BRADARIĆ: »Elektroenergetska bilanca u planiranju razvoja elektroenergetskog sistema (II dio: proizvodnja termoelektrana, nuklearnih elektrana i termoelektrana-toplana)«, Energija br. 1, 1986.
- [3] D. PEŠUT, G. GRANIĆ: »Kriteriji za određivanje pouzdanosti opskrbe potrošača električnom energijom (II dio)«, Institut za elektroprivredu, Zagreb, 1985.

ELECTRIC POWER BALANCE IN PLANNING OF ELECTRIC POWER SYSTEM DEVELOPMENT

(III part: Safety of consumer supply)

In the article is presented a method for calculation of electric power balance in planning of electric power system development that relates to safety of consumer supply. As safety criteria are taken hydrologic insecurity and unreliability of thermal power plants.

ELEKTROENERGETISCHE BILANZ IM PLANEN DER ENTWICKLUNG DES ELEKTROENERGETISCHEN SYSTEMS

(III Teil: Sicherheit der Verbrauchsbefriedigung)

In der Arbeit wird ein Teil der Methode ausgearbeitet für die Berechnung der elektroenergetischen Bilanz für die Planung der Entwicklung des elektroenergetischen Systems das sich auf die Sicherheitskriterien der Verbrauchsbefriedigung bezieht. Als Sicherheitskriterien werden besonders die Ungewißheit der Hydrologie und der Mangel von Wärmekraftwerken angegeben.

ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ БАЛАНС ПРИ ПЛАНИРОВАНИИ РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

(III-я часть: Надежность удовлетворения потребителей)

В работе частично разработан метод расчета электроэнергетического баланса при планировании развития электроэнергетической системы, предусматривающей надежное удовлетворение потребителей. В качестве критериев надежности особо выставляются неизвестность гидрологии и недостаточность тепловых электростанций.

Naslov pisaca:

dr Goran Granić, dipl. inž.
mr Damir Pešut, dipl. inž.
Institut za elektroprivredu,
41000 Zagreb, Proleterskih
brigada 37, Jugoslavija

Uredništvo primilo rukopis
1985-09-06

TEN YEARS OF EXPERIENCE IN TECHNOLOGY TRANSFER FOR TURNKEY POWER PLANTS

Adolf Hüttl, Erlangen

UDK 621.3.001.8
SUBJECT REVIEW

In the article is presented a review of KWU technology transfer that is applied or proposed in various countries.

Key words: technology transfer, turnkey power plants, experience.

I. LOOKING BACK ON PAST PROGRESS

In the Federal Republic of Germany turnkey construction of nuclear power plants has been established practice from the very beginning although this was no longer the case with conventional power plants in the sixties. The first projects to be handled on this basis were various research reactors and the first power reactors Kahl (16 MW, BWR, power operation since 1961), MZFR (multi-purpose research reactor) (57 MW, PHWR, 1966) Gundremingen A (250 Mw, BWR, 1966), Obrigheim (345 MW, PWR 1968), Stade (662 MW, PWR, 1972) and Würgassen (670 MW, BWR, 1972). The Federal German utilities welcomed the opportunity of awarding turnkey contracts for modern NPPs so that they would be able to negotiate all technical and contractual issues with only one contractual partner and so that they would also have only one contractual partner in respect of warranties.

The export orders handled by German industry, starting in 1968 with Atucha I (Argentina) and followed by Borssele (1969, Netherlands), Tullnerfeld (1972,

Austria), Gösgen (1973, Switzerland) and Bushehr (1974, Iran) were also based on this concept although the national scope of supply in each case gained in significance. **Figure 1** shows the progression of national participation in the processing of various projects. Here we are however essentially concerned with classic turnkey export orders where the participation of the national industry was agreed as appropriate to any capabilities and experience that may have been available.

In Germany the turnkey concept was retained after completion of the first smaller nuclear power plants — against the trend in other industrialized countries — and thus formed the basis for a total of 31 German and foreign orders which have been handled by Kraftwerk Union AG (KWU) until today. Through this turnkey processing concept KWU has accumulated an experience potential in the construction of turnkey nuclear power plants and the associated activities. A further contributory factor was that in Germany under the terms of the Atomic Energy Act KWU shares responsibility until power plants are handed over to the owner/operator.



NPP	Country	MWe	National Participation	
			Planning Stage %	at Hand-over %
Atucha I	Argentina	367	25	35
Borssele	Netherlands	481	76	76
Goesgen	Switzerland	970	40	45
Tullnerfeld	Austria	723	70	70

Fig. 1: National Participation in KWU Turnkey Export Projects

08 Ce a

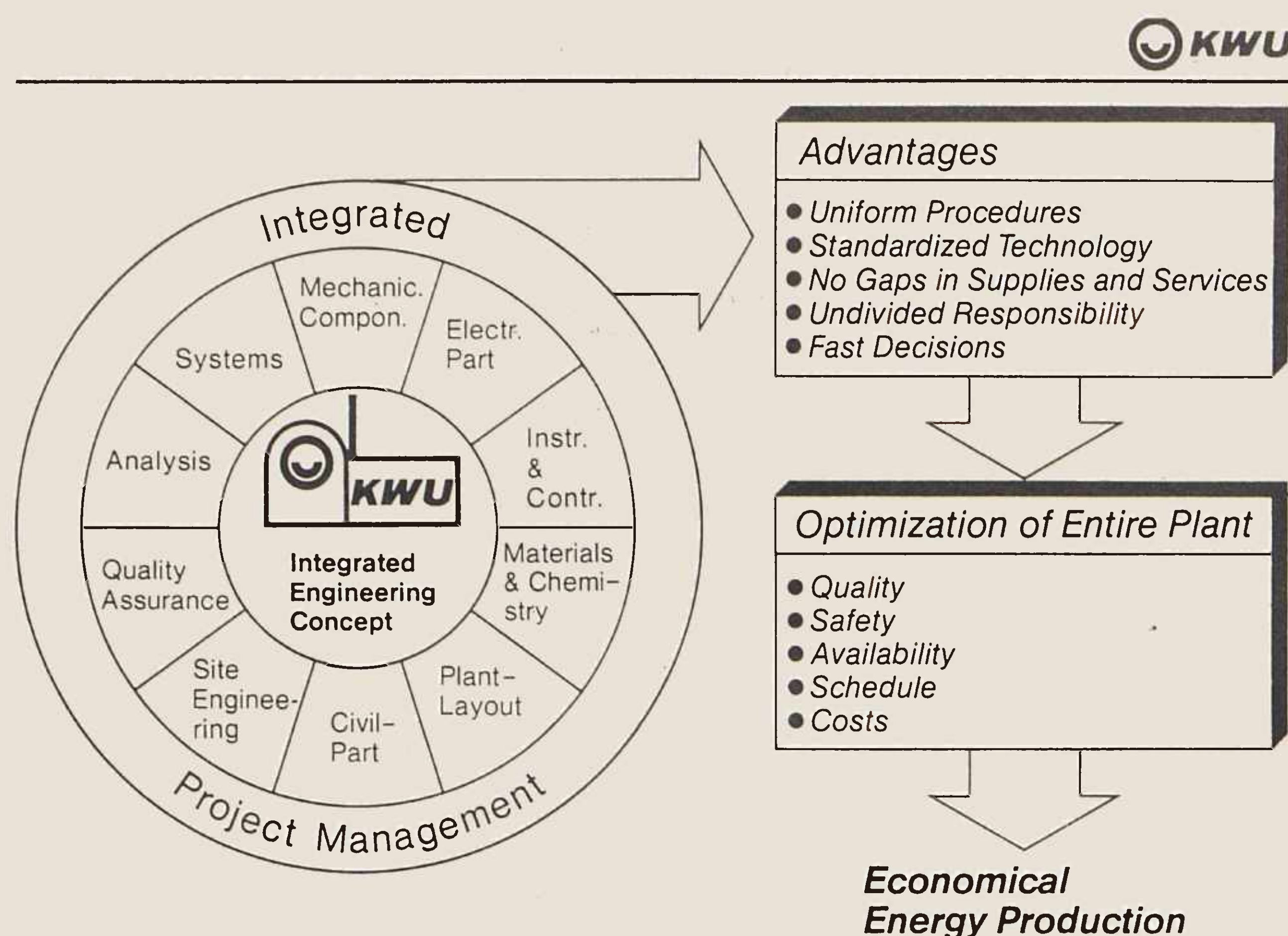


Fig. 2: Integrated Engineering and Project Management for Economical Energy Production

841275 Ce

At KWU the integrated engineering concept, as detailed in **Figure 2**, has become a capability of particular significance.

Outside the Federal Republic of Germany, especially in the USA, the component or package-type approach, i. e. not from a single source, is common practice for nuclear power plants too. Instead of a turnkey contract a number of contractual groups are generally established which can essentially be subdivided into contracts relating to

- the architect engineer
- the civil part
- the NSSS or NI
- the TI
- the BOP
- and other components and systems which go to make up the complete NPP.

II. FEATURES AND APPLICATION OF TECHNOLOGY TRANSFER

Drawing on its many years of extensive turnkey experience KWU was the first and so far only company to be able to offer complete engineering technology transfer which could also be adapted to include complete manufacturing technology transfer to meet the demands and capabilities of the recipient country.

Here joint efforts were made from the outset to incorporate the capabilities of the recipient countries in such a way that the orderers achieve total independence within an appropriate period. There is a major difference between this concept and just the award of a license; know-how transfer is a dynamic process and has to be constantly updated at both ends.

With a defined starting position and ultimate objective, i. e. independence, one can in principle apply the following criteria (**Figure 3**):

- Highly industrialized countries, whose supply industry has achieved a status that makes it possible to cover the entire field of nuclear technology, will look for an experienced partner to reduce the time and cost involved in the assimilation of this technology. This partner will transfer the complete know-how within the framework of a system license and only consolidate the transfer in the recipient country by way of explanatory advice given by experts: the simplest method of know-how transfer.
- A special position is held by countries whose industry has likewise attained a high degree of sophistication, but does not encompass the entire spectrum of technical supplies, e. g. smaller industrialized countries. Here the import of nuclear power plants with maximum participation of the national industry is a commonly practiced, expedient solution.
- To achieve the maximum possible scope of national supply with imported nuclear technology, a broader based know-how transfer is possible in a third group of countries whose industry has not yet been adequately qualified: Experienced industrial companies in the supplier country transfer their manufacturing-specific know-how to the national industries under individual licensing contracts and enable these national companies to achieve independence at the higher level necessary for nuclear technology. In these countries agreements, which cover the transfer of experience in dealings with authorities on licenses for nu-

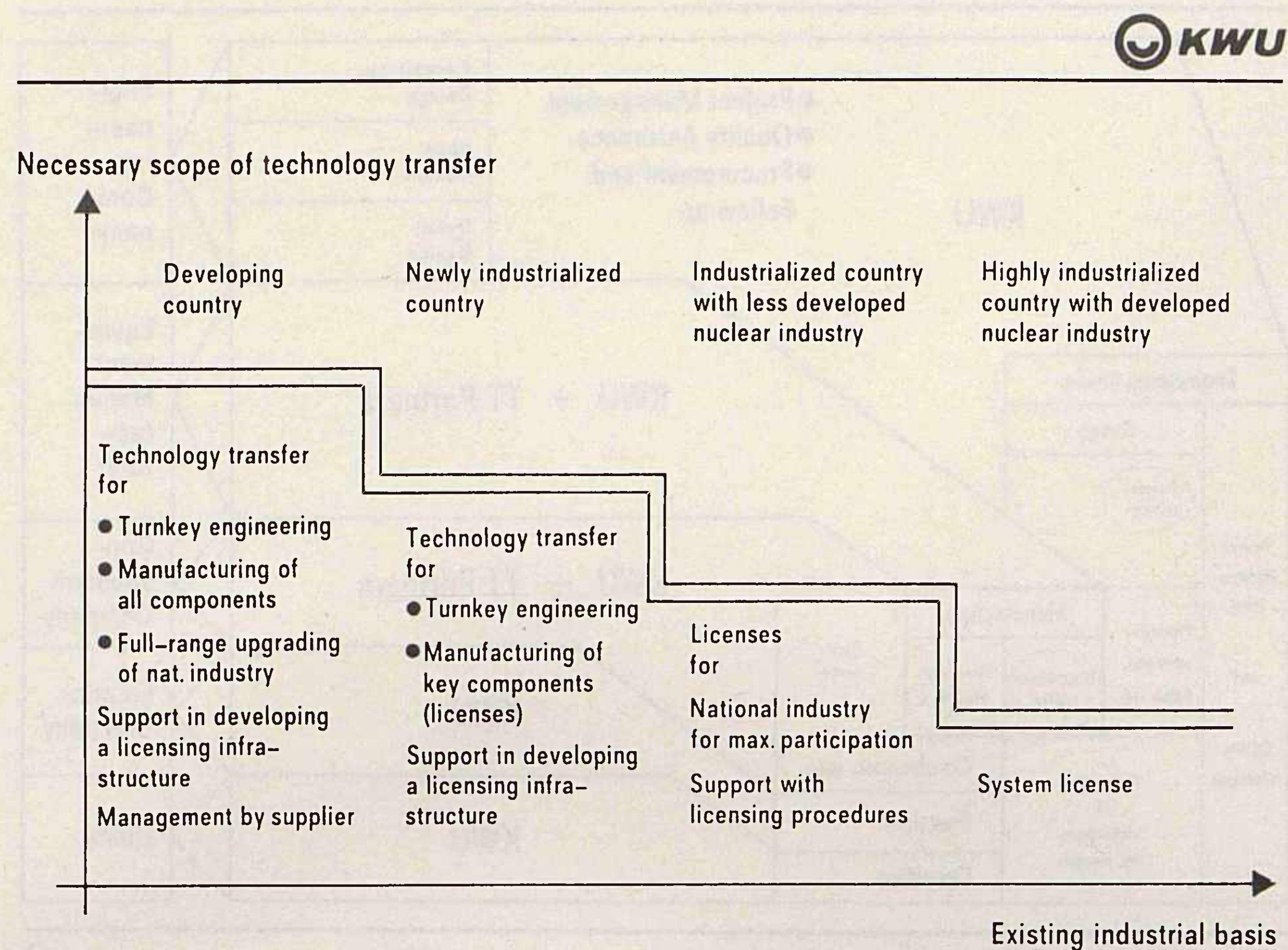


Fig. 3: Technology Transfer Tailored to Existing Industrial Basis

851331 Ce

clear power plants, are often concluded at government level as well.

- Newly industrializing countries require even more: broad-based assistance to enable independence in all fields of nuclear technology as quickly as possible. This is where engineering technology transfer comes in. As against the import of nuclear technology, this form of technology transfer can be implemented in all planning stages. Furthermore, total independence is attained via industrial licenses and cooperation between authorities in the provision of national supplies and licenses.
- The most comprehensive form of technology transfer is when large developing countries enter the field of nuclear technology as part of international cooperation: here all the elements mentioned above are supplemented by intensive consulting for qualification of industry already on hand and industry required for atomic energy program, and development of new branches of industry still necessary to permit complete proficiency in the new technology. All this is implemented within the framework of comprehensive manufacturing technology transfer.

Prerequisite for an expedient transfer of nuclear technology, in its entire scope and complexity, is a long-term national NPP construction program. An example of a guideline program would encompass the construction of four plants within a period of 10 years. In this manner the recipient country attains independence in the construction of nuclear power plants in only 10 years on the basis of proven technology. By contrast industrialized countries had as a rule required at least 20 years to achieve this status via research reactors and a step-by-step uprating of

nuclear power plants, and had in the process often to pay for costly errors in planning. Figures 4 and 5 give a general breakdown on the »scope of technology to be transferred«. **Figure 4** features the essential activities and their interrelationships and **Figure 5** shows the transfer to various industrial areas in the recipient country.

As shown in **Figure 6**, identical tools are used for the implementation of technology transfer in the three

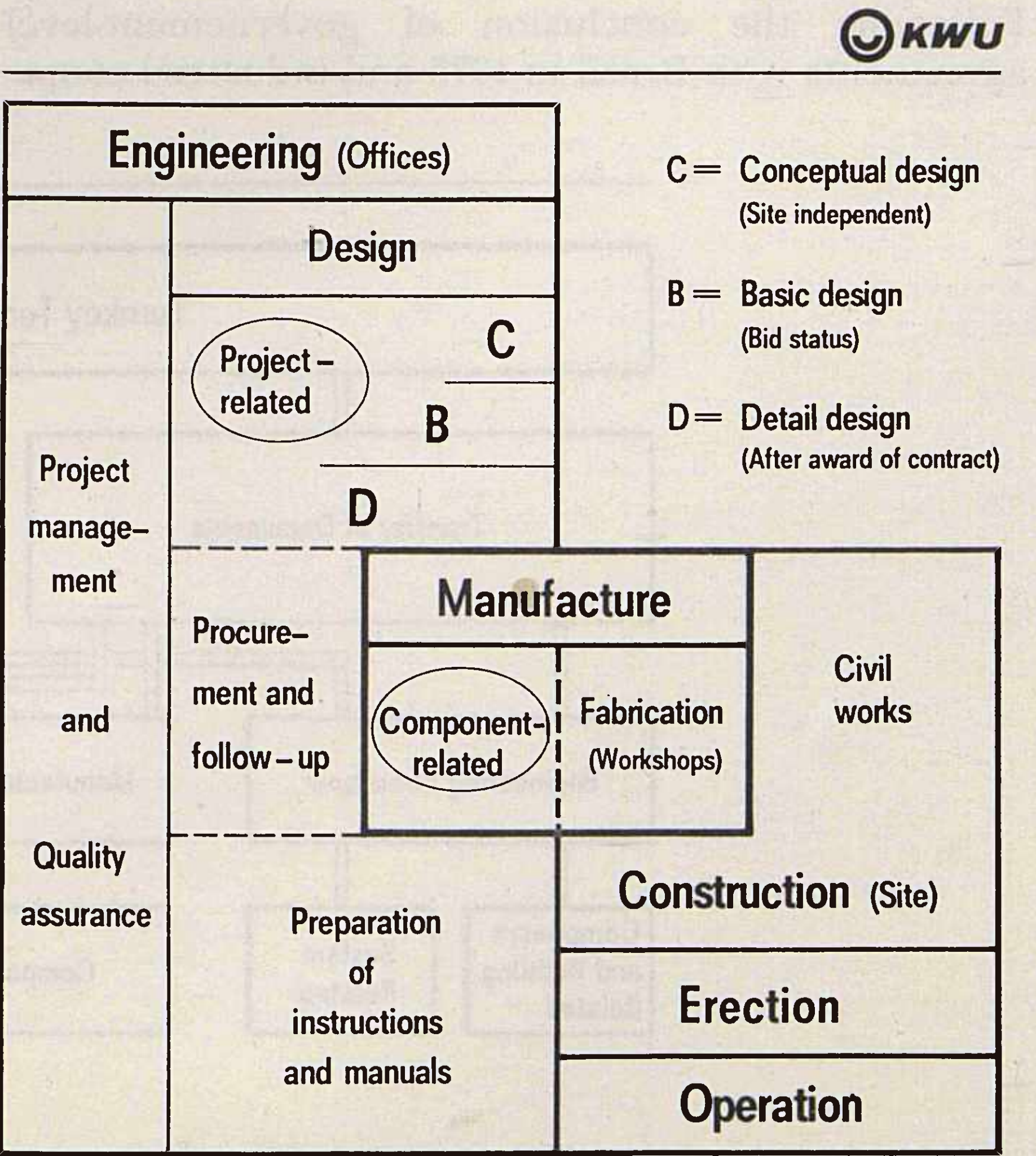


Fig. 4: Correlation between Engineering, Manufacture, Construction and Operation

E841141 Ce

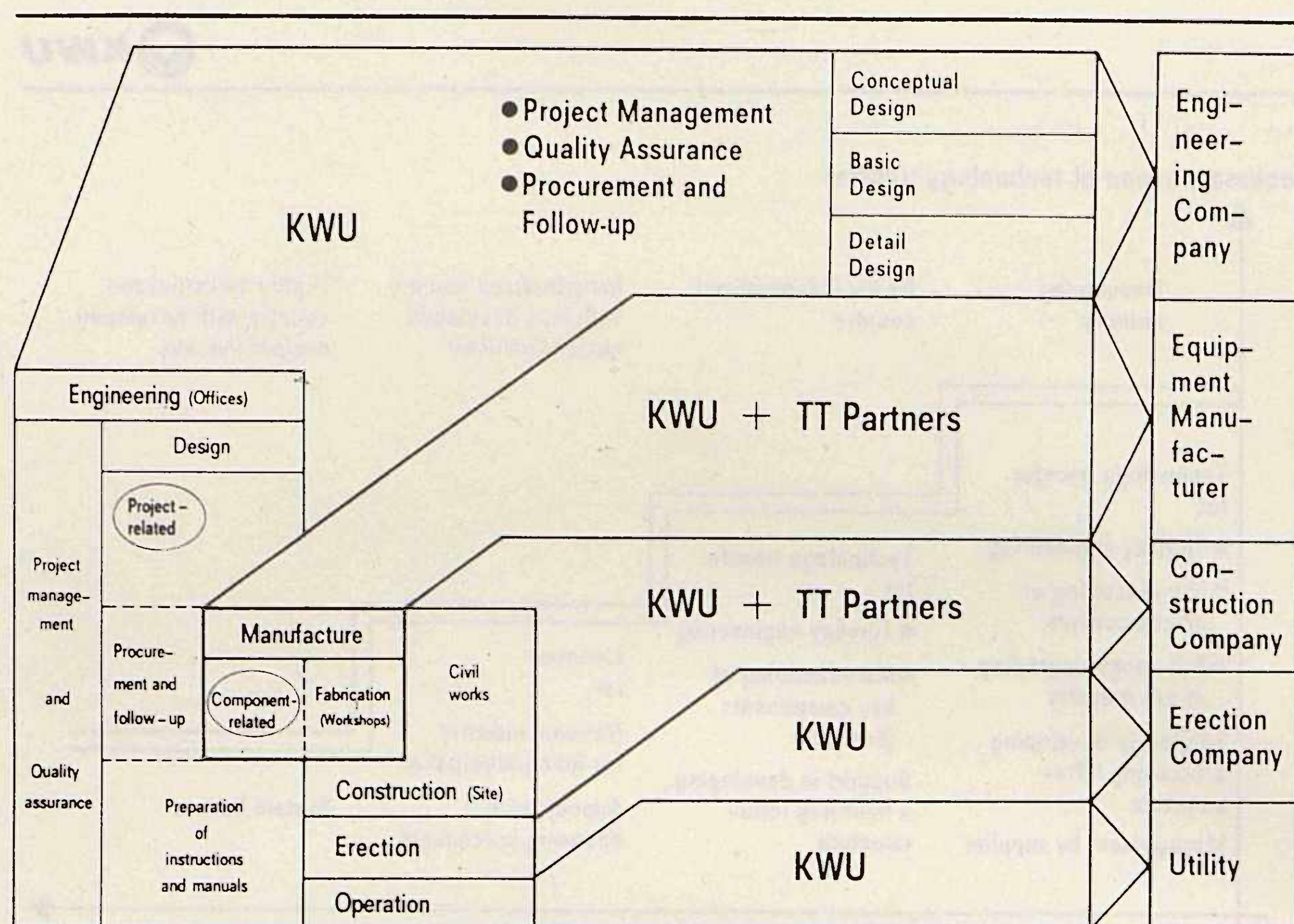


Fig. 5: Transfer of Technology and Turnkey Know-how by KWU

relevant areas of engineering, manufacture and management know-how, these tools being

- Transfer of documents
- Man-to-man transfer (here the foundations are laid for future (technology independence)

III. EXPERIENCE TO DATE AND STATE OF THE ART IN TECHNOLOGY TRANSFER

Brazil

Following the conclusion of government-level agreements with Brazil in 1975 and industrial coope-

ration agreements in 1976, a body of joint ventures was established in Brazil with NUCLEBRAS as the main party (Figure 7).

An overall survey of the industrial cooperation agreements is featured in the next figure (Figure 8). It is a true-to-life representation of the multitude of interrelationships as reflected by the variety and quantity of information. On the left the European partners, next to them the joint ventures and in between the activities performed jointly by these partners; on the right the cooperation agreements between Brazilian and European, primarily German, industrial companies and the associated activities.

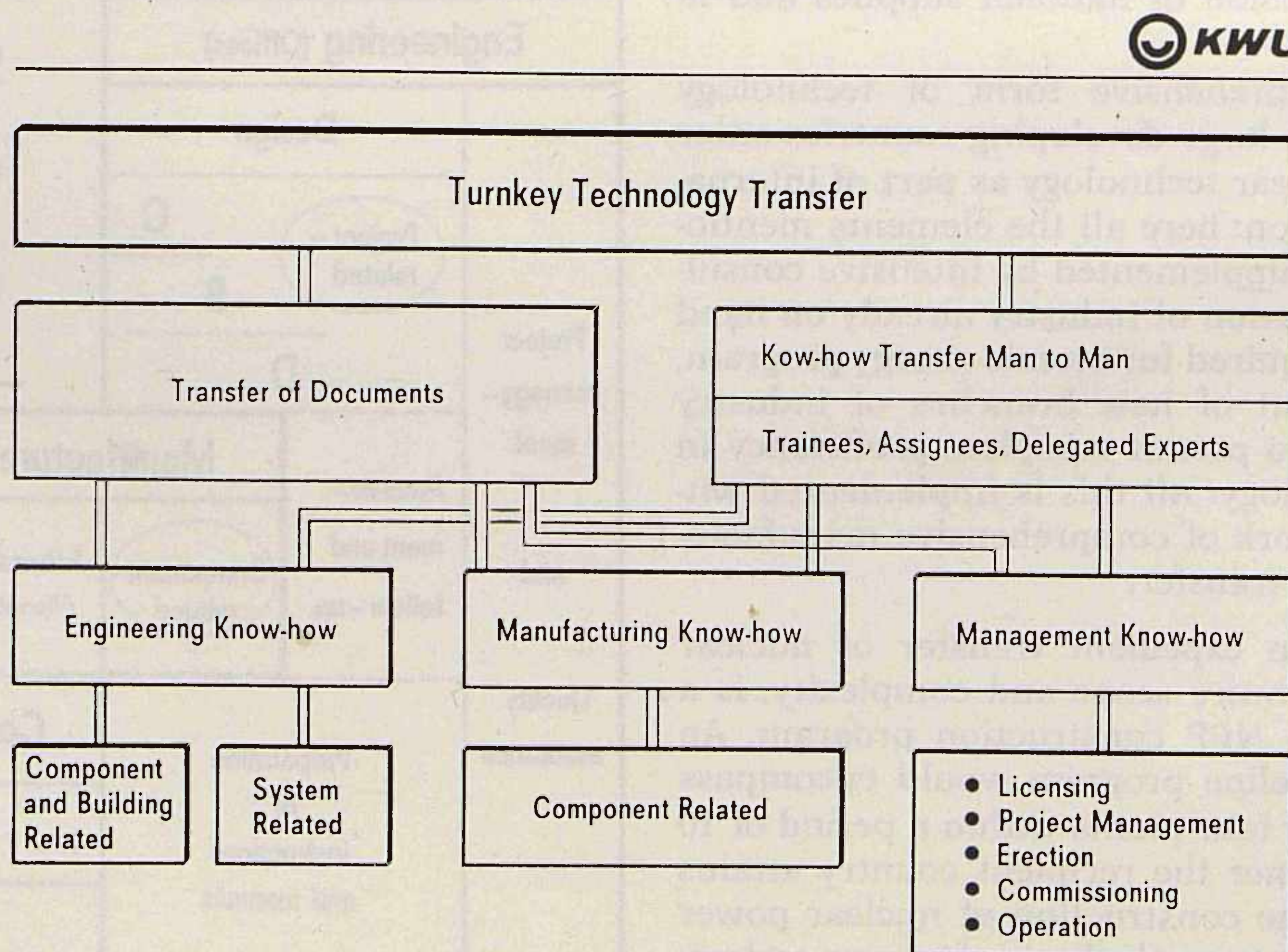


Fig. 6: Activities of Technology Transfer

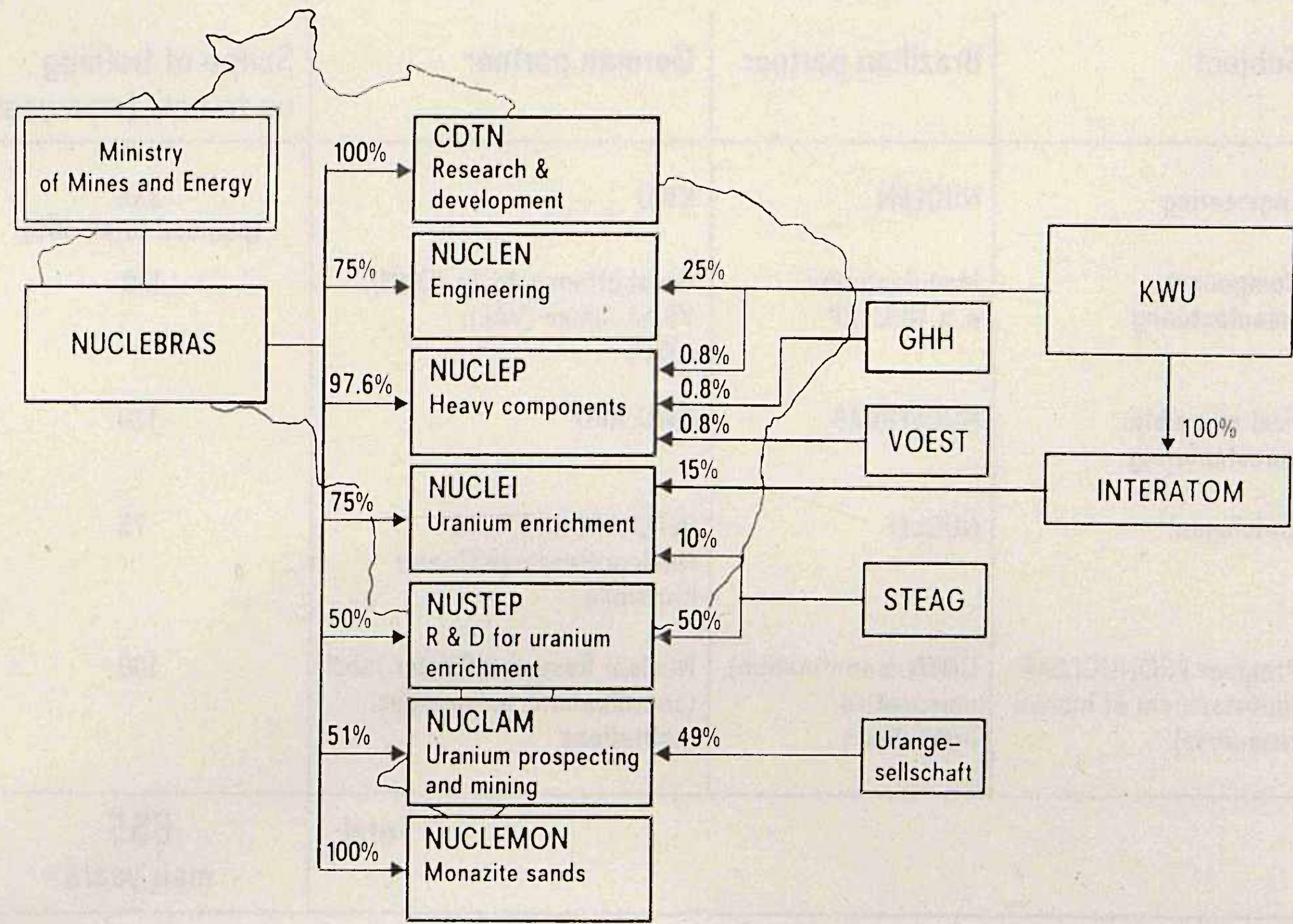


Fig. 7: Structure of the NUCLEBRAS Group

E 83 460 Ce^a

Here the engineering and project management company NUCLEN assumes a central role.
In the meantime over 30 manufacturing industry cooperation agreements have been concluded which range from

- a licensing agreement with drawings
- a licensing agreement with drawings, technical assistance and product forms to

— the assembly of supplied materials.
With the first two nuclear power plants in Brazil based on German technology, Angra 2 and 3, presently under construction, national participation will already exceed 60 %.
Furthermore, the total of 655 manyears for the instruction and on-the-job training of specialist personnel, as shown in **Figure 9**, is very conclusive.

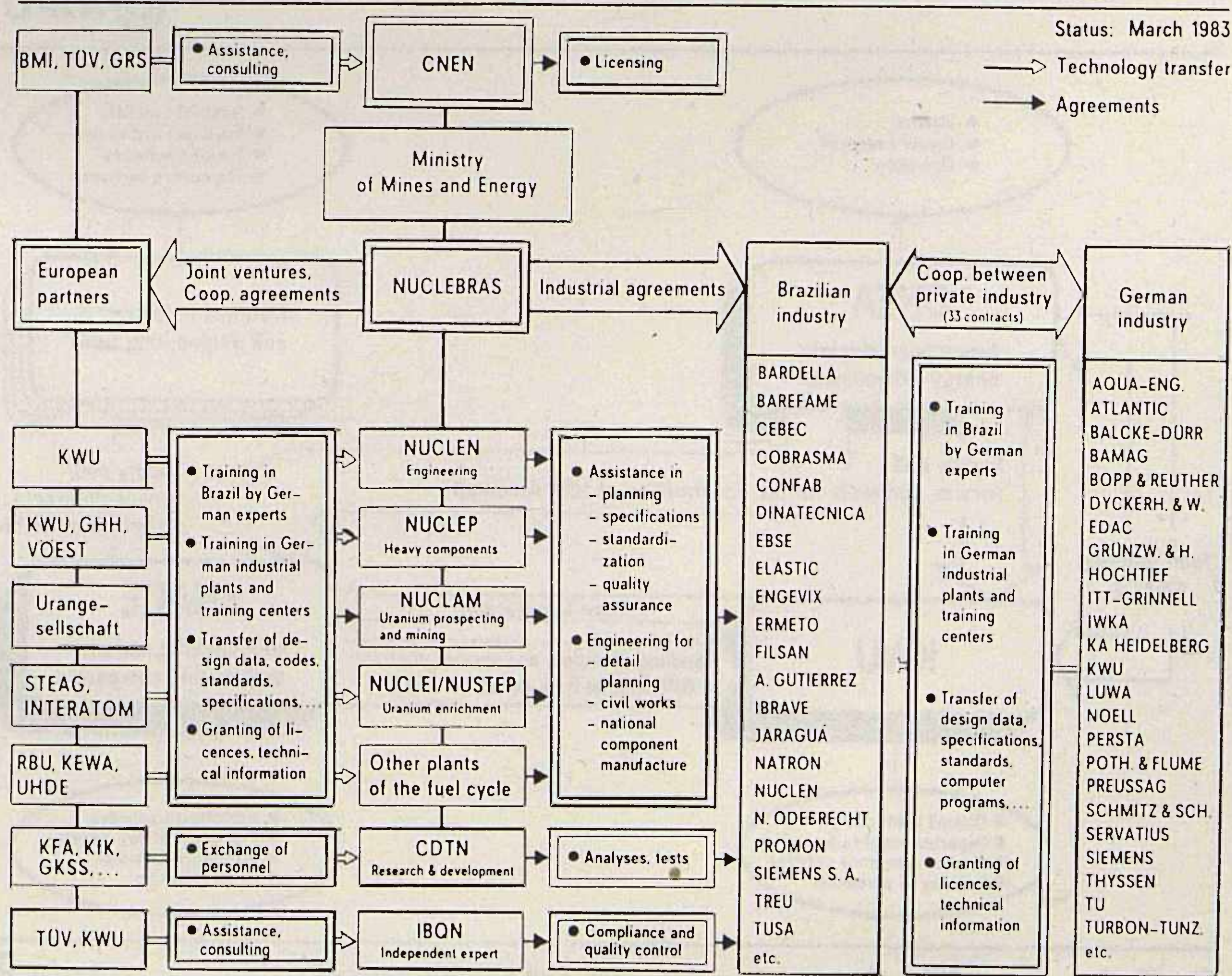


Fig. 8: Structure of the Brazilian - German Partnership in Technology Transfer

253Ce^a



Subject	Brazilian partner	German partner	Scope of training up to now (man years)
Engineering	NUCLEN	KWU	230 (planned total: 300)
Component manufacturing	Manufacturers, e. g. NUCLEP	Gutehoffnungshütte (GHH), Vöest Alpine (VAL), KWU,....	130
Fuel assembly manufacturing	NUCLEBRAS	KWU, RBU	120
Enrichment	NUCLEI	INTERATOM, STEAG Nuclear Research Center Karlsruhe	75
Program PRONUCLEAR (development of human resources)	CNEN (coordination), universities, institutions	Nuclear Research Center Jülich (coordination), universities, institutions	100
Total:			655 man years

Fig. 9: Training of Brazilian Experts in Germany in the Framework of the Nuclear Energy Program (Status June 1985)

85 1332 e

Argentina

Although know-how had already been transferred under the terms of individual agreements during the construction of Atucha I (1968-1974) and manufacturing technology transfer had been implemented (national participation approx. 35 %), as intimated at the beginning of this paper, a broad-based turnkey technology transfer agreement was concluded following the award of the contract for Atucha II in 1980.

The incorporation of technology transfer into the contracts for the construction of Atucha II, the first of four nuclear power plants planned in Argentina's nuclear energy program (forerunners Atucha I and Embalse), is shown in **Figure 10**.

Technology transfer increases national participation and here the national portion will exceed 60 %. In Argentina too, an engineering company ENACE, a joint venture founded by CNEA and KWU, is coordinating the construction of Atucha II and the planned fol-

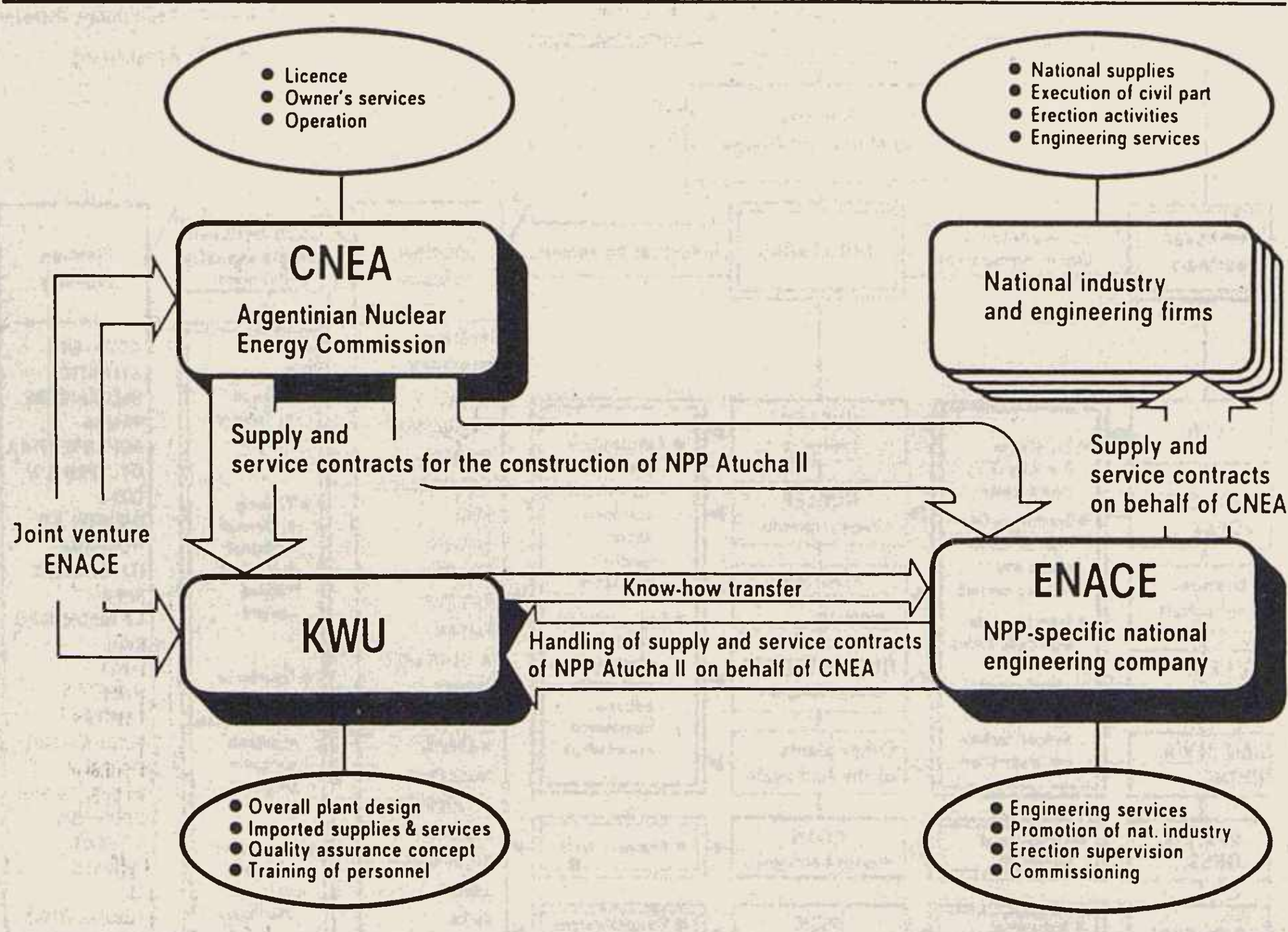


Fig. 10: Structure of the Cooperation Program and Distribution of Activities for the Construction of NPP Atucha II

E 81201 Ce a

low-up plants. For both countries technology transfer between the participant companies has been extremely successful although construction has been severely delayed by economic restrictions.

Spain

Here reference should again be made to the fact that the scope and the depth of technology transfer in the cooperation agreements described above are tailor-made to meet the requirements of the country concerned and are thus examples of the flexibility of the KWU concept.

Technological cooperation in the field of NPP engineering between the Spanish engineering company Agrupados and KWU is a further example of tailor-made technology transfer. Here a large know-how

turing technology transfer too, is to be channelled via KWU for the People's Republic of China.

The net figure, **Figure 11**, shows the planned Chinese participation in NPP engineering and manufacturing which is based on in-depth investigations. Here too, the increase in participation is evident from the trend for the first four power plant units; independence is planned as of unit 5.

CONCLUSION

To close a resume of the highlights on the present topic:

- Only turnkey know-how guarantees successful technology transfer
- Tailor-made technology transfer is a must

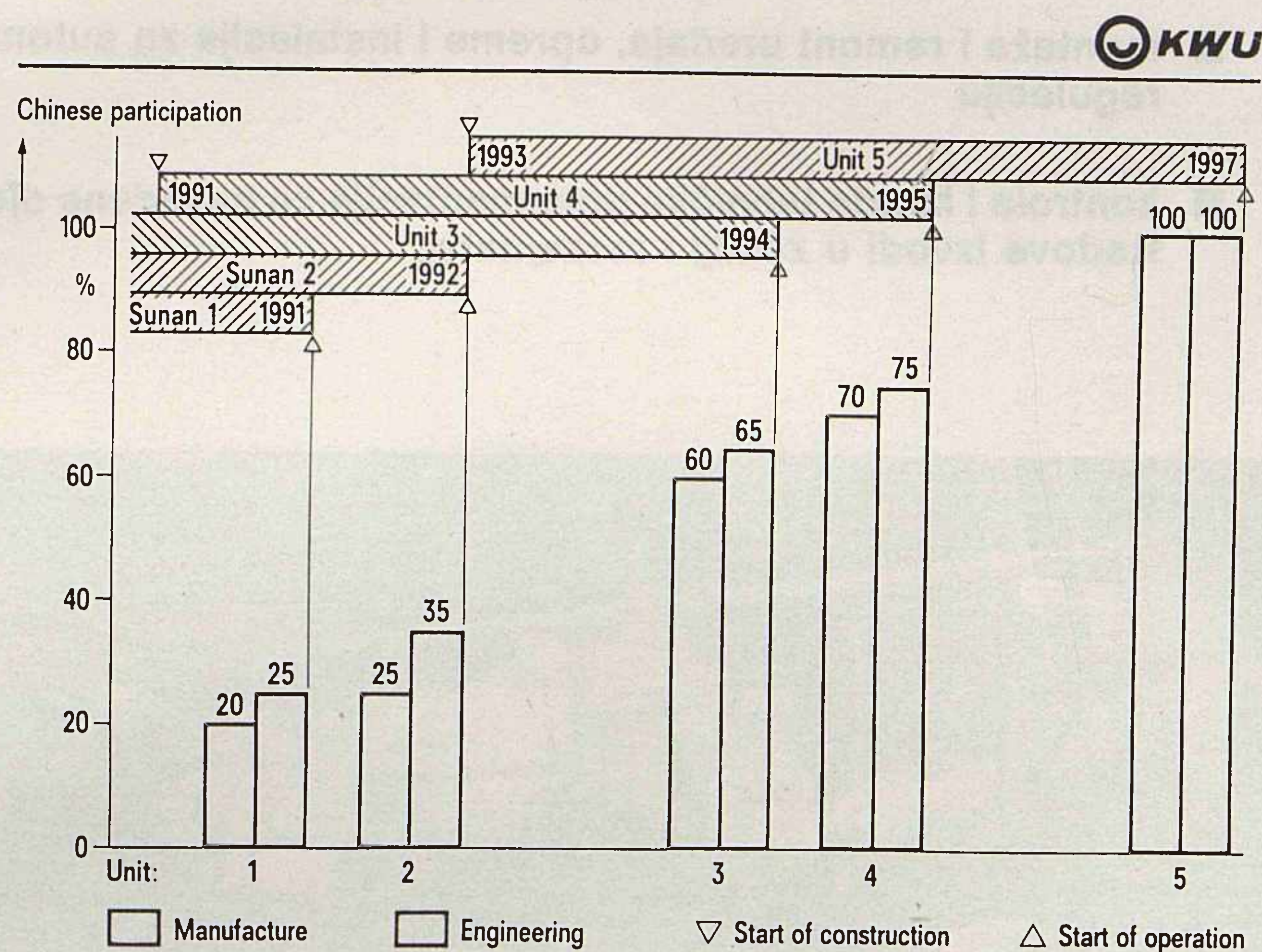


Fig. 11: Estimated Chinese Participation in Manufacture and Engineering of NPPs

E841976 Ce

potential on the Spanish side is to be consolidated by the appropriate KWU know-how which is additionally required for planning and installation of the KWU NSSSD, KWU I&C and the KWU turbine generator unit. The progress made in construction of the Trillo 1 project testifies to the perfect functioning of Spanish-German cooperation.

China

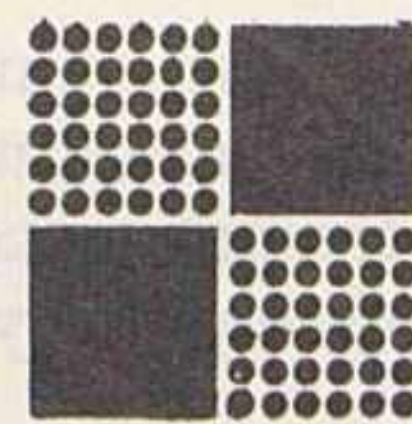
Whereas in the above-mentioned cooperation models KWU primarily implemented turnkey engineering transfer and manufacturing technology transfer »only« called for mediation between the German and Argentinian or Brazilian industry (not in the case of nuclear heavy components in Brazil), the entire turnkey technology transfer, i. e. complete manufac-

- Technology transfer must include all the necessary elements
- Successful technology transfer dispenses with dependence on imports
- The concept of turnkey technology transfer is the most economically effective way of achieving proficiency in nuclear technology if it is also linked with turnkey management know-how.

Naslov pisca:

Adolf Hüttl, dipl. ing.
Kraftwerk Union AG/KWU/
T-8520 Erlangen

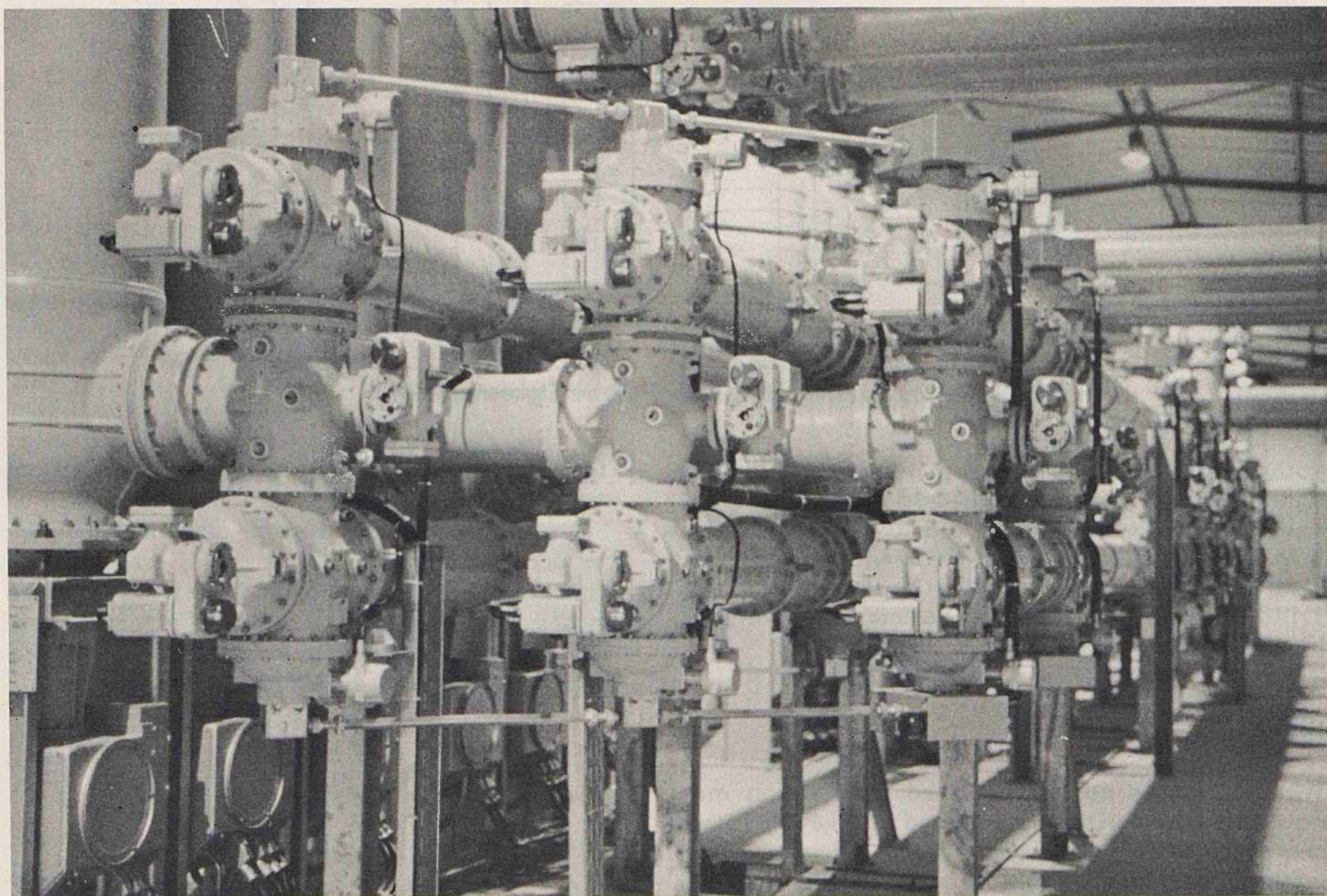
Uredništvo primilo rukopis
 1985-12-02



Radna organizacija za montažu industrijskih postrojenja
OOOR za elektromontažne radove

ZAGREB ● Dimitrovljeva 2-6

- montaža i remont visoko i niskonaponskih postrojenja i razvodnih mreža
- montaža i remont kompletnih elektromotornih razvoda, rasklopnih postrojenja, instalacije rasvjete i uzemljenja
- montaža i remont uređaja, opreme i instalacija za automatiku, mjerenje, regulaciju
- kontrola i izrada tehničke dokumentacije za navedene djelatnosti
Radove izvodi u zemlji i inozemstvu



POVEĆANJE ENERGETSKE ISKORISTIVOSTI POSTROJENJA LOŽENIH PRIRODNIM PLINOM

mr Zlatko Milanović, Zagreb

UDK 621.311.22.005

PREGLEDNI RAD

Prikazana su nastojanja da se što više iskoristi toplina produkata izgaranja pri izgaranju zemnog plina. Dimnim plinom hlade se do temperatura rošenja, tj. do otprilike 40–50°C.

Ključne riječi: iskoristivost energetskih objekata, loženje zemnim plinom, rošenje zemnih plinova.

UVOD

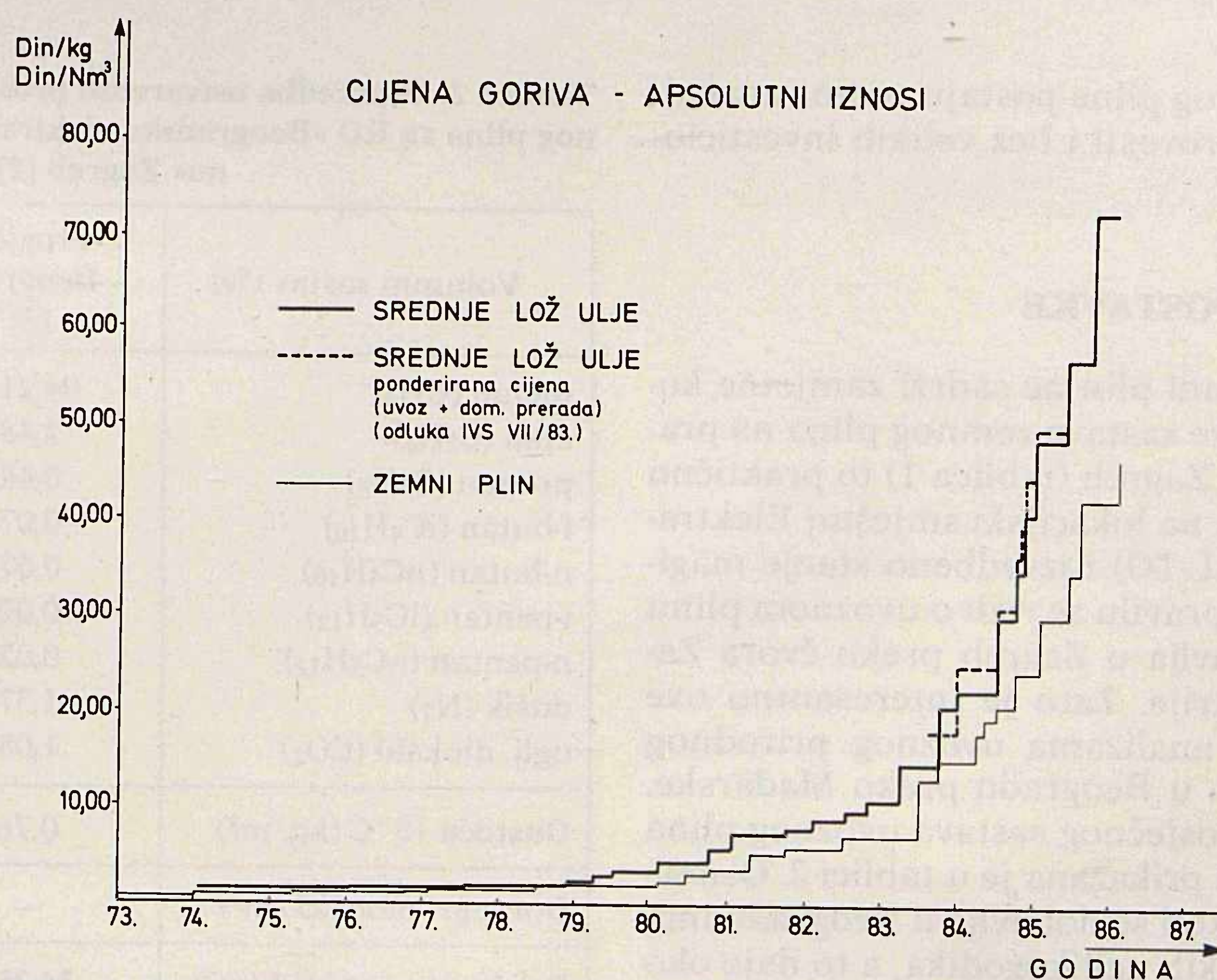
»Provođenje mjera za racionalno korištenje energije, tj. smanjenje potrošnje energije, jedan je od najvažnijih dugoročnih zadataka.« Taj zadatak već godinama u velikom broju razvijenih država ima prioritarno političko značenje. Primjerice, u Japanu svaka ostvarena ušteda na troškovima energije dobiva jednako društveno značenje kao ista vrijednost izvoza robe. **To znači da programi racionalizacije korištenja energije imaju isti značaj i društveno vrednovanje kao i programi za izvoz.**

Nema nikakvih ozbiljnijih razloga da i kod nas programi povećanja energetske iskoristivosti ne dobiju prioritarno značenje. Naša zemlja je izrazito siromašna energetskim izvorima, te se mora dugoročno veza-

ti za uvoz energije u većem ili manjem iznosu. Zato svako organizirano smanjenje specifične potrošnje, odnosno potražnje energetskih sirovina donosi dugoročno korisne efekte. Pri tome uvijek treba govoriti o povećanju ukupnog društvenom stupnja iskorištenja energije, a ne o mjerama prisilnih redukcija.

Za sada, prema rezultatima objavljenim za 1984. godinu, u SR Hrvatskoj pada efikasnost korištenja energije po jedinici društvenog proizvoda. To je efekt sasvim suprotan željenome, pogotovo uz spoznaju da su uvijek kod nas više ili manje bile prisutne redukcije (posebno zemnog plina i električne energije). Cijene energije (slika 1) rastu mnogo brže od prosječnih godišnjih stopa inflacije.

U takvim uvjetima organizirana društvena akcija na području racionalizacije korištenja energije ima go-



Slika 1. Cijene goriva na pragu toplane u Zagrebu od 1973. do 1985. godine

tovo sudbonosno značenje. Upravo smo na pragu novog srednjoročnog razdoblja, koje za zadovoljavanje općeg razvoja zahtijeva i znatna ulaganja u nove energetske objekte. Zalihe u mogućim, a neiskorištenim energetske racionalizacijama toliko su velike (i preko 30%) da je u idućem razdoblju moguće i bez nekih novih velikih energetskih postrojenja podmiriti potrebe.

U sklopu ovih ciljeva zadatak je svakog energetičara da se maksimalno poboljšaju vlastiti energetske procesi. U ovom radu konkretno će se opisati moguća poboljšanja u iskorištenju toplinske energije dimnih plinova kod postrojenja koja se koriste zemnim plinom. S obzirom na dosadašnju godišnju potrošnju prirodnog plina u SR Hrvatskoj od oko 2,2 milijarde m³ i na planirano podvostručenje godišnje proizvodnje plina u SRH do 1990. godine, racionalizacije pro-

Prema [2] za Beograd od 1982. do 1984. godine često se sastav plina znatno mijenjao, dok su u Zagrebu prosječne vrijednosti istovremeno i konstantne.

Analiza prirodnog plina u Beogradu također je pokazala da on ne sadrži zamjetne količine sumpora. Slične rezultate dale su i analize zemnog plina koje su provedene u inozemstvu.

Proizlazi da kod uređaja koji se lože zemnim plinom nema velike opasnosti od klasičnog oblika niskotemperaturne korozije uzrokovane rošenjem. Neka iskustva iz Austrije ipak pokazuju da je potreban dodatni oprez. Supmor je inače glavni uzrok klasičnog oblika niskotemperaturne korozije na postrojenju. Kod goriva koje nema sumpora točka kondenzacije, tj. rošenje, određena je primarno temperaturom kondenzacije vodene pare u produktima izgaranja.

Tablica 1. Analiza sastava zemnog plina na pragu »Elektrane-Toplane« Zagreb

Volumni sastav %	Provedene analize									
	8. V 84.	21. V 84.	19. VI 84.	5. VII 84.	10. IX 84.	25. XII 84.	10. I 85.	5. IX 85.	7. X 85.	Prosjek
metan (CH ₄)	97,98	97,98	97,64	96,99	98,01	97,33	97,39	98,07	98,71	97,7889
etan (C ₂ H ₆)	0,52	0,56	0,62	1,01	0,49	0,86	0,88	0,44	0,16	0,6156
propan (C ₃ H ₈)	0,24	0,25	0,25	0,40	0,24	0,30	0,30	0,25	0,13	0,2622
i-butan (iC ₄ H ₁₀)	0,04	0,03	0,03	0,05	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	0,0322
n-butan (nC ₄ H ₁₀)	0,06	0,06	0,06	0,09	0,06	0,06	0,06	0,05	0,02	0,0578
i-pentan (iC ₅ H ₁₂)	0,01	0,01	0,01	0,03	0,04	0,01	0,01	0,01	trag	0,0144
n-pentan (nC ₅ H ₁₂)	0,01	0,01	0,01	0,02	0,05	0,01	0,01	trag	—	0,0133
dušik (N ₂)	0,95	0,93	1,21	1,16	0,92	1,18	1,10	1,06	0,88	1,0433
uglj. dioksid (CO ₂)	0,12	0,12	0,14	0,19	0,11	0,18	0,16	0,05	0,03	0,1222
Gustoća 15 °C (kg/m ³)	0,6937	0,6936	0,6953	0,7018	0,6954	0,6977	0,6973	0,6922	0,6870	0,694 789
Gor. ogr. moć (kJ/m ³)	37 713	37 731	37 617	37 909	37 786	37 708	37 754	37 649	37 522	37 710
Donja ogr. moć (kJ/m ³)	33 970	33 986	33 884	34 155	34 076	33 968	34 010	33 910	33 789	33 972

cesa izgaranja prirodnog plina postaju veoma značajne, a često se mogu provesti i bez velikih investicionih ulaganja.

TEORETSKE PRETPOSTAVKE

Prirodni odnosno zemni plin ne sadrži zamjetne količine sumpora. Analize sastava zemnog plina na pragu Elektrane Toplane Zagreb (tablica 1) to praktično i dokazuju. S obzirom na lokacijski smještaj Elektrane-Toplane Zagreb (EL-TO) i izvedbeno stanje magistralnih plinovoda, u pravilu se radi o uvoznom plinu iz SSR-a. On se dobavlja u Zagreb preko čvora Zabok, Slovenije i Austrije. Zato je interesantno ove analize usporediti s analizama uvoznog prirodnog plina koji se dobavlja u Beogradu preko Mađarske. Usporedna analiza prosječnog sastava uvoznog plina u Zagrebu i Beogradu prikazana je u tablici 2. Osnovna je razlika što plin koji se dobavlja u Beogradu ima nešto veći sadržaj teških ugljikovodika, a to daje oko 7% veću donju ogrjevnu vrijednost zemnog plina.

Tablica 2. Usporedba ostvarenih prosječnih vrijednosti zemnog plina za RO »Beogradske elektrane« i »Elektranu-Toplanu« Zagreb [2]

Volumni sastav (%)	Prosjek Beograd [2]	Prosjek Zagreb (tablica 1)
metan (CH ₄)	94,213	97,789
etan (C ₂ H ₆)	2,484	0,616
propan (C ₃ H ₈)	0,640	262
i-butan (iC ₄ H ₁₀)	0,071	0,032
n-butan (nC ₄ H ₁₀)	0,078	0,058
i-pentan (iC ₅ H ₁₂)	0,024	0,014
n-pentan (nC ₅ H ₁₂)	0,027	0,013
dušik (N ₂)	1,376	1,043
uglj. dioksid (CO ₂)	1,087	0,122
Gustoća 15 °C (kg/m ³)	0,766	0,695
Gor. ogr. moć (kJ/m ³)	—	37 710
Donja ogr. moć (kJ/m ³)	36 253	33 972

Teoretski proračuni i naša praktična iskustva pokazuju da je temperatura kondenzacije kod loženja prirodnog plina između 55 i 60°C (zavisno od sadržaja vodene pare u produktima izgaranja).

Na osnovi toga nameće se zaključak da je kod energetskih postrojenja koja u potpunosti kao gorivo koriste zemni plin moguće znatno smanjiti temperaturu dimnih plinova na izlazu (ispod 100°C). Takav zaključak vrijedi i za energetske objekte koji se povremeno — sezonski koriste zemnim plinom. Razumljivo, snižavanje temperature dimnih plinova moguće je samo kada postrojenje koristi isključivo prirodni plin, a dodatno pothlađivanje dimnih plinova mora se izbjeći čim se počne koristiti gorivo sa sadržajem sumpora (u loživa ulja — mazut).

MOGUĆNOSTI ZA SNIŽAVANJE TEMPERATURE DIMNIH PLINOVA

Principijelno, temperatura dimnih plinova pri loženju prirodnim plinom može se sniziti do dva osnovna temperaturna nivoa:

- a) snižavanje do temperature kondenzacije vodene pare u dimnim plinovima, tj. do 65°C

Teoretski proračuni načelno pokazuju da pri prosječnim uvjetima izgaranja **pothlađivanje dimnih plinova za 20°C, doprinosi povećanju korisnosti postrojenja, tj. uštedi goriva od oko 1 %**. To konkretno znači da smanjivanje temperature dimnih plinova kotla sa 185°C na 56°C donosi uštedu goriva 6%. Takve uštede principijelno su moguće kod svih klasičnih (postojećih) postrojenja ugradnjom dodatnih izmjenjivača topline u obilaznom dimovodnom kanalu između kotla i dimnjaka.

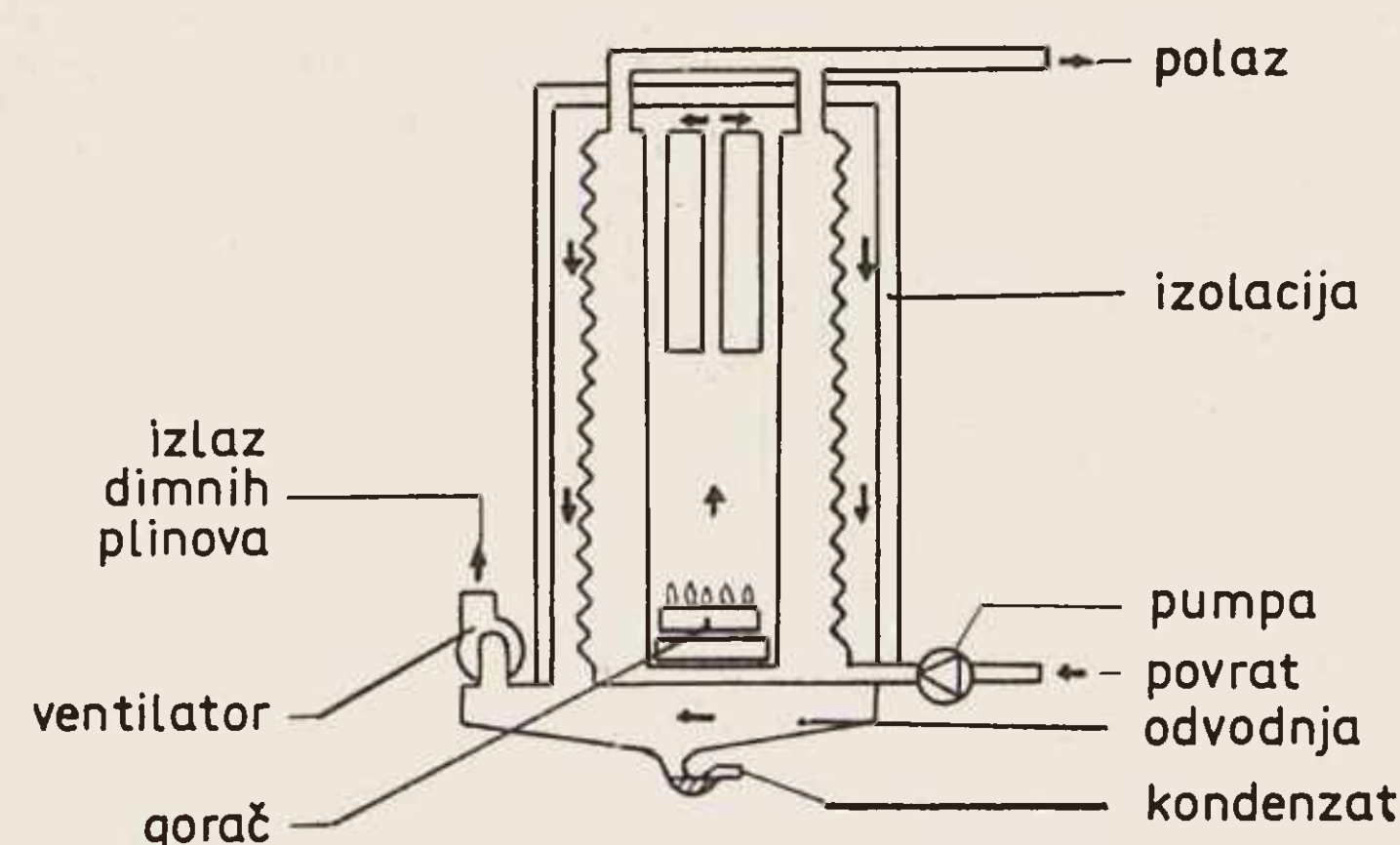
- b) snižavanje ispod temperature kondenzacije vodene pare u dimnim plinovima, tj. ispod 55°C

Uštede prirodnog plina znatno su veće ako se u postrojenju osigura kondenzacija dimnih plinova. Na taj način omogućava se iskorištenje latentne topline, tj. topline kondenzacije vodene pare dimnih plinova. Praktično, znači da se koristi zapravo gornja ogrjevna vrijednost prirodnog plina (Hg), koja je u prosjeku veća od donje ogrjevnosti (Hd) za oko 10% (tablica 1).

Ako u postrojenju ostvarimo kondenzaciju dimnih plinova, osim korištenja topline kondenzacije postići će se ušteda goriva i zbog većeg pothlađivanja energetskog postrojenja u ovom slučaju može iznositi i više od 20%. To znači da kod kotlova loženih prirodnim plinom s kondenzacijom dimnih plinova **stupanj djelovanja prelazi 100 % i iznosi maksimalno 108 %** svedeno na donju ogrjevnost.

U pravilu, za korištenje topline kondenzacije dimnih plinova treba se koristiti suvremenim tipovima kotlova, posebno konstruiranih za rad s »vlažnim izlazom«. Takvi kotlovi, koji koriste gornju ogrjevnost prirodnog plina, zovu se kondenzacioni kotlovi.

U pravilu, danas se kondenzacioni kotlovi izvode za manje toplinske snage (10 do 30 kW), tj. za opskrbu ogrjevnom toplinom pojedinih stanova i obiteljskih kuća. Pojednostavljena shema jednog suvremenog kondenzacionog kotla manje snage je na slici 2. Čitav kotao izveden je od lijevanog bloka aluminijske legure. Unutar bloka dovodi se preko gorača prirodni plin i zrak. Hlađenjem lijevanog bloka povratnom vodom iz instalacije centralnog grijanja snižava se unutar bloka, temperatura dimnih plinova ispod 60°C. Kondenzat se skuplja na vanjskoj strani bloka i preko sifona odvodi izvan kotla. Bočno ugrađen ventilator odsisava osušene, kondenzirane dimne plinove i odovdi ih u dimnjak. Na ventilatoru je potrebno osigurati regulaciju broja okretaja (elektronski) u zavisnosti od temperature i količine zraka na ulazu u kotao (termometar i anemometar). Time se neovisno o utjecaju dimnjaka i izlazne temperature dimnih plinova osigurava konstantna količina zraka na ulazu u kotao (bojler).



Slika 2.

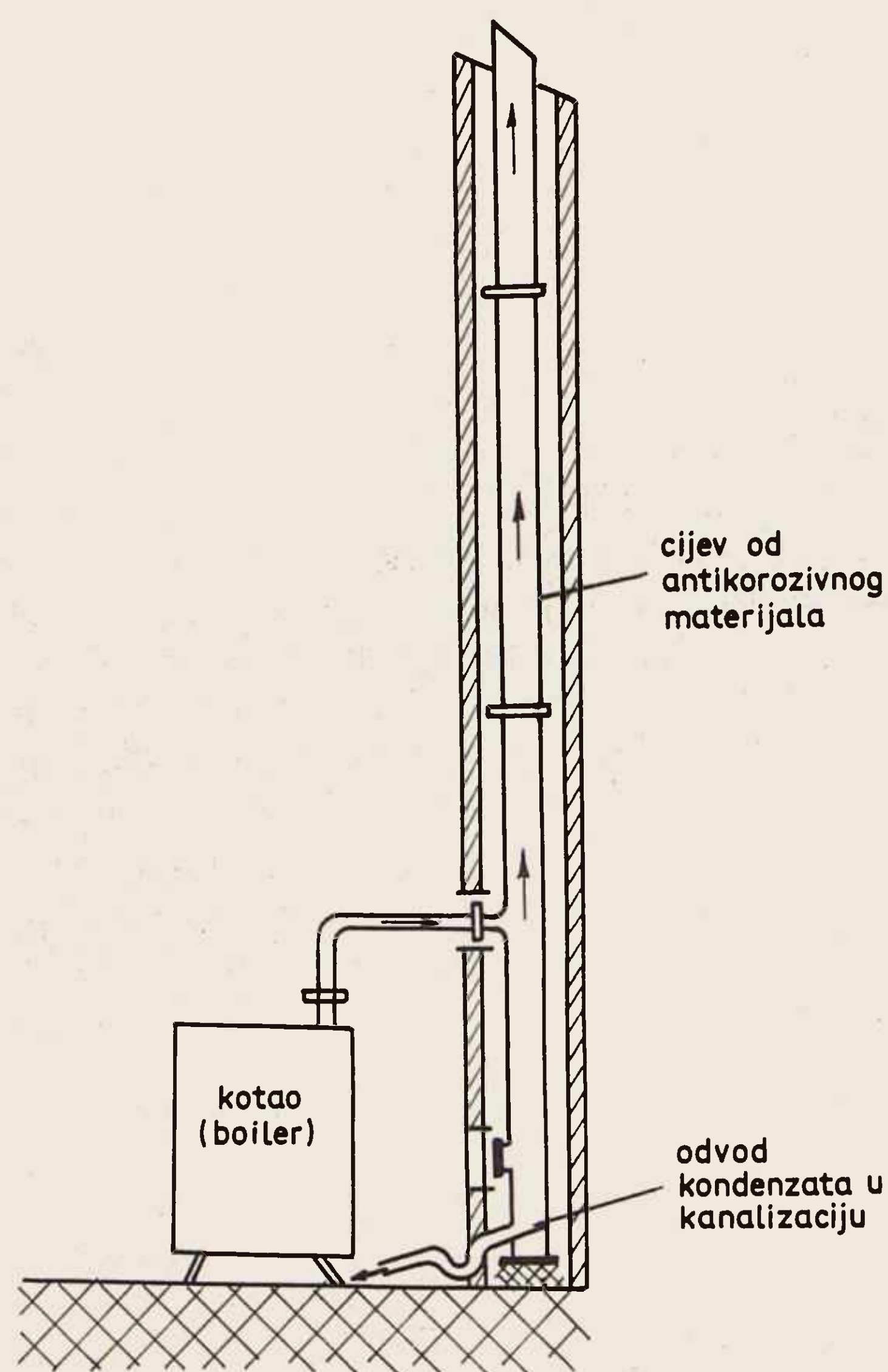
S druge strane, moguće je kod postojećih energetskih uređaja u samom dimnjaku kao provizorno rješenje ugraditi dodatne cijevi izmjenjivača topline i u samom dimnjaku stvoriti kondenzaciju. Pri tome izričito treba paziti da se koristan presjek dimnjaka ne smanji izpod propisane granice. Dimnjak treba u svakom slučaju i dodatno osigurati ugradnjom cijevi iz koroziono otpornog materijala (slika 3), te propisno izvesti. Kod potpune kondenzacije, koja u praksi nikada nije moguća, stvara se oko 120 g/kWh kondenzata.

KORIŠTENJE DODATNO ODUZETE TOPLINE DIMNIH PLINOVA

Pri realizaciji projekta postrojenja s ekstremno niskim izlaznim temperaturama dimnih plinova veoma je važno osiguranje adekvatnog nivoa medija kojim se hlade dimni plinovi. Bez tog uvjeta ne može se postići ispravan rad postrojenja u području sniženih temperatura dimnih plinova.

Poznato je da stijenke izmjenjivača topline, kojim se pothlađuju dimni plinovi, imaju temperaturu nekoliko stupnjeva višu od tekućeg medija koji preuzima — iskorištava toplinu dimnih plinova.

Zato se za energetske postrojenje koje maksimalno koristi toplinu dimnih plinova, ali bez kondenzacije,



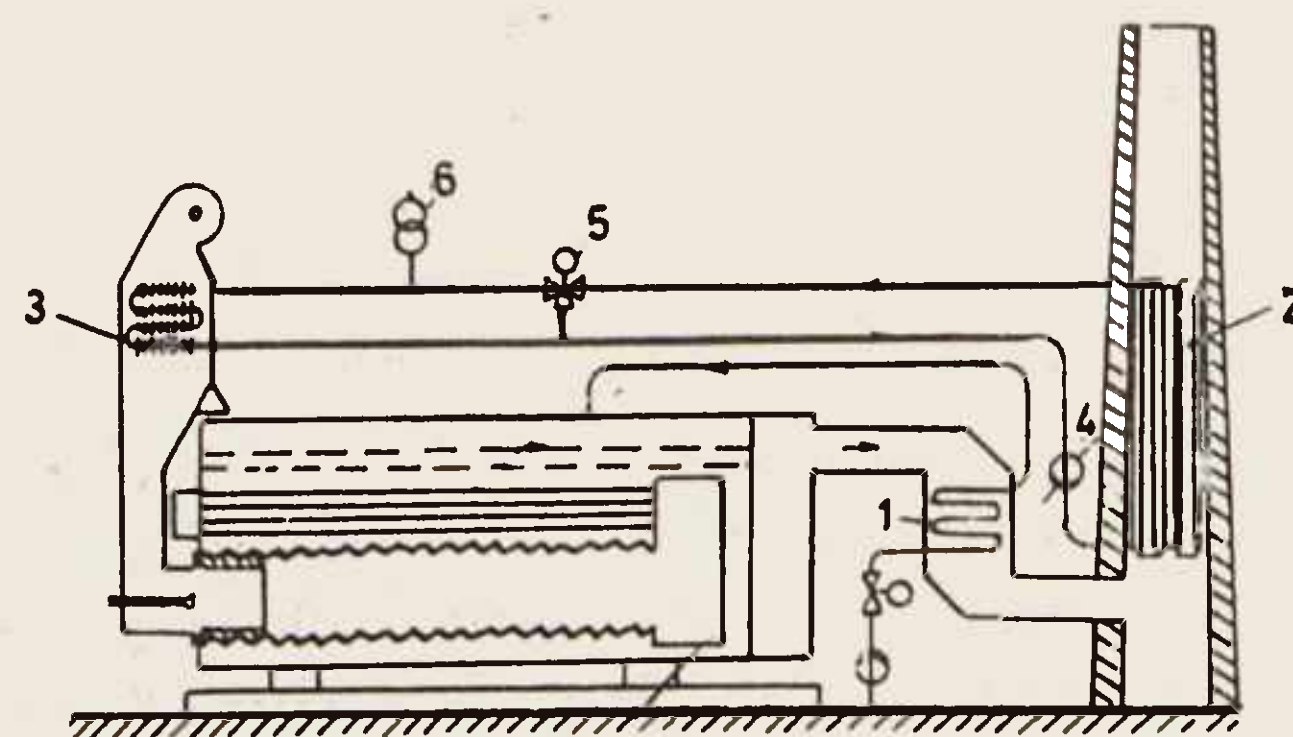
Slika 3.

mora garantirano osigurati temperatura rashladnog — radnog medija nešto viša od 60°C . Viša temperatura radnog medija ne omogućuje puno iskorištenje topline dimnih plinova. Isto tako, niža temperatura od 60°C uzrokuje kondenzaciju — rošenje i time direktno povezanu koroziju.

Kod postrojenja gdje se djelomičnom kondenzacijom dimnih plinova treba postići maksimalna ušteda goriva mora se na ulazu osigurati radni medij s temperaturom nižom od 50°C . To opet nameće, pogotovo kod malih i jednostavnih energetskih postrojenja, niskotemperaturne režime rada (npr. podno grijanje objekta). Treba posebno naglasiti da u praksi nije moguće ostvariti potpunu kondenzaciju dimnih plinova. U složenim energetskim postrojenjima, kao što su na primjer toplane, i veće kotlovnice, redovito postoji tekući medij raznih temperaturnih nivoa. To omogućuje u toku čitave godine stvaranje uvjeta za djelomično iskorištenja latentne topline dimnih plinova.

S druge strane, u malim energetskim postrojenjima, kao što su na primjer male vrelovodne ili parne kotlovnice, nije jednostavno u potpunosti osigurati uvjeta za iskorištenje topline dimnih plinova. Primjerice, kod generatora vrele vode temperatura povrata mijenja se u zavisnosti od vanjske temperature zraka (npr. od 40 do 70°C). Ako u ovom slučaju koristimo povrat vrelovoda za ulaz u izmjenjivač topline ostvarit će se bitno različiti uvjeti rada zimi i ljeti. Zato treba dodatnim tehničkim rješenjima osigurati recirkulaciju, odnosno povremeno korištenje izvanogrjevnih sezona polaza vrelovoda na ulazu u izmjenjivač topline.

Primjer kako se može u manjoj parnoj kotlovnici osigurati rad s niskim temperaturama dimnih plinova prikazan je na slici 4.



Slika 4.

- 1 — izmjenjivač topline dimnih plinova i napojne vode,
- 2 — izmjenjivač topline dimnih plinova i sekundarnog medija,
- 3 — zagrijač zraka,
- 4 — cirkulaciona pumpa sekundarnog medija,
- 5 — obilazni ventil,
- 6 — sigurnosna armatura

Na slici je klasičan parni kotao s plamenikom koji može na goraju koristiti, uz zemni plin, povremeno u ložno ulje sa sadržajem sumpora. Oba izmjenjivača topline, koji se nalaze u prolazu dimnih plinova (1 i 2), izvedeni su zato iz glatkih cijevi, kako bi se lako mogli čistiti od naslaga čađi.

Na prvom izmjenjivaču topline (1) pomoću napojne vode pothlađuju se dimni plinovi sa 180°C do 220°C (zavisno od izlazne temperature dimnih plinova iz kotla) na oko 120°C do 140°C . Veće pothlađivanje dimnih plinova u ovom stupnju nije moguće, jer napojna voda ima na ulazu u izmjenjivač temperaturu otplinjavanja (oko 105°C).

Na drugom izmjenjivaču topline (2) hlade se dimni plinovi sa 140°C na 90°C , pomoću sekundarnog tekućeg medija (najpogodnija je omekšana voda), koji se istovremeno zagrijava sa 75°C na oko 85°C . Preuzeta toplina dimnih plinova prenosi se preko sekundarnog medija u treći izmjenjivač (3) s orebrenim cijevima. Treći izmjenjivač nalazi se u ulaznom zračnom kanalu. Na taj način predgrijava se zrak na oko 65°C . Ovakvo hidrauličko povezivanje predgrijavanja zraka i pothlađivanja dimnih plinova omogućuje mnogo lakše izvođenje ovakve rekonstrukcije na postojećim postrojenjima. Primjerice treći izmjenjivač veoma lako se može ugraditi u zračni kanal ispod kotla, na njemu ili iznad samog kotla. Gubici tlaka na zračnoj strani su minimalni, te u pravilu nije potrebno mijenjati postojeći ventilator.

Na prikazanoj shemi sekundarni izmjenjivač topline (2) smješten je u dimnjaku. Međutim, ako to u nekom praktičnom slučaju nije moguće realizirati, može se smjestiti u dimnovodni kanal, odmah iza prvog izmjenjivača (1).

Razumljivo, pri loženju tekućeg goriva sa sadržajem sumpora temperatura dimnih plinova ne smije biti niža od temperature rošenja (140°C). Zato treba predvidjeti potrebne obilazne vodove kojima se potpuno ili djelomično isključuje pojedini izmjenjivač topline.

Tablica 3. Analiza kondenzata dimnih plinova prirodnog plina

	Prema lit. 4 (izmjenjivač legure Al)	Prema uzorku iz kot- lovnice Špansko-Za- greb 15. XI 85. (po- cinč. izmjenjivač-ka- nali iz čelika)
izgled	bez boje-bistar	bistar
pH	4,4	4,78
vodljivost	1,2 uS/cm	63,0 uS/cm
ukupno Fe	bez traga	0,45 mg ^l
aluminij	7 mg/1	—
bakar (Cu ^{**})	0,1 mg/1	—
cink (Zn ^{**})	0,8 mg/1	—
amonium (NH ₄ [*])	0,8 mg ^l	—
kloridi (Cl ⁻)	8,5 mg/1	1,5 mg ^l
sulfati (SO ₄ ^{- -})	3,3 mg/1	—
sulfiti (SO ₃ ^{- -})	bez traga	—
nitriti (NO ₂ ⁻)	8,2 mg/1	—
nitрати (NO ₃ ⁻)	5,0 mg/1	—
fluoridi (F ⁻)	0,3 mg/1	—
cink, olovo, nikal mangan i molibden	bez traga	—
ukupna tvrdoća	—	0,142 mval/1 (0,4° nj)
sadržaj silicija kao SiO ₁	—	0,36 mg/1

PROBLEM ODVOĐENJA KONDENZATA

Ako se odlučimo za korištenje latentne topline dimnih plinova kod loženja zemnim plinom, nameće se problem odvođenja kondenzata iz dimnih plinova. Pri praktičnom korištenju kondezncacije dimnih plinova nastaje za 1 MW snage od 70 do 80 litara kondenzata po satu rada (teoretski maksimalno 120 l/MWh). To znači dnevno oko 2 m³ kondenzata, odnosno u toku čitave ogrjevne sezone od oko 1 600 h, oko 130 m³ kondenzata.

U tablici 3. dane su dvije analize kondenzata, koje pokazuju kiselost ovog kondenzata, te sadržaj teških metala, nitrata i sulfata. Slobodno ispuštanje takvog kondenzata u javnu kanalizaciju, odnosno javne vodotoke, svakako je štetno i neprihvatljivo. Međutim, kod korištenja malih (kućnih) kotlova (10 do 30 kV snage) s kondenzacijom dimnih plinova gotovo je nemoguće provesti bilo kakvu obradu kondenzata prije ispuštanja u javnu mrežu kanalizacije.

U SR Njemačkoj, prema najnovijim radnim podlogama DVGW i DIN-u 4702, dio broj 6, omogućeno je da

se nastali kondenzat uređaja instalirane snage do 50 kW može bez posebne obrade, direktno odvoditi u javnu kanalizaciju. Kod uređaja instalirane toplinske snage od 50 do 200 kW mora se najprije izvršiti konkretna analiza sastava i posebno kiselosti kondenzata iz uređaja, te uz naprijed propisane uvjete (razrješenja) također direktno odvoditi u kanalizaciju.

Za postrojenja snage veće od 200 kW kondenzat se mora prije ispuštanja u javnu mrežu neutralizirati.

Kod malih kućnih uređaja trebalo bi uvijek kondenzat prije ispuštanja u javnu kanalizaciju maksimalno razrijediti. To konkretno zahtijeva da za čitav objekt bude jedno mjesto ispuštanja, tj. priključka otpadnih voda na javnu kanalizaciju. S obzirom na već iznese ne opasnosti od korozije kondenzata, potrebno je odvod kondenzata do javne kanalizacije izvesti iz materijala otpornog na koroziju (plastika). U SR Njemačkoj to je i propisano. Zajedničko ispuštanje kondenzata i ostalih otpadnih voda je pogodno, jer su u kućanstvu ostale otpadne vode veoma često lužnate. Na taj način se provodi koliko-toliko uspješna neutralizacija otpadnih voda.

Upravo zbog zaštite okoline potrebno je za dodatne izmjenjivače topline dimnih plinova na kojima se postiže kondenzacija dimnih plinova koristiti isključivo materijale otporne na koroziju (legure aluminija, legirani čelici, plastificirani materijali). Time se smanjuje zagađenje kondenzata teškim metalima, što je u SR Njemačkoj analizom konkretnog kondenzata potrebno dokazati. Razumljivo, ako se ne koristimo latentnom toplinom dimnih plinova i ne postizemo ovlaživanje, tj. stvaranje kondenzata, nema problema kondenzata, ali nema ni potpunog iskorištenja energije dimnih plinova.

MATERIJALI ZA DODATNI IZMJENJIVAČ TOPLINE

Kritična točka u realizaciji svakog uređaja s kondenzacijom dimnih plinova jest korozija. Korozija se ovdje pojavljuje na svim elementima koji su više ili manje u dodiru s kondenzatom: izmjenjivač topline, stijenke dimovodnih kanala, odvodne cijevi i dimnjak.

Prema obavljenim analizama, kondenzat dimnih plinova kod loženja zemnim plinom nije previše kiselinski agresivan. pH vrijednost je između 4 i 5. Međutim, pri korištenju uobičajenih materijala, kao što su

Tablica 4. Brzina korozije i toplinska vodljivost za razne materijale izmjenjivača topline (lit 4)

Materijal	Aluminijske legure				Legirani čelik			
	AlSi 12	AlMgSi 0,5	AlMg 4,5 Mn	eloksirani aluminij	4016	4301	4401	4512
srednja brzina korozije (mm/god.)	0,01	0,02	0,03	0,008	0,04	0,004	0,0003	0,001
toplinska vodljivost (W/Km)	160	200	115	230	25	15	15	25

nelegirani čelici, lijevano željezo, bakar i slično, ovakav kiseli kondenzat je dovoljno agresivan da ne omogućuje trajno siguran pogon postrojenja.

U svijetu su do sada provedena mnoga istraživanja korozivne otpornosti materijala na koje direktno djeluje kondenzat dimnih plinova od izgaranja prirodnog plina. Prema objavljenim rezultatima istraživanja, ovom problematikom najviše se bavio Gas Research Institute (GRI) iz Chicaga (SAD). Rezultati istraživanja GRI-a, dopunjeni iskustvima iz Nizozemske, prikazani su u tablici 4. Pokazuje se da su legure aluminijske sa silicijem, magnezijem i manganom najpogodnije, jer imaju veliku otpornost na koroziju, uz veoma dobru toplinsku vodljivost. Legirani čelici iskazali su u prosjeku nešto manju brzinu korozije u toku godišnje eksploatacije, ali uz gotovo desetostruko manju toplinsku vodljivost.

Ispitivanja su pokazala da spomenute legure aluminijske garantiraju, uz odgovarajuću debljinu stijenke, najmanje trajnost od 15 godina.

Zadnjih nekoliko godina eksperimentira se i s izmjenjivačima topline, odnosno s materijalima presvučenim plastičnim masama.

Svi ti problemi korozije se isključuju ako se spriječi kondenzacija dimnih plinova. Pri loženju zemnim plinom, zbog neprisutnosti sumpora, točka rošenja određena je mnogo nižom temperaturom kondenzacije vodene pare u dimnim plinovima. Prema Daltonovu zakonu, ova temperatura se kreće između 55 i 60°C [1] i [2], ovisno o parcijalnom pritisku vodene pare odnosno ovisno o volumenu sadržaja vodene pare (od 17 do 20%) u dimnim plinovima.

Koroziju, zbog kondenzacije dimnih plinova najjednostavnije izbjegavamo povišenjem temperature stijenki svih elemenata, koji su u dodiru s dimnim plinovima, iznad temperature kondenzacije. U tom slučaju mogu se primijeniti i klasični materijali kotlogradnje, uz garantirano dugi vijek eksploatacije. Ipak, u praktičnoj primjeni preporuča se stalna provjera kvalitete kondenzata većih uređaja.

Međutim, više temperature dimnih plinova direktno smanjuju ukupni stupanj djelovanja. Zato u svakom slučaju treba, pogotovo kod novih postrojenja, tražiti aktualizirani kompromis optimizacije između viših temperatura dimnih plinova i skupljih materijala izmjenjivača topline, kao i ostalih elemenata koji su u dodiru s kondenzatom. Proračun optimizacije treba provesti za čitav eksploatacioni vijek postrojenja, jer kratkotrajne uštede uz stalnu koroziju često ne mogu pokriti korozivne štete u dužem radu postrojenja. Posebno su tu neugodne i opasne štete koje mogu nastati intenzivnim vlaženjem dimnjaka. U pravilu, svi postojeći dimnjaci nisu izvedeni s odgovarajućom zaštitom i odvođenjem kondenzata. Razumljivo je da kod dimnjaka koji se istovremeno koriste za odvođenje dimnih plinova od loženja mazutom pojavu kondenzata donosi još veće »kisele« opasnosti.

PRIMJER DOGRADNJE IZMJENJIVAČA TOPLINE ZA DODATNO POTHLAĐIVANJE DIMNIH PLINOVA U VRELOVODNOJ KOTLOVNICI ŠPANSKO

U zapadnom dijelu Zagreba, općina Susedgrad, 1980. godine počela je izgradnja velikog stambenog naselja Špansko.

Prema planovima razvoja ovo sasvim novo stambeno naselje moralo bi imati 6 000 stanova. Proračuni optimizacije opskrbom energijom grada Zagreba pokazali su da je za naselje Špansko najpovoljnija opskrba ogrjevnom toplinom iz centraliziranog toplinskog sistema (CTS). Međutim, ovo novo naselje udaljeno je oko 3 km od Elektrane-Toplane (EL-TO) koja ga treba opskrbljivati toplinskom energijom. Zato, dok se ne izgradi novi magistralni vrelovod Špansko–EL-TO, bilo je potrebno izgraditi privremenu vrelovodnu kotlovnicu snage 3 × 7 MW.

Kotlovnica je puštena u rad 1980. godine, odnosno 1981. godine., Ugrađena su 3 vrelovodna membranska kotla tipa VKLM-6, proizvodnje TPK Zagreb. Osnovne tehničke karakteristike ovog tipa vrelovodnog kotla jesu:

— nominalno opterećenje	7 MW
— maksimalno trajno opterećenje	7,7 MW
— stupanj korisnog djelovanja	
— kod 100% opterećenja	89%
— kod 80% opterećenja	90%
— protok vode kroz kotao	200 t/h
— temp. vode na ulazu	100°C
— temp. vode na izlazu	130°C
— ogrjevne površine	
— ložišta	40 m ²
— EKO paketa	90 m ²

ukupno 130 m²

— količina vode u kotlu	6 m ³
— zapremnina ložišta	21,3 m ³
— gorivo	zemni plin
— količina dimnih plinova	4,6 m ³ /s
— temp. dimnih plinova na izlazu iz kotla	oko 220°C

Uočivši da se sa visokom temperaturom izlaznih dimnih plinova nepotrebno gubi znatna količina energije, odlučili smo predložiti proizvođaču kotla ugradnju dodatnih izmjenjivača topline. Prvi izmjenjivač topline ugrađen je i pušten u rad na vrelovodnom kotlu broj 3 u veljači 1985. godine. Drugi izmjenjivač topline ugrađen je na vrelovodnom kotlu broj 2 u X mjesecu 85. godine. Oba izmjenjivača predviđena su za rad bez kondenzacije dimnih plinova.

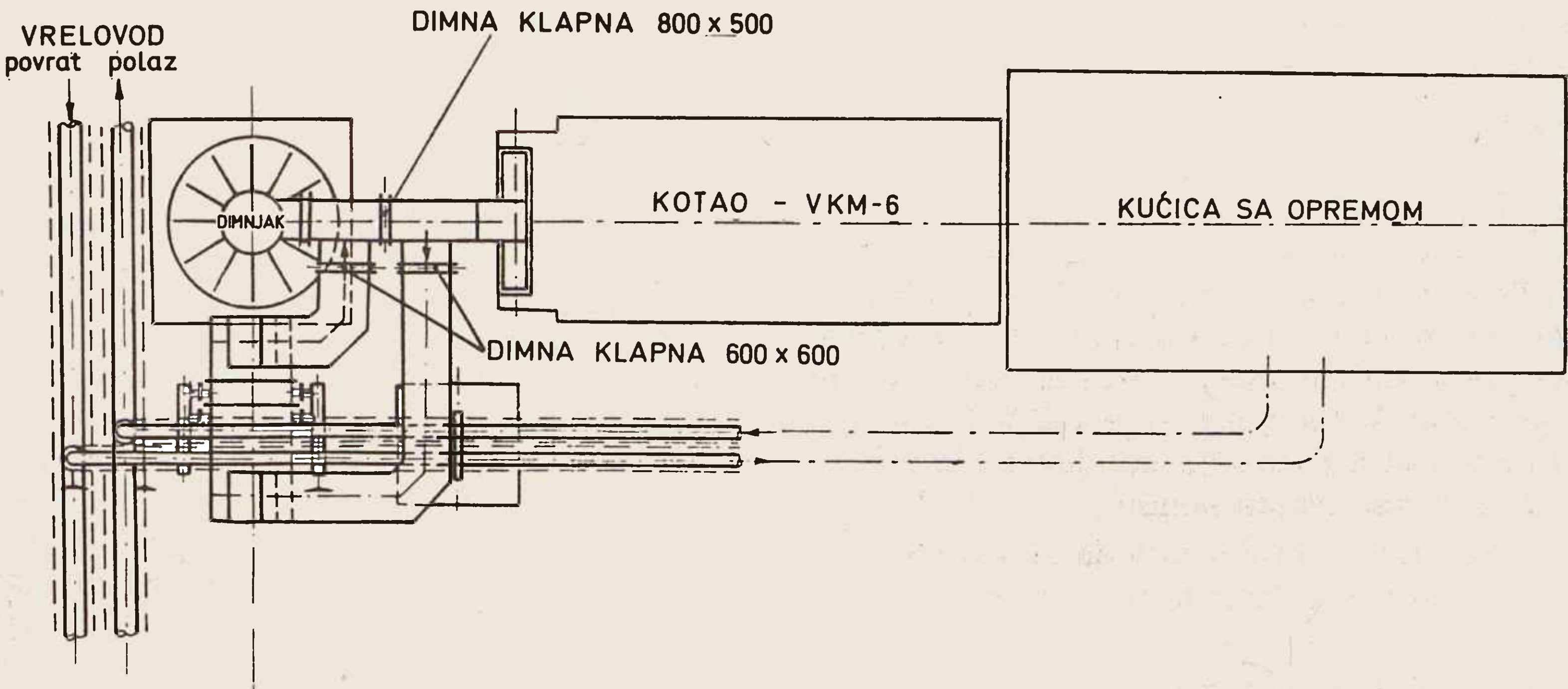
Prema ugovoru ugrađeni su izmjenjivači topline sljedećih karakteristika:

— količina dimnih plinova	4,7 m ³ /s
— temperatura dimnih plinova	
— na ulazu	260°C
— na izlazu	100°C
— količina vode	200 m ³ /h
— temperatura vode na ulazu	60°C

- toplotna snaga 0,5 MW
- povećanje stupnja korisnosti kotla . . 4%

Izmjenjivač topline površine 150 m² sastoji se od 3 komada spiralnih ogrjevnih tijela koja su prikladnim okvirom spojena u blok. Cijevi spiralnih (orebrenih) ogrjevnih tijela su iz materijala Č. 1212, a limovi od Č. 1203. Dimni kanali su iz lima Č. 0361, ojačani rebrima.

Mjerenja su pokazala da se količina vode u povratu vrelovoda kreće između 29,7 i 32,2 kg/s. To je znatno manja količina od količine vode u povratu vrelovoda izmjerene pri garantnom ispitivanju samog vrelovodnog kotla. Prilikom mjerenja temperatura vode na ulazu u izmjenjivač topline kretala se između 62 i 70 °C (zavisno od režima rada vrelovodnog sistema). Temperatura vode na izlazu iz izmjenjivača, bila je 2



Slika 5. Tlocrt izvedbe dodatnog izmjenjivača topline iza kotla u naselju Zagreb – Špansko

Na slici 5. prikazan je način jednostavne ugradnje izmjenjivača topline u kotlovnici Špansko. Vidi se da je dodatni izmjenjivač ugrađen u obilazni dimovodni kanal, što je zahtijevalo ugradnju triju dimovodnih klapni. Jedna dimovodna klapna (800 × 500 mm) služi za pregradnju postojećeg dimovodnog kanala prema dimnjaku. Dvije dimovodne klapne (600 × 600 mm) služe za spajanje odnosno odvajanje izmjenjivača topline.

S vodene strane dodatni izmjenjivač topline je spojen direktno na povratni vod vrelovoda preko obilaznog voda NO 150. Zato su i na vodenoj strani ugrađena tri zaporna organa kojima se može izmjenjivač topline uključiti odnosno izdvojiti iz rada.

POSTIGNUTI REZULTATI U KOTLOVNICI ŠPANSKO

Mjerenje učina ugrađenog izmjenjivača topline na VK-3 kotlovnice Špansko obavio je Institut za elektroprivredu Zagreb 25. i 26. marta 1985. Rezultati ovih garantnih mjerenja nalaze se u tablici 5. i 6.

Tablica 5. Rezultati mjerenja utilizatora VK-3 u kotlovnici Špansko (ožujak 85. godine)

— količina vode (povrat)	29,7 do 32,2 kg/s
— temperatura vode (ulaz)	62 do 70 °C
— temperatura vode (izlaz)	64 do 72 °C
— učin utilizatora	250 do 405 kW
— učin kotla	3,6 do 6,1 MW
— odnos učina utilizator/kotao	5,7 do 6,87 %

do 3 °C viša od ulazne temperature. Ovisno o radnoj snazi kotla (odnosno količini dimnih plinova) izmjerena toplinska snaga dodatnog izmjenjivača kretala se između 250 i 405 kW. To znači da se dogradnjom utilizatora ugovorna snaga vrelovodnog kotla povećala za 5,7 do 6,8 % radne toplinske snage kotla.

Tablica 6. Zbirni rezultati mjerenja utilizatora VK-3 u kotlovnici Špansko

Učin kotla (MW)	3,57	5,22	6,18
Prirast učina (MW)	0,244	0,298	0,405
Omjer učina (%)	6,84	5,70	6,56

Ugradnja dodatnog pothlađivača dimnih plinova snizila je temperaturu dimnih plinova sa 174,2 odnosno 213,6 °C na 70,4 odnosno 81,7 °C. Tu se pokazala još jedna bitna prednost dodatnog izmjenjivača topline, koji praktično nadoknađuje sve promjene gubitka topline s dimnim plinovima. Naime, uz odstupanje izlazne temperature dimnih plinova iz generatora vrele vode od 39,4 °C nakon dodatnog izmjenjivača topline iskazuje se u području mjerenja razlika između minimalne i maksimalne temperature dimnih plinova od 11,3 °C.

Izmjerena razlika temperature vode na ulazu i temperature dimnih plinova na izlazu iz utilizatora kretala se između 8,3 i 15,8 °C.

Na osnovi mjerenja može se zaključiti da uz pretičak zraka od oko 1,2 ukupni stupanj djelovanja kotla iznosi 93 do 95 %. To je 4 do 6 % više od ugovorne veličine za generator vrele vode. Iz tog podatka se može izračunati ušteda u gorivu, koja iznosi kod pune snage

kotla oko 40 m³/h zemnog plina. Za konkretan primjer VK-3 u kotlovnici Špansko ova ušteda godišnje iznosi 160 000 m³ zemnog plina, čime se smanjuju troškovi goriva više od ukupne investicije u utilizator.

S druge strane, utilizator je povećao instaliranu toplinsku snagu generatora vrele vode. Dobitak na snazi kotla investiciono je opet znatno veći od investicijske vrijednosti u sam utilizator.

To konkretno znači da je ugradnja dodatnog izmjenjivača topline donjela dvostruku korist:

— povećanje instalirane snage

— uštedu goriva.

U toku ljeta (izvan ogrjevnih sezona), kada je temperatura povrata vrelovoda ispod 50°C, pokušalo se ugrađeni utilizator probno koristiti u području kondenzacije. Pokazalo se da je bez posebnih problema postignuta djelomična kondenzacija dimnih plinova. Na osnovi pogonskih mjerenja proračunati ukupni stupanj djelovanja kotla prelazio je 100%. Zbog problema korozije rad u području kondenzacije nije se mogao prihvatiti kao trajan pogon.

Analiza uzorka uzetog kondenzata dana je, usporedo s analizama sličnih kondenzata u inozemstvu, u tablici 3.

Iskustvo dosadašnjeg rada s utilizatorima na dva vrelovodna kotla, pokazalo je da oni ne zahtijevaju dodatni napor poslužioca. Osnovno je da se na odgovarajući način regulira rukovanje odnosno korištenje dimnih zaklopki iza kotla.

ZAKLJUČAK

Analiza mogućnosti poboljšanja stupnja iskorištenja energije goriva snižavanjem temperature dimnih plinova pokazuju za sada punu opravdanost. Dosadašnja naša praktična iskustva u potpunosti su potvrdila teoretske pretpostavke.

Uz pretpostavku da se ostvari prosječno poboljšanje stupnja djelovanja energetskih uređaja loženih zemnim plinom za svega 5% (što je relativno lako provodivo), moguće je u SRH 1990. godine ostvariti uštedu od najmanje 100 milijuna m³ zemnog plina. To odgovara uštedi — supstituciji 70 000 tona ekvivalent mazuta godišnje. Preračunato, ova ušteda iznosi 10 do 13 milijuna dolara godišnje.

LITERATURA

- [1] Ž. MILOBAR: »Povećanje ekonomičnosti blok-kotlova loženih uljem i plinom«, »Tehničke informacije Jugoturbine i TPK«, 19(1985)1;
- [2] V. RADULOVIĆ i D. KOSANOVIĆ: »Mogućnosti i efekti promene projektovanog temperaturnog režima rada vrelovodnih kotlova pri loženju prirodnim gasom«, »Klimatizacija-grejanje-hlađenje« broj 2/1985;
- [3] R. WEISER: »Erdgasgefeuerte Flammrohrkessel mit extrem niedrigen Abgastemperaturen« »Fernwärme international — FWI«, Jg. 13 (1984.) Heft 5;
- [4] H. BATHKE i T. JANNEMAN: »Übersicht über gasbeheizte Brennwertkessel«, gwf — gas/erdgas 123 (1982), H. 10/11,
- [5] W. HÄCKL: »Geregelte Abwärme«, »Betrieb und Energie«, 4/84;
- [6] »Energiesparend und umweltschonend«, — Betrieb und Energie 2/85,
- [7] I. ŠKUNCA: »Novije tendencije u plinskoj regulativi u SR Njemačkoj«, Susret plinskih stručnjaka, Novi Vinodolski, X/1985.
- [8] »Mjerenje učina utilizatora iza kotla 3 u toplani Špansko«, Institut za elektroprivredu, Zagreb, 1985.
- [9] »Zwangsläufig — Wormwasserkessel mit 100°C Abgastemperatur«, Betrieb und Energie 3/85, Energie, Jahrg. 37, Nr. 10, Oktober 1985.

INCREASE OF THERMAL EFFICIENCY IN NATURAL GAS COMBUSTION PLANTS

In the article are presented various efforts for increase of thermal efficiency in natural gas combustion. Flue gases are cooled to dew point temperature, E. G. 40–50 deg. C.

VERGRÖßERUNG DER ENERGETISCHEN NUTZBARKEIT DER MIT NATURGAS GEHEIZTEN ANLAGEN

Hier geht es um die Bemühungen die Wärme der Verbrennungsprodukte die bei der Verbrennung des Erdgases entstehen besser auszunutzen. Durch Rauchgas werden sie bis zur Verbrauchtemperatur bzw. bis ca 40–50 gekühlt.

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ УСТАНОВОК, ОТАПЛЕВАЕМЫХ ПРИРОДНЫМ ГАЗОМ

Показаны старания в возможн. большей мере использовать тепло продуктов сгорания при окислении природного газа. Дымовыми газами производится охлаждение до точки росы, т. е. примерно до 40–50°C.

Naslov pisca:

mr Zlatko Milanović, dipl. inž.
Elektrana-Toplana,
41000 Zagreb, Zagorska 1

Uredništvo primilo rukopis
1985-12-24

O VJEROJATNOSTI NASTANKA POVRATNOG PRESKOKA NA ELEKTRODISTRIBUTIVNIM VODOVIMA

mr Srđan Ž u t o b r a d i ć, Zagreb

UDK 621.3.015.5

STRUČNI RAD

U članku se govori o određenim manjkavostima u dijelu jugoslavenskih tehničkih propisa koji se odnose na pojavu povratnih preskoka na nadzemnim vodovima. Izložen je matematički model koji na korektniji način obuhvaća ovu pojavu. Dani su i rezultati proračuna vjerojatnosti nastanka povratnog preskoka na 35 kV vodovima.

Ključne riječi: prenaponi, atmosferska pražnjenja, povratni preskok, udarni otpor uzemljivača.

1. UVODNA RAZMATRANJA

Na nadzemnim elektroenergetskim vodovima opremljenim zaštitnim vodičima atmosferski prenaponi mogu rezultirati preskocima na izolaciji, te eventualnim isključenjima vodova iz pogona.

Preskoci na izolaciji mogu nastupiti zbog tri razloga:

- a) induciranih prenapona zbog udara gromova u blizini nadzemnih vodova;
- b) prenapona zbog udara gromova u fazni vodič (mimo zaštitnih vodiča);
- c) prenapona koji nastaju nakon udara groma u stup ili zaštitni vodič.

U slučaju (c) radi se o pojavi povratnog preskoka koja će biti predmet daljnjeg razmatranja.

Prema važećim tehničkim propisima (L. 1) smatra se da povratni preskok na fazni vodič nije vjerojatan ako je ispunjen uvjet:

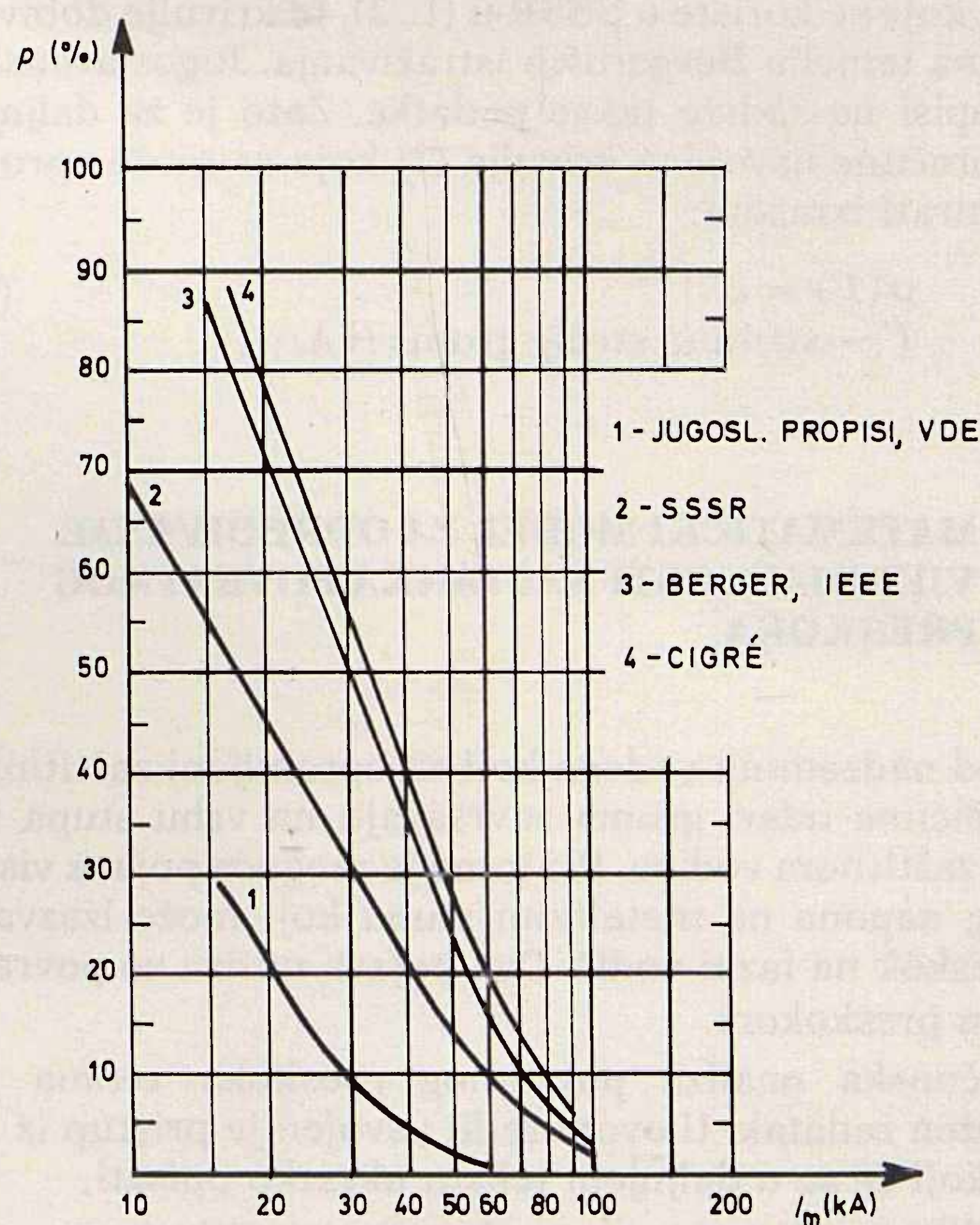
$$R_{uz} \leq \frac{U_i}{I_m} \quad (1)$$

R_{uz} — otpor uzemljenja razmatranog stupa, bez spoja sa zaštitnim vodičem (Ω);

U_i — podnosivi udarni napon izolatora (kV);

I_m — amplituda struje groma za razmatrani stup (kA);

Fizikalno gledano, izraz (1) predstavlja veoma pojednostavljen pristup pojavi povratnog preskoka na izolatorima nadzemnih vodova. U stvarnosti, na nastanak povratnog preskoka utječu i druge veličine, kao što su valne impedancije zaštitnog vodiča i stupa, dužina raspona između susjednih stupova, visina stupova, te međuinduktivna veza između zaštitnog i faznih vodiča. Osim toga, kod odvođenja struja groma mjerodavni su udarni otpori uzemljivača, koji se mogu u većoj ili manjoj mjeri razlikovati od veličina otpora uzemljenja kod odvođenja struja industrijske frekvencije.



Slika 1. Amplitude struja groma

Poseban problem pri računanju vjerojatnosti nastanka povratnog preskoka jest određivanje statističke raspodjele amplituda struja groma. Na sl. 1. dane su krivulje vjerojatnosti iz jugoslavenskih propisa (L. 1), te iz nekih poznatijih svjetskih izvora. Iz navedene slike vidi se da raspodjela amplituda koja je usvojena u našim propisima pretpostavlja veoma niske veličine struja groma. Tako se amplitude veće od 20 kA prema jugoslavenskim propisima očekuju kod 21% gromova; prema rezultatima istraživanja u SSSR-u veće amplitude se očekuju u 45% slučajeva, a prema Bergerovim istraživanjima čak u 72% slučajeva.

va. Krivulja što ju je usvojila međunarodna organizacija CIGRÉ daje vjerojatnost pojave amplituda struja groma većih od 20 kA čak u 80% slučajeva.

U SFRJ se do sada nisu obavljala opsežna i sistematična mjerenja amplituda struja groma kao u inozemstvu. Nedostatak takvih mjerenja unosi značajnu nesigurnost u proračune vjerojatnosti nastanka povratnih preskoka zbog udara gromova u nadzemne vodove. U ovom radu usvojiti će se za daljnje proračune statistička raspodjela amplituda struja groma iz sovjetske prakse (krivulja 2). Krivulja 2. sa sl. 1, leži približno između krivulje 1 (iz jugoslavenskih propisa) i krivulja 3 i 4.

Predložena krivulja (2) može se aproksimirati pomoću eksponencijalne funkcije:

$$p(I_m) = e^{-I_m/26,1} \quad (2)$$

I_m – amplituda struje groma (kA)

Za točniji proračun vjerojatnosti nastanka povratnog preskoka potrebno je osim raspodjele amplituda poznavati i raspodjelu strmina struja groma. Na sl. 2. dane su krivulje vjerojatnosti strmina struja groma koje se koriste u SSSR-u (L. 2), te krivulje dobivene na temelju Bergerovih istraživanja. Jugoslavenski propisi ne sadrže takve podatke. Zato je za daljnje proračune usvojena krivulja (2) koja se može aproksimirati izrazom:

$$p(I') = e^{-I'/10,9} \quad (3)$$

I' – strmina struje groma (kA/μs)

2. MATEMATIČKI MODEL ZA ODREĐIVANJE VJEROJATNOSTI NASTANKA POVRATNOG PRESKOKA

Kod nadzemnih vodova koji su opremljeni zaštitnim vodičima udari groma završavaju na vrhu stupa ili na zaštitnom vodiču. Pri tome je moguća pojava visokog napona na metalnom stupu koji može izazvati preskok na fazni vodič. Ova pojava naziva se povratnim preskokom.

Računska analiza povratnog preskoka veoma je složen zadatak. U ovom radu usvojen je pristup iz L. 3, koji će se u daljnjem tekstu ukratko opisati.

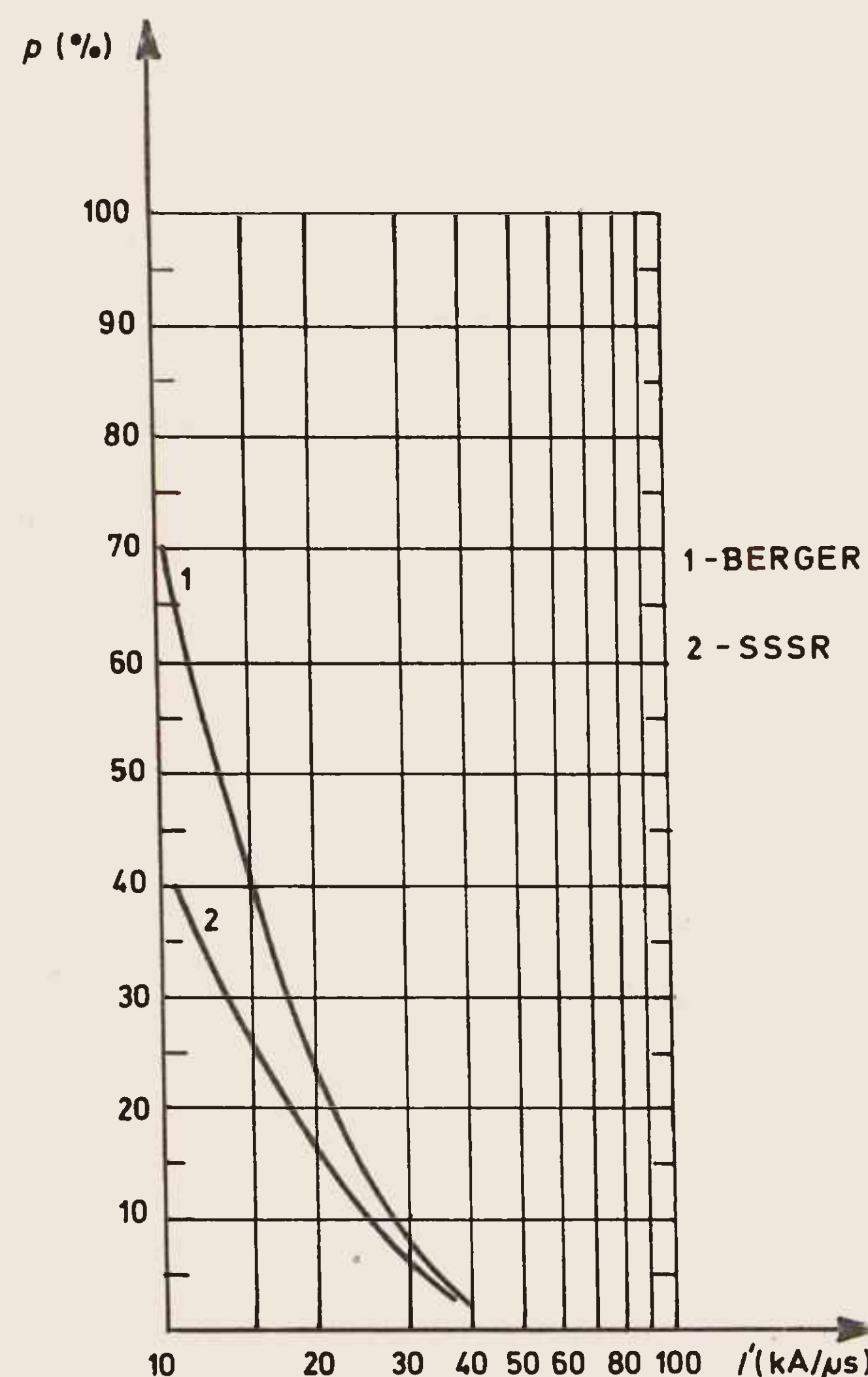
Prilikom udara groma u vrh stupa rezultirajući prenapon (na vrhu stupa) može se modelirati funkcijom (L. 3):

$$U_s = B_0 \cdot \frac{R_{uz} \cdot Z_z}{2 \cdot R_{uz} + Z_z} \cdot i(t) + B_{00} \cdot \frac{Z_z^2 \cdot (Z_s^2 - R_{uz}^2)}{2 \cdot Z_s \cdot (Z_z + 2 \cdot R_{uz})^2} \cdot 2 \cdot T_s \cdot I' \quad (4)$$

Funkcija (4) je dobivena aproksimacijom rezultata proračuna zasnovanih na primjeni mrežnog dijagrama. Uzet je u obzir utjecaj susjednih triju stupova s obje strane pogođenog stupa.

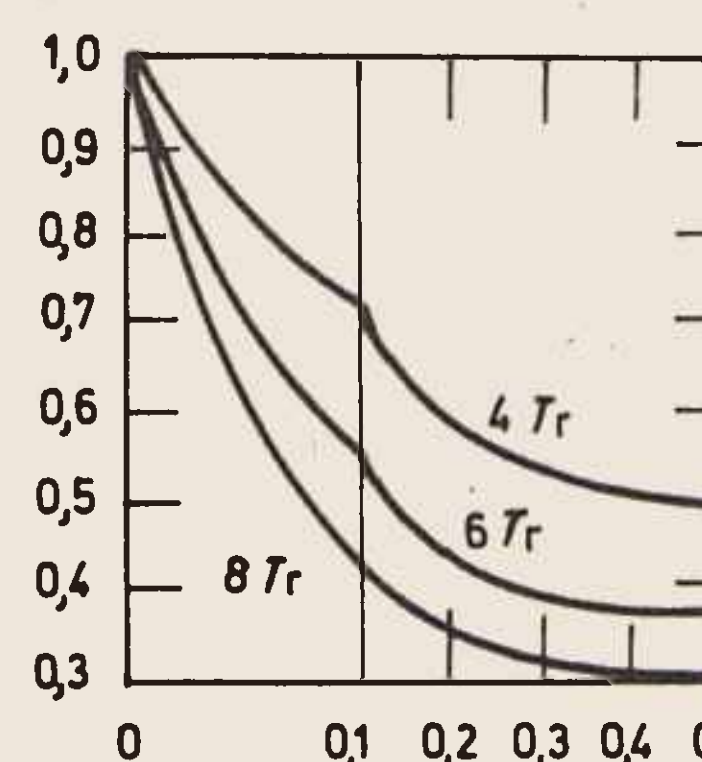
Značenja pojedinih veličina iz jednadžbe (4) jesu:

- $i(t)$ – struja groma koja se modelira pomoću linearne funkcije $I' \cdot t$ (kA);
- I' – strmina struje groma – konstantna vrijednost (kA/μs);

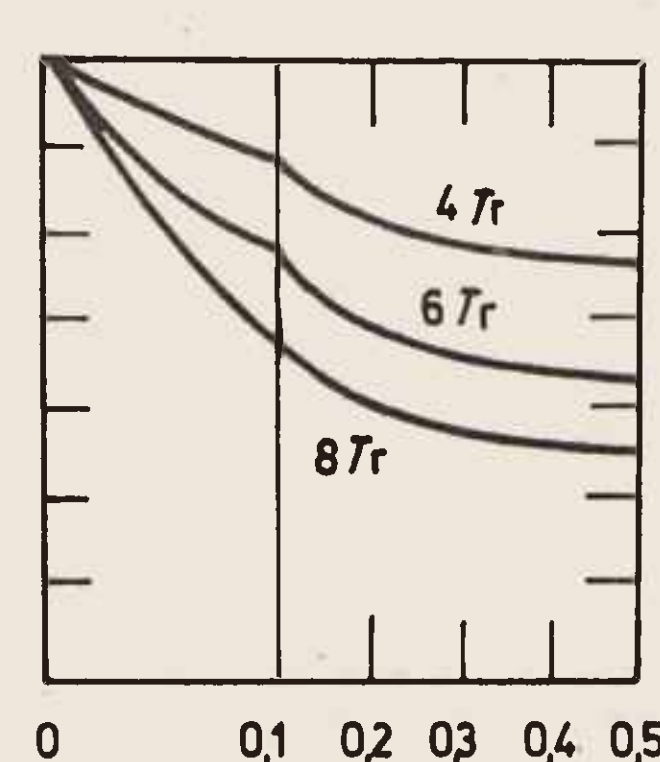


Slika 2. Strmine struja groma I' (kA/μs)

- R_{uz} – udarni otpor uzemljivača stupa (Ω);
- Z_z – valna impedancija zaštitnog vodiča (Ω);
- Z_s – valna impedancija stupa (Ω);
- T_s – vrijeme putovanja vala po stupu (μs);
- B_0, B_{00} – funkcije vremena prikazane na sl. 3 i 4.



Slika 3. Faktor B_0



Slika 4. Faktor B_{00}

Oznaka T_r sa sl. 3. i 4. odnosi se na vrijeme putovanja naponskog vala od pogođenog stupa do prvog idućeg stupa; nakon vremena $2T_r, 4T_r$ itd. na pogođeni stup se vraćaju reflektirani valovi koji djeluju u smislu smanjivanja prenapona (manji faktori B_0 i B_{00}). Analizom jednadžbe (4) može se utvrditi da će se za tipične raspone 35 kV vodova (200 – 250 m), te vremena trajanja čela groma (2 – 5 μs, prema L. 4) maksimalni prenaponi na stupu pojaviti u trenutku kada struja groma postigne maksimalnu vrijednost (I_m). To će se u većini slučajeva dogoditi nakon 2 refleksije od susjednih stupova, odnosno za razmatrane raspone u vremenu 2, 8 – 4, 2 μs.

Valna impedancija zaštitnog vodiča uz uvažavanje korone (Z_z) računa se kao:

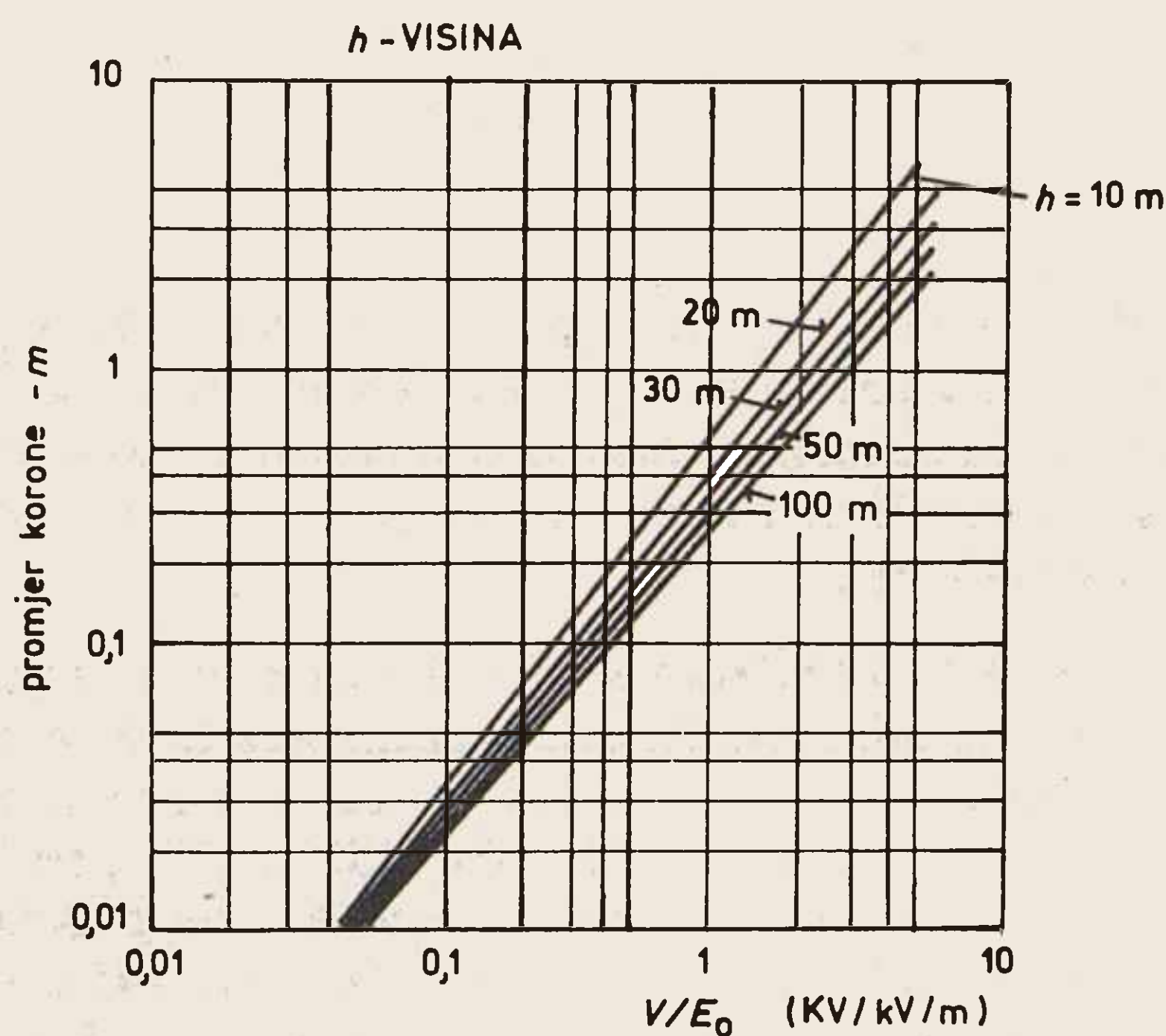
$$Z_z = 60 \cdot \sqrt{(2h/r_c) \ln(2h/r)} \quad (5)$$

h — visina stupa (m);

r — polumjer zaštitnog vodiča (m);

r_c — ekvivalentni polumjer korone — sl. 5 (m).

Kritična jakost električnog polja sa sl. 5 iznosi: $E_0 = 1500$ kV/m, a napon V uzima se kao 1,8 puta preskočni napon izolatora (L. 5).



Slika 5. Promjer korone

Za 35 kV vodove s različitim izolatorima, te zaštitnim vodičem Fe 35 impedancija Z_z nalazi se u granicama:

$$Z_z \in (440 - 490) \Omega$$

Valna impedancija stupa tipa čelična jela može se izračunati pomoću izraza (L. 6):

$$Z_s = 30 \cdot \ln[2 \cdot (1 + h^2/r^2)] \quad (6)$$

h — visina stupa (m);

r — polumjer osnovice (m).

Za 35 kV stupove tipa čelična »jela«, visine 22 m dobiva se vrijednost:

$$Z_s = 210 \Omega$$

Vrijeme T_s određuje se prema L. 6 kao:

$$T_s = \frac{h}{0,8 \cdot c} \quad (7)$$

c — brzina svjetlosti (300 m/μs).

Napon na izolaciji računa se kao razlika napona stupa i induciranog napona na faznom vodiču:

$$U_p = (1 - K) \cdot U_s \quad (8)$$

K — faktor sprege zaštitnog i faznog vodiča.

Faktor K određuje se kao:

$$K = \frac{Z_z - f}{Z_z} \quad (9)$$

$Z_z - f$ — međuimpedancija zaštitni — fazni vodič (Ω);

Z_z — impedancija zaštitnog vodiča — izraz 5 (Ω).

Za 35 kV vodove tipa čelična »jela« može se kao najnepovoljnija vrijednost (najudaljenijeg faznog vodiča) usvojiti:

$$K = 0,25 \quad (10)$$

Ako je udar groma završio na zaštitnom vodiču, napon na vrhu stupa računa se opet pomoću izraza 4:

$$\frac{U_s \text{ za udar u raspon}}{U_s \text{ za udar u stup}} = \begin{cases} 1, & t < t_{ko} \\ \frac{U_{sko} + (1 - k)(U_s - U_{sko})}{U_s} & \end{cases} \quad (11)$$

U_s — napon na vrhu stupa (kV);

$U_{sko} = U_s$ (za udar u stup) u trenutku $t_{ko} = 2 \cdot (1 - k) \cdot T_r$ (kV);

k — udaljenost od stupa do mjesta udara groma na zaštitnom vodiču, kao relativni dio raspona;

T_r — vrijeme putovanja vala po rasponu (μs).

Napon mjerodavan za naprezanje izolacije određuje se pomoću izraza (8).

Iz jednadžbe (11) vidljivo je da će napon na izolaciji stupa biti nešto manji prilikom udara groma u raspon nego pri udaru groma u stup, što je i logično. Međutim, kako te razlike nisu pretjerano velike, uobičajeno je prilikom proračuna pretpostaviti da 50% udara groma završava na stupu, a 50% na sredini raspona zaštitnog vodiča (L. 2).

Vjerojatnost nastanka povratnog preskoka na izolaciji nadzemnog voda određuje se na temelju ovog uvjeta:

$$U_{iz} < U_p = (1 - K) \cdot U_s \quad (12)$$

U_{iz} — podnosivi udarni napon izolatora (kV).

Napon na vrhu stupa dan je relacijom (4), koja se može napisati u pojednostavljenom obliku:

$$U_s = K_1 \cdot I_m + K_2 \cdot I' \quad (13)$$

Uvjet (12) može se definirati kao:

$$U_{iz} < (K_1 \cdot (1 - K) \cdot I_m + K_2 \cdot (1 - K) \cdot I') = K_a \cdot I_m + K_b \cdot I' \quad (14)$$

Jednostavnom transformacijom dobivamo:

$$1 < \frac{I_m}{A} + \frac{I'}{B} \quad (15)$$

$$A = \frac{U_{iz}}{K_a}; \quad B = \frac{A \cdot K_a}{K_b} \quad (16)$$

Veličine amplitude struje groma i strmine su slučajne veličine; u pogl. 1 usvojene su statističke raspodjele prema izrazima (2) i (3).

Tražena vjerojatnost povratnog preskoka dobiva se pomoću integracije funkcija gustoća raspodjela amplituda i strmina struje groma:

$$p(U_p > U_{iz}) = \iint f(I_m) \cdot f(I') \cdot dI_m \cdot dI' \quad (17)$$

$$f(I_m) = \frac{dp(I_m)}{dI_m}; \dots f(I') = \frac{dp(I')}{dI'} \quad (18)$$

Granice integracije određuju se iz uvjeta (15). Nakon provedene integracije dobiva se relacija:

$$p(U_p > U_{iz}) = \frac{b \cdot A \cdot e^{-(B/b)} - a \cdot B \cdot e^{-(A/a)}}{b \cdot A - a \cdot B} \quad (19)$$

$$a = 26,1 \text{ kA} \text{ — izraz (2); } b = 10,9 \text{ kA/}\mu\text{s} \text{ — izraz (3)}$$

Dakako, vjerojatnost se posebno određuje za slučaj udara groma u stup, a posebno za slučaj udara groma u sredinu raspona.

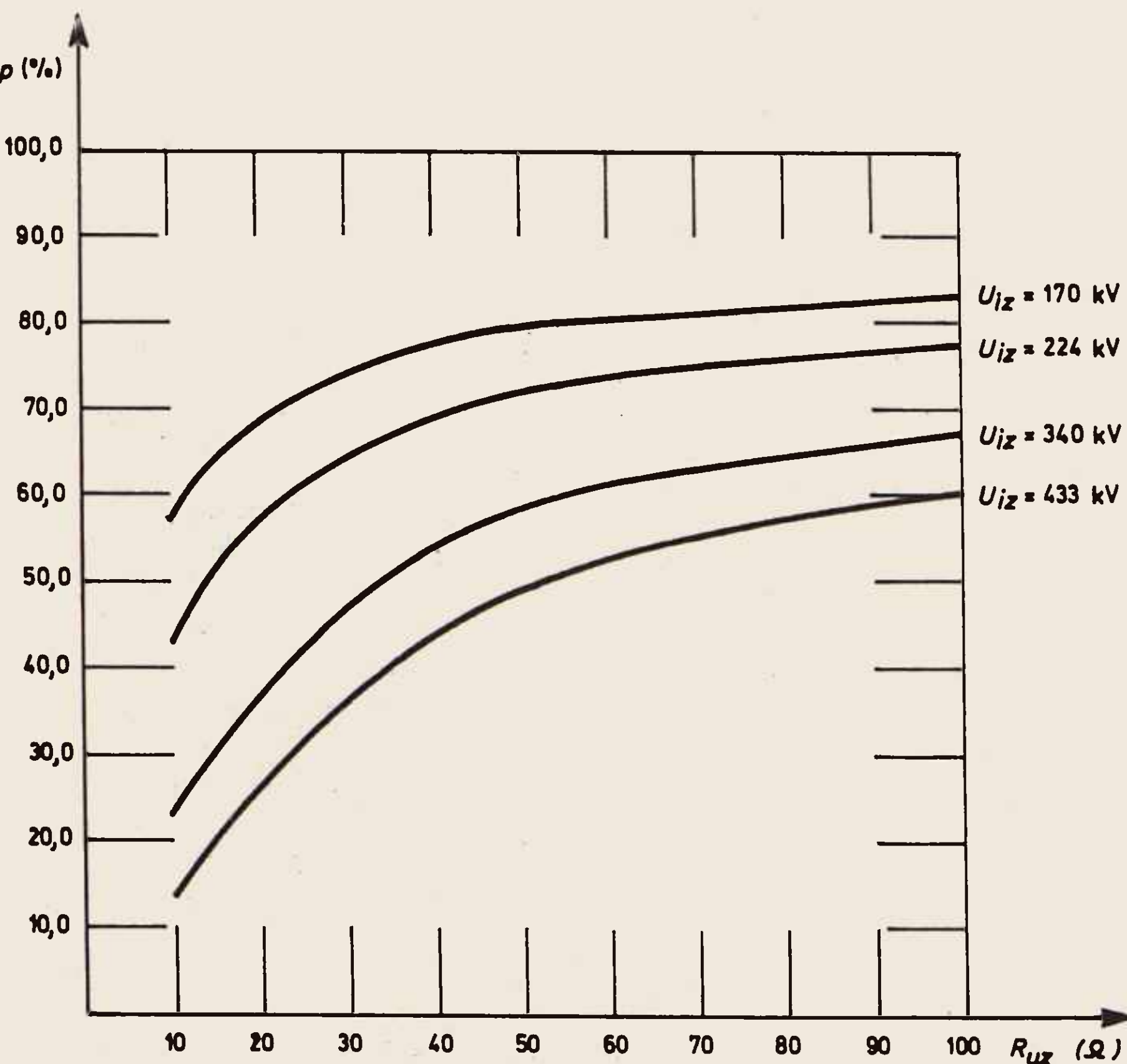
3. REZULTATI PRORAČUNA VJEROJATNOSTI POVRATNOG PRESKOKA NA 35 kV NADZEMNIM VODOVIMA

Pomoću izloženog matematičkog modela iz prethodnog poglavlja obavljani su proračuni vjerojatnosti nastanka povratnih preskoka na jednom tipičnom 35 kV nadzemnom vodu. Osnovne karakteristike analiziranog voda jesu:

- čelično-rešetkasti stupovi visine 22 m
- zaštitni vodič Če 35
- raspon između dva stupa dužine 220 m.

Udarni otpori uzemljivača varirani su u granicama 10Ω – 100Ω, a podnosivi udarni naponi izolatora odabrani su na temelju podataka proizvođača:

$$U_{iz} = 170 \text{ kV}, 224 \text{ kV}, 340 \text{ kV}, 433 \text{ kV}$$



Slika 6. Vjerojatnost nastanka povratnog preskoka u ovisnosti o udarnom otporu uzemljivača

Vrijednosti izračunatih vjerojatnosti (p) prikazane su na sl. 6. Za analizu sl. 6. potrebno je poznavati karakteristike uzemljivača stupova. Pomoću programa UZIMP obavljani su proračuni udarnih otpora tipičnih uzemljivača stupova izvedenih u obliku konture 2 × 2 m, s četiri dodatna kraka dužine L(P + 4 × L). Za amplitudu struje groma (kroz uzemljivač) od 20 kA dobivaju se udarni otpori prikazani u tabl. 1.

Primijenjeni program UZIMP detaljno je opisan u L. 7. Iz tabl. 1. proizlazi zaključak da je na terenima visokog specifičnog otpora tla nemoguće postići niske udarne otpore uzemljivača uz tehnoekonomski

Tablica 1. Udarni otpori uzemljivača

Tip uzemljivača	$\rho(\Omega\text{m})$	$R_{uz}(\Omega)$
$P + 4 \times 10 \text{ m}$	500	21,3
	1 000	40,1
	3 000	107,9
$P + 4 \times 20 \text{ m}$	500	13,2
	1 000	25,0
	3 000	68,6

opravdane konfiguracije uzemljivača. Na krškim terenima cijena uzemljivača može dostići iznos od nekoliko tisuća dinara po metru, što rezultira izvanredno visokim troškovima ako se ukopavaju uzemljivači velikih dimenzija.

S druge strane, analizom sl. 6. vidi se da se smanjivanjem veličine udarnih otpora uzemljivača dobiva manja vjerojatnost nastanka povratnog preskoka. No, značajniji efekt tog smanjivanja vidi se u području nižih vrijednosti udarnih otpora uzemljivača ($R_{uz} < 40 \Omega$). To pogotovo vrijedi u slučaju primjene izolatora nižeg podnosivog udarnog napona. Prema tome, na terenima višeg specifičnog otpora tla ($\rho > 1\,000 \Omega\text{m}$) teško je postići malu vjerojatnost nastanka povratnih preskoka kod 35 kV nadzemnih vodova čak uz primjenu uzemljivača stupova velikih dimenzija (i odgovarajuće visoke cijene).

ZAKLJUČAK

Nastanak povratnog preskoka prilikom udara groma u nadzemni elektroenergetski vod je fizikalno gledano komplicirana pojava koju je potrebno korektnije modelirati u odnosu na pristup iz važećih tehničkih propisa (L. 1). U ovom radu je izložen jedan matematički model koji uzima u obzir i druge elemente osim uzemljivača stupova.

Na temelju prikazane metode učinjen je proračun vjerojatnosti nastanka povratnog preskoka na tipičnim elektrodistributivnim 35 kV vodovima. Rezultati proračuna upućuju na činjenicu da se na terenima visokog specifičnog otpora tla ne može postići nizak rizik nastanka povratnih preskoka izvođenjem uzemljivača velikih dimenzija. Na takvim terenima uzemljivači velikih dimenzija postaju izvanredno skupi, a njihov efekt na smanjenje vjerojatnosti nastanka povratnog preskoka vrlo skroman. Prema tome, na takvim terenima ne isplate se posebna ulaganja u uzemljivače stupova 35 kV vodova.

Poboljšanje kvalitete pogona, tj. smanjenje broja ispada nadzemnog voda zbog preskoka na izolatorima uslijed udara gromova, treba prvenstveno tražiti u primjeni brzog automatskog ponovnog uključenja (APU). Primjenom navedene tehnike moguće je eliminirati velik broj prolaznih kvarova nastalih zbog povratnih preskoka na izolatorima vodova.

LITERATURA

- [1] Pravilnik o tehničkim normativima za izgradnju nadzemnih elektroenergetskih vodova, Sl. list SFRJ 51/73
- [2] SAVIĆ M.: »Tehnika visokog napona (prenaponi atmosferskog porekla)«, Građevinska knjiga, Beograd, 1982.
- [3] BROWN G.: »Lighting Performance — II«, IEEE PAS, No. 1, 1978.
- [4] ANDERSON R., ERIKSSON A.: »Lighting Parameters for Engineering Applications«, Electra, No. 69, 1980.
- [5] GRANT I.: »A Simplified Method for Estimating Lighting Performance of Transmission Lines«, IEEE PAS, No. 4, 1985.
- [6] DIESENDORF W.: »Insulation Co — ordination in High Voltage Electric Power Systems«, Butterworths London, 1974.
- [7] ŽUTOBRADIĆ S.: »Dimenzioniranje uzemljivača — impulsne karakteristike i program za proračun udarnog otpora«, studija IE, Zagreb, 1985.
- [8] ŽUTOBRADIĆ S., FILIPOVIĆ B.: »Uzemljenje zvjezdista i prenaponska zaštita 30 kV mreže na području 'Elektre' Šibenik«, studija IE, Zagreb, 1985.

PROBABILITY OF BACK FLASH ON ELECTRIC POWER DISTRIBUTION LINES

In the article are highlighted some deficiencies in Yugoslav Technical standards that relate to generation of back flash on electric power distribution lines. Presented is mathematical model for analysis of that phenomena as well as some calculated probabilities of back flash on 35 kV overhead lines.

ÜBER DIE WAHRSCHEINLICHKEIT DER ENTSTEHUNG DES RÜCKSPRUNGES AUF ELEKTRODISTRIBUIERTEN LEITUNGEN

Im Artikel wird auf bestimmte Unzulänglichkeiten im Teil der jugoslawischen technischen Vorschriften die sich auf die Erscheinung der Rücksprünge auf überirdischen Leitungen beziehen, aufmerksam gemacht. Geschildert wird das mathematische Modell das auf eine konkretere Weise diese Erscheinung umfaßt, sowie die Ergebnisse der Wahrscheinlichkeitsberechnung der Entstehung der Rücksprünge auf 35 kV Leitungen.

О ВЕРОЯТНОСТИ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ВОЗВРАТНОГО ПРОБОЯ НА ПРОВОДАХ-РАСПРЕДЕТЕЛЕЙ

В статье указываются определенные недостатки в части югославских технических правил, относящихся к возникновению возвратных пробоев на воздушных проводах. Изложена математическая модель, которая корректным образом охватывает данное явление и приводятся результаты расчета вероятности возникновения возвратного пробоя на проводах 35 кВ.

Naslov pisca:

mr Srđan Žutobradić, dipl. inž.
Institut za elektroprivredu,
41000 Zagreb, Proleterskih b. 37,
Jugoslavija

Uredništvo primilo rukopis
1985-12-24

U Sirakuzi, USA, održava se u junu ove godine međunarodna RAM konferencija koja se bavi vrlo aktualnim temama pouzdanosti, raspoloživosti i sposobnosti remonta u elektroprivrednim postrojenjima. U nastavku dajemo originalni poziv na sudjelovanje.



13th Inter-ram

INTERNATIONAL • RELIABILITY • AVAILABILITY • MAINTAINABILITY
Conference for the Electric Power Industry



RAM



FOR ALL PURPOSES

June 2 - 5, 1986

**HOTELS AT
SYRACUSE SQUARE**
Syracuse, New York

Hosted By
Niagara Mohawk Power Corporation

Dear Friends:

Niagara Mohawk Power Corporation will be host for the 13th Inter-RAM Conference from June 2-5, 1986 in Syracuse, N.Y. and cordially invites you to attend.

Inter-RAM is a technical conference dealing with issues of Reliability, Availability and Maintainability (RAM) within the electric power industry. It is endorsed by major technical and professional societies interested in the power generation and distribution industry.

The conference attracts about 400 engineers each year from the United States and Canada and in the past few years there has been an increasing number from Europe and Asia. These participants represent power companies, equipment manufacturers, consulting firms and universities.

The Conference provides a forum for the exchange of experience, knowledge, and innovative ideas, and it stimulates the continued proliferation and growth of RAM programs in the electric power industry. Eighty technical papers will be presented and discussed at this year's conference, and there will be a full day of tutorials as well.

The tutorials will have the added feature of participatory learning. There will be personal computers for the audience to use during the sessions. The computers will be available throughout the Conference, and it is hoped this will make it possible for you to pick up something concrete which you can apply to your work at home.

An exhibit area will be conveniently sandwiched between two of the meeting rooms to give you an opportunity to discuss your problems with vendors and consultants.

Syracuse is located in verdent central New York near the Finger Lakes, the Thousand Islands, and the Adirondack Mountains. An interesting and enjoyable program is being arranged for friends and spouses of attendees in this scenic area.

We will also have a special program for our international friends, so that they will have the opportunity to learn more about this country while they are here.

We look forward to seeing you in Syracuse at the 13th Inter-RAM Conference next June.

Andrew Kordalewski
General Chairman
13th Inter-RAM Conference

VIJESTI IZ ELEKTROPRIVREDE

ELEKTROENERGETSKA BILANCA HRVATSKE ZA 1986. GODINU

Skupština Zajednice elektroprivrednih organizacija Hrvatske usvojila je Elektroenergetsku bilancu Hrvatske za 1986. godinu. Planom potreba električne energije obuhvaćene su potrebe na mreži prijenosa radnih organizacija distribucije, potrebe direktnih i specijalnih potrošača, gubici električne energije u prijenosnoj mreži, te isporuke električne energije Italiji (vraćanje duga iz 1985. godine).

Potrebe električne energije	Plan za 1986.
— potrošači distribucije	10 876 GWh
— direktni i specijalni potrošači	3 334 GWh
— gubici u prijenosnoj mreži	487 GWh
Ukupno planirana potrošnja	14 697 GWh
— isporuke Italiji	120 GWh
Ukupne potrebe	14 817 GWh

Planirana potrošnja električne energije za 1986. u odnosu prema ostvarenoj potrošnji u 1985. godini veća je za 4,4 posto.

Plan potreba električne energije potrošača distribucije za 1986. godinu u odnosu na 1985. u porastu je za 4,13 posto.

Potrebe električne energije za direktne i specijalne potrošače planiraju se na temelju prijave samih potrošača. Te prijave moraju biti u skladu s izdanim elektroenergetskim suglasnostima.

Potrošnja direktnih i specijalnih potrošača u odnosu na prošlogodišnju potrošnju u porastu je za 5,34 posto.

U 1986. godini ne ulazi u pogon ni jedan novi direktni ili specijalni potrošač.

Gubici električne energije u prijenosnoj mreži planiraju se u istom iznosu kao što su ostvareni u prethodnoj godini u odnosu na bruto-potrošnju električne energije.

Plan gubitaka za 1986. predviđen je 487,0 GWh, što je 3,32 posto ukupne potrošnje.

Raspoloživa električna energija

Potrebe potrošača za električnom energijom podmiruju se proizvodnjom hidroelektrana, proizvodnjom termoelektrana i isporukama električne energije iz termoelektrana u drugim republikama na temelju ugovora o dugoročnoj suradnji i izgradnji elektroenergetskih objekata.

Plan proizvodnje hidroelektrana. — Prema Metodologiji za izradu elektroenergetske bilance, proizvodnja hidroelektrana planira se na temelju ostvarenih prosječnih mjesečnih dotoka u nizu od 40 godina (1926. do 1965. godine)

Plan proizvodnje hidroelektrana: hidroelektrane protočne 1 210 GWh, HE akumulacijske 4 220 GWh — ukupno 5.430 GWh.

Preuzimanje električne energije iz drugih termoelektrana. — Plan preuzimanja električne energije iz termoelektrana izgrađenih u drugim republikama za 1986. godinu utvrđen je na temelju Osnovnih ugovora i Aneksa Osnovnim ugovorima o dugoročnoj suradnji i izgradnji elektroenergetskih objekata.

Godišnje isporuke TE Tuzla, TE Kakanj, TE Gacko i TE Obrenovac elektroprivredi Hrvatske iznose 3 508 GWh.

Plan proizvodnje termoelektrana. — Prema Samoupravnim sporazumima o zajedničkom radu u jugoslavenskom elektroenergetskom sistemu, godišnja proizvodnja električne energije u termoelektranama, termoelektranama — toplanama i nuklearnim elektranama može se planirati do 78 posto vrijednosti koja se dobije množenjem raspoložive snage elektrane na pragu i broja sati u godini umanjenim za broj sati planiranog remonta.

Tako planirana proizvodnja termoelektrana u 1986. godini iznosi 4 789 GWh. Proizvodnja NE Krško za potrebe Hrvatske pri tome iznosi 1 889 GWh. Međutim, zbog očekivanih poteškoća u osiguranju tekućeg goriva za pogon termoelektrana planirana je njihova proizvodnja do potpunog zadovoljenja potrošača samo u razdoblju veće potrošnje (siječanj-travanj i studeni-prosinac), a u ostalim mjesecima ili nisu angažirane ili su angažirane samo toliko da se manjak električne energije svede u realnije okvire. Toplane su planirane u protutlačnom režimu rada u toku cijele godine, osim TE-TO Osijek koja je planirana samo u vrijeme ogrjevnice sezone.

Plinske elektrane nisu planirane u planu proizvodnje termoelektrana za 1986. godinu.

Potrebe goriva za planiranu proizvodnju termoelektrana i toplana iznose za 1986. godinu:

— ugljen	249 100 tona
— loživo ulje	763 700 tona
— zemni plin	91,0 milijun m ³
— koksni plin	77,0 milijun m ³

Za NE Krško u 1986. godini treba osigurati devizna sredstva plaćanja za izmjenu 1/3 gorivih elemenata. Troškove u jednakim iznosima snose SR Slovenija i SR Hrvatska.

U termoelektranama — toplanama u ukupnim količinama goriva izkazane su i količine potrebne za proizvodnju toplinske energije. Za proizvodnju toplinske energije u toplanama (TE-TO Zagreb, EL-TO Zagreb i TE-TO Osijek) potrebno je osigurati 230 400 tona tekućeg goriva i 70,8 milijuna m³ zemnog plina. Za proizvodnju električne energije potrebno je osigurati 533 300 tona tekućeg goriva, te 20,2 milijuna m³ zemnog plina i 77,0 milijuna m³ koksni plina (za TE Rijeka).

Kako pokriti manjak električne energije

Elektroenergetski sustav Hrvatske raspolagat će u 1986. godini s dovoljno proizvodnih i prijenosnih kapaciteta za urednu opskrbu potrošača električnom energijom. To, međutim, ne znači da će potrošači doista i biti uredno opskrbljeni električnom energijom. Naime, u nacrtu elektroenergetske bilance Hrvatske za 1986. godinu izkazan je manjak električne energije u iznosu od 1 090 GWh. Manjak je izkazan zato što nema nikakvih izgleda da će se moći osigurati dovoljne količine tekućeg goriva za potrebnu proizvodnju termoelektrana. Manjak električne energije izkazan je za razdoblje od V do X mjeseca, jer se pretpostavlja da će u tom vremenu biti veća mogućnost izvanbilančne kupnje električne energije iz zemlje i inozemstva.

Iskazani manjak električne energije trebalo bi pokriti na sljedeći način:

- nabavom električne energije iz eventualnih viškova od drugih republika i autonomnih pokrajina
- uvozom elektrine energije preko JUGEL-a s klirinškog područja
- osiguranjem zemnog plina u ljetnim mjesecima za pogon TE Sisak.

Ako se navedenim mjerama ne osiguraju dovoljne količine električne energije da se iskazani manjak pokrije u potpunosti, morat će se osigurati dodatne količine tekućeg goriva. Da bi se sav manjak morao pokriti dodatnom proizvodnjom termoelektrana, bilo bi potrebno osigurati još oko 282 000 tona tekućeg goriva. To znači da bi u 1986. godini bilo potrebno osigurati ukupno 1 045 700 tona tekućeg goriva.

I. R.

OPREMA ZA TE — TO KOLUBARA B

Investitor Kombinat »Kolubara« za gradnju termoelektrane — toplane »Kolubara B«, sa dva bloka od po 350 MW, čija će gradnja početi u ovoj godini, povjerio je proizvodnju opreme domaćim proizvođačima strojogradnje i elektroindustrije. Izabrani su isporučioци koji su dali najpovoljnije tehničko-tehnološke i komercijalno-financijske uvjete.

Prema ocjeni odgovarajuće komisije i samoupravnih organa najpovoljniji ponuđač za turboenergetsko postrojenje jest tvornica »Jugoturbina« iz Karlovca, koja će opremu proizvesti po licenci švicarske tvrtke »Brown — Boveri«. U isporuci opreme turboenergetskog postrojenja sudjeluje i tvornica »Rade Končar« iz Zagreba.

Isporuка kotlovskog postrojenja povjerena je proizvođaču »Minel« iz Beograda po licenci tvrtke »kombuscion« iz Kanade.

U isporuku opreme uključen je i »MIN« iz Niša, a u proizvodnji kotlovskog postrojenja osim »Minela« surađivat će i veći broj drugih domaćih proizvodnih organizacija strojogradnje. Nadalje, zaključeno je da glavni dio montažnih poslova izvedu domaća montažna poduzeća.

I. R.

ELEKTROPRIMORJE

ULAGANJA U DISTRIBUTIVNE OBJEKTE

Organi radničkog upravljanja RO »Elektroprimorje« Rijeka usvojili su plan izgradnje distributivnih objekata za 1986. godinu na području primorsko-goranske regije. Planirane investicije iznose 1 874,4 milijuna dinara. Najveći dio ulaganja osigurana su iz amortizacije (1 562,5 mil. dinara), a ostatak otpada na vlastito učešće i OSIZ potrošača električne energije.

Prema usvojenom planu udruženim sredstvima i planovima pojedinih OOUR-a planirana je realizacija sljedećih objekata:

- dovršenje rekonstrukcije TS 35/10 kV Školjić i Jurjevo,
- dalekovod 35 kV Pehlin — Grobnik,
- transformatorska stanica 35/10 (20) kV Baška,
- rasplet buduće TS 110/35/20 kV Lošinj u duljini od: oko 7 km 35 kV i oko 3,8 km 20 kV kabela,
- transformatorskih stanica 10 (20)/0,4 kV — 45 komada,
- dalekovoda 10 (20) kv u duljini od 5,2 km i kabela 10 (20) kV u duljini od 23,6 km i

— niskonaponska mreža i javna rasvjeta u duljini od 48 km. Osim ulaganja u navedene objekte, dio investicija utrošit će se za izradu projektne dokumentacije, zamjenu vozila, nabavu mjernih instrumenata i dr.

I. R.

PRIPREME ZA HE ĐURĐEVAC

Ukupni hidroenergetski potencijal rijeke Drave u SR Hrvatskoj koji se može iskoristiti procijenjen je na 2 836 GWh električne energije godišnje. Planirano je da se ovaj vodni potencijal iskoristi na sedam vodnih stepenica. Dvije su već u pogonu — HE »Varaždin« od 1975. i HE »Čakovec« od 1982. godine — a puštena je u pogon — HE »Dubrava«. Na donjoj Dravi, u zajednici s elektroprivredom SR Mađarske, planira se izgradnja četiriju elektrana: HE »Đurđevac«, HE »Barcs«, HE »Moslavina« i HE »Osijek«.

Ukupni energetski interes SFR Jugoslavije, odnosno SR Hrvatske, za ove četiri hidroelektrane iznosi 70 posto.

U prvom planu je gradnja HE »Đurđevac«, instalirane snage 145 MW, s mogućom proizvodnjom oko 745 GWh električne energije godišnje. HE »Đurđevac« je tip derivacijske hidroelektrane i već je izrađen idejni projekt. Za konačno rješenje izgradnje ove dravske hidroelektrane u Hrvatskoj obavljen je niz predradnji, kao što su geološka i geofizička istraživanja. Na temelju tih podataka može se obaviti i ispitivanje rada buduće hidroelektrane, što će se izvršiti metodom ispitivanja fizikalnim modelima. Taj posao obaviti će se u laboratoriju Građevinskog instituta u Zagrebu.

U suradnji s projektantima istraživači u laboratoriju odlučuju o svim potrebnim promjenama oblika brane i kanala na modelu koji zamjenjuje buduću hidroelektranu.

Rezultati ovih ispitivanja koristit će se pri izradi glavnih projekata. Investitor RO »Elektroprivreda« Zagreb izradu glavnog projekta povjerila je stručnjacima »Elektroprojekta« iz Zagreba. U izgradnju HE »Đurđevac« na Dravi uključit će se i elektroprivreda SR Mađarske. Prema idejnom rješenju od ukupne godišnje proizvodnje elektroprivredi Hrvatske pripada 652 GWh, a elektroprivredi Mađarske 93 GWh električne energije.

I. R.

RUDNIK URANA U PROIZVODNJI

Nakon četvorogodišnjeg rada konačno su rudnik urana i tvornica »žutih pogačica« poluproizvoda za nuklearno gorivo na Žirovskom Vrhу kod Škofje Loke pušteni u redovnu proizvodnju.

Godišnja proizvodnja urana na Žirovskom Vrhу I faza iznosit će oko 120 000 tona. Od svake tone rude dobit će se približno jedan kilogram uranovog oksida, poluproizvoda za izradu nuklearnog goriva. »Žute pogačice« oplemenjivat će se u inozemstvu.

Oplemenjeno gorivo koristit će naša nuklearka Krško, time će se postići velika devizna ušteda jer otpada nabava od inozemnih proizvođača. U NE Krško, koja ima snagu od preko 630 MW, svake godine se zamjenjuje jedna trećina uranovog goriva.

Pri izgradnji prvog rudnika u našoj zemlji vodila se briga o zaštitnim mjerama o zaštiti okoline na području Škofje Loke. Stručnjacima iz Slovenije uspjelo je stvoriti jedinstvena rješenja za zaštitu okoline. Uspjeli su realizirati zamisao o zatvorenom krugu cirkulacije tehnološke vode na preradi-

vačkim kapacitetima, a dana su i povoljna rješenja za depniranje jalovine, koje ima gotovo toliko koliko i iskopane uranove rude. Provjerena su navedena rješenja u 1985. godini i rezultati su zadovoljavajući.

I. R.

U 1985. OSTVARENA PROIZVODNJA 67 MILIJARDI KWh

Planom elektroenergetske bilance Jugoslavije za 1985. godinu hidroelektrane, termoelektrane i nuklearna elektrana Krško ostvarile su proizvodnju od 67,5 milijardi kWh električne energije, što je 97,9 posto od plana, ali 2,3 posto više nego u 1984. godini.

Hidroelektrane su proizvele 23,7 milijarde kWh, što je oko 93 posto od plana, termoelektrane na ugljen 37,3 milijarde kWh ili 99,8 posto. Termoelektrane na tekuće gorivo prebacile su za 7 posto plan koji je bio daleko ispod njihovih stvarnih mogućnosti.

Uspješnu proizvodnju ostvarila je nuklearna elektrana Krško, oko 3,84 milijarde kWh električne energije. Plan je prebačen za 2,7 posto.

I. R.

PLAN REMONTA ELEKTRANA

Zajednica elektroprivrednih organizacija Hrvatske usvojila je Plan remonta elektrana za 1985. godinu. Utvrđeni su termini za redovan godišnji remont koji će se većinom obaviti u ljetnim mjesecima. U nekim elektranama izvest će se opsežniji remontni zahvati, tako da će pojedine elektrane morati obustaviti rad.

Taj opsežni program obuhvatio je sljedeće elektrane:

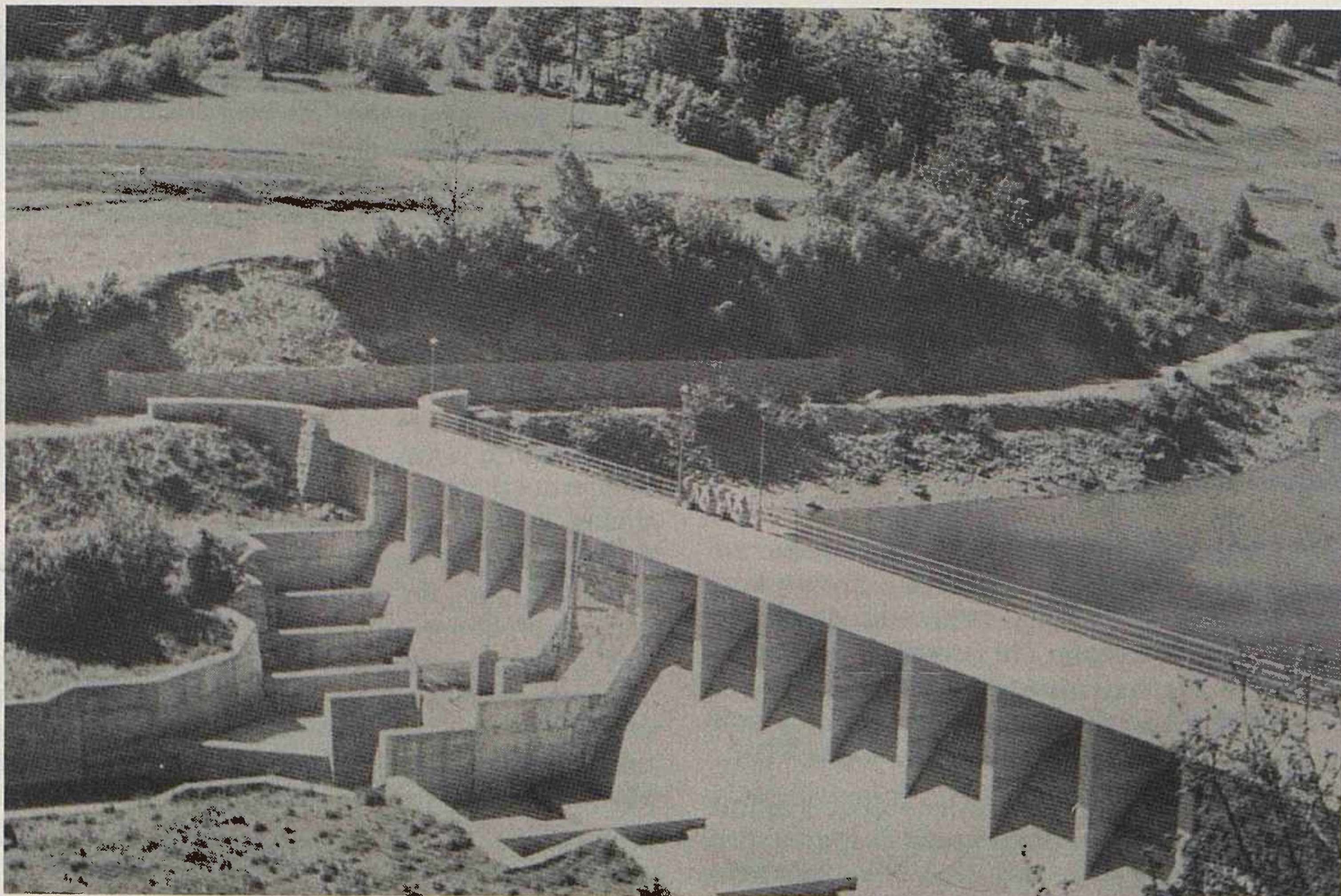
- HE Vinodol — obustava rada elektrane od 11. 8. do 31. 8. 1986. radi spajanja novog cjevovoda Bajer — Razromir.
- HE Peruća — remont će se obaviti od 1. 11. do 20. 12. 1986, radit će se na čišćenju generatora, generalnoj reviziji blok-transformatora, postavljenju novih termosondi na vodećim ležajima i dr.
- HE Zakućac — od 1. 6. do 30. 9. (120 dana); zamijenit će se regulatori turbine, očistiti ležajevi, pregledati lijevi i desni dovodni tunel.
- RHE Obrovac — od 1. 8. do 15. 9; predviđeno je pražnjenje akumulacije do minimalne radne kote, pražnjenje dovodnog tunela, pražnjenje cjevovoda i difuzora, remont turbinske opreme, revizija generatora uključujući uzbuđu, zaštitu i automatiku, remont pomoćnih pogona elektrane, revizija 35 kV postrojenja s vlastitom potrošnjom, revizija 400 kV razvodnog postrojenja, pregled i revizija brane Razovac i remont kuglastih zatvarača.

Za vrijeme revizije 400 kV razvodnog postrojenja potrebno je osigurati 10 dana beznaponskog stanja.

Godišnji redovni remont u termoelektranama obaviti će se:

- TE Plomin — kapitalni remont elektrane od 30. 3. do 28. 5. 1986. (60 dana) i u 11. mjesecu 15 dana; stajanja zbog čišćenja kotla.
- TE Rijeka — kapitalni remont elektrane trajat će od 1. 4. do 9. 6. 1986. (70 dana).
- TE Sisak — redovni godišnji remont bloka I od 2. 3. do 15. 4. 1986; remont drugog bloka trajat će 45 dana u mjesecu rujnu i listopadu.
- TE — TO Zagreb — godišnji remont bloka I u svibnju i listopadu (45 dana), dugog bloka u travnju i svibnju (45 dana) i trećeg bloka u rujnu i listopadu.
- NE Krško — remont od 1. 8. do 14. 10. 1986. (75 dana); tu je uključena izmjena goriva i inspekcija parageneratora.

I. R.



HE Vinodol — brana jezera Bajer

POTROŠNJA ELEKTRIČNE ENERGIJE U HRVATSKOJ

Potrošači električne energije u SR Hrvatskoj potrošili su u razdoblju siječnja do prosinca 1985. godine:

— Distribucija	10 306,4 GWh
— Direktni i specijalni potrošači	3 022,3 GWh
— Gubici prijenosa	431,3 GWh
Ukupna potrošnja	13 760,0 GWh
Raspoloživa električna energija	
— Proizvodnja HE	4 741,1 GWh
— Proizvodnja TE	4 011,1 GWh
— Proizvodnja TE u drugim republikama	3 255,5 GWh
Ukupno raspoloživo	12 010,7 GWh

Iz iznesenih podataka vidljivo je da je potrošnja veća od raspoloživih količina električne energije. Da se pokriju potrebe potrošnje za manjak od 1 749,3 GWh električne energije, energija je nabavljena iz zemlje (Slovenije, Srbije i Kosova) i iz inozemstva (Albanije, Švicarske, DR Njemačke i Čehoslovačke). Od naknadno nabavljene električne energije, direktni i specijalni potrošači (INA Kutina, SOUR »Boris Kidrič« Šibenik i TEF Šibenik) za svoje su potrebe — da bi nadomjestili ograničenja potrošnje električne energije po odredbama Tarifnog sistema odnosno više preuzetu električnu energiju — kupili 204,3 GWh.

I. R.

PROIZVODNJA PRIRODNOG PLINA

Prema usvojenoj energetske bilanci Jugoslavije za 1986. godinu proizvodnja prirodnog plina ocijenjena je na 3 100 milijuna m³, što je za 24 posto više od procijenjene proizvodnje u 1985. godini. Relativno visok porast domaće proizvodnje posljedica je puštanja u rad novih plinskih polja i boljeg iskorištenja postojećih, i u skadu s povećanim mogućnostima potrošnje ove energije za energetske i neenergetske namjene.

Uvoz prirodnog plina trebalo bi da iznosi 4 500 milijuna m³, što je blizu gornje granice propusne moći magistralnog plinovoda, a na razini sklopljenih ugovora s isporučiocima.

Visok porast proizvodnje i nabave plina u 1986. godini ocijenjen je u zajednici s predstavnicima naftne privrede, kao i sa potrošačima, među kojima se nalaze i novi potrošači u baznoj kemiji u SR Hrvatskoj i AP Vojvodini, čija se potrošnja plina u 1986. godini ocjenjuje na 1,0 milijardu m³.

Ukupna količina prirodnog plina iz domaće proizvodnje i uvoza predviđena je u količini od 7 600 milijuna m³, što predstavlja povećanje za 1 200 milijuna m³ ili 18,7 posto od očekivane potrošnje prirodnog plina u 1985. godini.

I. R.

IZ STRANE STRUČNE LITERATURE

LJEPLJENI DRVENI STUPOVI ZA DALEKOVODE

Lijepljeni stupovi nadzemnih vodova još uvijek nisu zapaženi, ali su vjerojatno interesantni za proizvođače lijepljenog drva. Brojni autori upućuju na primjenu i probleme u korištenju konstruktivnih elemenata ove vrste (Bednar, 1977; Bednar, 1981 — sa podacima o literaturi).

Do sada se slojevitom daščano drvo upotrebljavalo samo za prečke (traverze), iako se u SAD s velikim uspjehom upotrebljavaju lijepljeni drveni stupovi za gradnju dalekovoda. Posljednjih je godina prijavljeno kao patent više tipova stupova, pri čemu su razlike uglavnom samo u tehnologiji lijepljenja.

Prije tri godine stavljen je u pogon prvi norveški nadzemni vod s lijepljenim drvenim stupovima. Radi se o dvostrukom dalekovodu 132 kV, duljine 41 km u Orklatalu, provincija Trondheim. Postavljeno je ukupno 210 stupova s rasponima od 100 do 400 metara. Najveća visina stupa iznosi 27 metara. Upotrebjeno je više od 2 600 m³ lijepljene drvene konstrukcije koju je proizvela i montirala tvrtka MOELVEN.

Za konstrukciju se može odabrati nekoliko oblika: kvadratno-stožasti, 12-terokutni stožasti šupljii profil ili spojeni profili (T-presjeci) od daščanog slojevitog drva. Stup se izrađuje u dvije ili tri faze. Od slojevitog daščanog drva izrezuju se elementi određene debljine. Zatim se pojedine komponente

lijepe međusobno u željeni profil (presjek, oblik) stupa. U ovoj, drugoj fazi postavljaju se vrlo strogi zahtjevi na ljepilo, izvedbu slijepljenih sljubnica i naprave za prešanje (tije-sak). Vrlo je važna osjetljivost ljepila, jer danas se još općenito ne može osigurati ravnomjerno tlačenje po cijeloj dužini sljubnice.

Jedna skandinavska tvrtka razvila je za ovu svrhu posebnu vrstu vodootpornog smolastog fenol-resorcin-formaldehin ljepila (PRF). Ljepilo je ispitano u Norveškom institutu za tehničko drvo (NTI, Oslo) na smičnu čvrstoću i čvrstoću laminarnih spojeva, a zadovoljilo je sve probe na sljubnicama (reškama) do širine 2 mm. Usprkos već spomenutoj neravnomjernosti tlaka tijeska, kvaliteta lijepljene konstrukcije cijelog stupa je zadovoljavajuća.

Predviđa se industrijska proizvodnja šupljih profila (presjeka) u dužinama do 30 metara, s promjerom u temelju do 1 metar i debljinom stijenke od 90 mm. Predispitivanje, u kojem je stup — učvršćen u podnožju — bio na vrhu podvrgnut opterećenju do prijeloma (tzv. proba prijeloma), dalo je vrlo dobre rezultate u statički i čvrstoći. Isto tako, dobri rezultati postignuti su i u ispitivanjima na terenu, gdje su stupovi bili podvrgnuti opterećenjima vodova i leda.

Stupovi se pretežno izrađuju od drva bora i naknadno impregniraju, što im osigurava životni vijek od 30 do 40 godina. Ispitivanja o utjecaju impregnacije na čvrstoću provest će Istraživački institut elektroprivrede u Trondheimu. Ispi-

tat će se i eventualan negativni utjecaj sredstava za impregnaciju na čvrstoću ljepila, odnosno smičnu čvrstoću lijepljenih spojeva.

U usporedbi s današnjim stupovima od čelika, betona ili punog drva, značajne će biti dimenzije, cijena i čvrstoća lijepljenog stupa, njegova elektrofizikalna svojstva i trajnost. Daljnji elementi usporedbe — transport i montaža znatno su povoljniji za lijepljene drvene stupove zbog njihove male težine. No treba reći i to da se ne smije zanemariti ni briga o zaštiti prirode i izgledu krajolika. Značajni su nedostaci ovih stupova njihova gorivost i mogućnost oštećenja od ptica (žuna, djetao). S obzirom na gorivost, lijepljeni stupovi su u najmanju ruku jednaki stupovima od punog drva.

(Prema *International Holzmarkt* (Wien), 6/84)

Željko Medvešek

NAJVEĆA ELEKTRIČNA BATERIJA NA SVIJETU

U Berlinu je u gradnji najveća električna baterija na svijetu. Zapadni Berlin zbog svojeg izoliranog položaja nema veze sa susjednim elektroenergetskim sistemima, pa u slučaju poteškoća u opskrbi potrošača ne može dobiti niotkuda potrebnu pomoć. Do sada su još postojale rezerve u starim elektranama, što je omogućilo održavanje stabilnog napona i frekvencija u pojasu regulacije $\pm 0,2$ Hz. Radi zaštite okoliša neke će se termoelektrane ugasiti, pa su tražene druge mogućnosti rezervnog napajanja. Berlinsko elektroprivredno poduzeće (Bewag) odlučilo je stoga da izgradi bateriju snage 8 500 kW. Baterija će se napajati i prazniti pomoću tristorskih usmjerivača. Kompletno postrojenje s uređajima za upravljanje i regulaciju pomoću mikroprocesora izvest će tvrtka AEG. Ova je tvrtka još 1981. godine izgradila za berlinsku elektroprivredu sličan mali pokusni uređaj snage 15 kW. Trajnost baterija i rad uređaja bili su toliko uspješni da je odlučeno da se gradi navedena velika baterija.

Elektrizitätswirtschaft, god. 84, br. 24, 1985.

Mrk.

POTPUNO ODSUMPORIVANJE U TERMoeLEKTRANI WILHELMSHAVEN

Sjevernonjemačka termoelektrana na ugljen instalirane snage 770 MW ima danas uređaje za potpuno odsumporivanje dimnih plinova. Prva stepenica uređaja za pročišćavanje stavljena je u pogon 1971. godine. Time se moglo ukloniti oko 70 % sumpora iz dimnih plinova, pa je već tada odlazilo u atmosferu razmjerno malo onečišćenja jer u elektrani izgara ugljen s malim postotkom sumpora. Tada je ovo bio prvi takav uređaj u SR Njemačkoj. Druga stepenica pročišćivača koja je u pogonu od 1982. godine bila je već tehnički mnogo savršenija i predstavljala je tada najbolje rješenje. Zatim je demontirana prva stepenica i zamijenjena boljom, koja je služila kao uzor uređaja koji se ugrađuje u termoelektrane. Trećom, pak, stepenicom postignuto je gotovo potpuno odsumporavanje.

U pogledu čišćenja dušičnih oksida nije još postignuto mnogo, ali se poduzimaju mjere da se i to riješi, prvenstveno dotjerivanjem gorionika.

Ukupni troškovi izgradnje elektrana iznosili su 660 milijuna maraka, od čega je 180 milijuna maraka utrošeno na zaštitu

okoliša. U tome su 110 milijuna troškovi uređaja za odsumporavanje. Konačni proizvod čišćenja dimnih plinova je 30 000 tona gipsa godišnje.

Elektrizitätswirtschaft god. 84, br. 24, 1985.

Mrk.

ISKORIŠTENJE PLINOVA IZ SMEĆA

Njemački grad Ochsenhausen-Reinstetten ima stovarište smeća na površini od 1,6 ha. Na njemu je već odloženo 1,8 milijuna tona smeća, a povećava se za 60 000 tona godišnje. Zbog djelovanja bakterija smeće se raspada, a posljedica je vrlo neugodan smrad. Da se zaštiti okoliš i dobije neka korist od smeća, ukopani su okomito u veliko stovarište bunari — filtri u kojima se skupljaju nastali plinovi bogati metanom. Dvadesetak takvih bunara međusobno je spojeno cijevima, a kompresorom koji čini podtlak od 60 do 80 metara plin se dovodi u plinski motor. Motor pokreće generator snage 240 kW, a dobivena električna energija šalje se u mrežu 20 kV.

Uređaj je u pogonu od sredine 1984. godine i proizvodi godišnje 1,6 GWh električne energije. Na temelju sakupljenih dobrih iskustava planira se da se u okolici izgradi još 10 sličnih malih elektrana.

Elektrizitätswirtschaft, god. 84, br. 23, 1985.

Mrk.

ODSUMPORAVANJE NJEMAČKIH TERMoeLEKTRANA

Već krajem 1985. godine trećina snage njemačkih termoelektrana imala je uređaje za odsumporavanje, a to je oko 11 000 MW. To je povećanje od 4 000 MW prema prethodnoj godini. Do najkasnije sredine 1988. godine bit će ugrađeni uređaji za prečišćavanje u termoelektrane snage 37 000 MW. Kod daljnjih 10 000 MW, pretežno elektrana na tekuća goriva za pokrivanje vršnih opterećenja, smanjenje zagađenja postići će se drugim mjerama, prvenstveno upotrebom goriva s manje sumpora. Oko 12 000 MW snage termoelektrana radit će još, u skladu sa zakonom o očuvanju okoliša, 10 000 do 30 000 sati, a zatim će se ugasiti. Zakonom su zahvaćene termoelektrane na ugljen i tekuće gorivo ukupne snage 56 000 MW ili preko 70 % sviju elektrana većih od 20 MW.

Elektrizitätswirtschaft, god. 84, br. 24, 1985.

Mrk.

VEĆINA ŠVICARSKIH DOMAĆINSTAVA GRIJE SE TEKUĆIM GORIVOM

U Švicarskoj se 82 % domaćinstava, od njih 2,6 milijuna, grije naftnim derivatima, a tek svako dvanaesto domaćinstvo upotrebljava plin iz plinare. Električnom se grije samo 5 % domaćinstava. Prema stanju električne mreže, električnom bi se u prosjeku moglo grijati najviše 10 % domaćinstava, pa će se i u budućnosti nastaviti pretežno grijanje naftom.

Elektrizitätswirtschaft, god. 84, br. 25, 1985.

Mrk.



INŽ. BOŽIDAR RIBIĆ

U podmakloj dobi, doživjevši 91 godinu bogatog i plodnog života ostavio nas je 4. veljače uvaženi stručnjak, učitelj i suradnik inž. Božidar Ribić. Elektrotehnika i sva područja uz nju vezana u našem gradu, SRH i Jugoslaviji gube još jednog graditelja široke opće kulture, velikog tehničkog znanja i prakse. Rođen je 1895. godine, kada je razvoj elektrotehničkih znanosti bio tek u začetku. Svoju je životnu sudbinu vezao uz nju i u našim joj mogućnostima dodao i svoj značajan, vrlo zapažen i priznati doprinos. Studije je završio na elektromašinskoj visokoj školi u Beču. Kao mlad inženjer, istakao se između dva rata kao priznati stručnjak, posebno u području projektiranja razvoja elektrifikacije i u po-

dručju propagandne djelatnosti primjene električne energije za dobrobit i napredak naroda. Mnogo je pridonio elektrifikaciji željeznica, gdje je radio do 1936. godine, kada prelazi u GEC (gradsku električnu centralu) u Zagrebu, u kojoj je 1938. godine bio imenovan direktorom. U to doba GEC planira i razvija modernizaciju gradske mreže i gradi modernu učvorenu kabelsku mrežu koja je tada po tehničkim rješenjima bila u vrhu tehnologije razvijenijih zemalja. Stjecajem nepovoljnih okolnosti napušta GEC i prima zastupstvo firme BRAUN-BOWERI. Poslije rata 1945. godine stavlja se na raspolaganje elektroprivredi NR Hrvatske, pa u početku radi u ELPOH-u (električno poduzeće Hrvatske) kao inženjer za pogon elektrana. Godine 1948. bio je neko vrijeme direktor Elektrane Zagreb, u čijem je sastavu tada bila i današnja ELEKTRA-Zagreb.

Nakon rata, razorena, opustošena i zaostala zemlja kakva je bila naša, imala je velike porebe za obnovom i novom izgradnjom. U brojčano maloj, ali stručno vrlo jakoj ekipi inženjera u GEC-u našao se i inž. Ribić, odakle je kao i mnogi drugi, išao na poslove i zadatke u direkciju ELPOH-a. Elektroprivreda se našla na početku svog razvoja, a nije raspolagala planovima, nije bilo nikakvih propisa ni tehničke regulative. Bio je pokretač i autor organizacije izrade tehničke regulative. Inženjer Ribić je bio pokretač i autor organizacije izrade tehničke regulative, propisa o gradnji elektroenergetskih postrojenja, propisa o sigurnosti pogona, o održavanju i reviziji postrojenja, organizaciji elektroenergetskih službi itd. Punih 15 godina, tj. od 1957. do 1972. godine predsjedao je Komisiji za tehničku regulativu. U tom je razdoblju svoje bogato znanje i iskustvo prenosio generacijama elektrotehničkih praktičara kao viši savjetnik, odnosno glavni elektroenergetski inspektor SRH-e, sa kojeg je mjesta 1964. godine otišao u mirovinu. Na funkciji glavnog elektroenergetskog inspektora SRH-e stekao je veliku afirmaciju, mnogo je učinio u odgoju stručnjaka koji su gradili i održavali elektroenerg. postrojenja. Sam je obavljao preglede značajnijih objekata i verificirao njihov stupanj tehnološke izvedbe i sigurnosti, te davao odobrenja za njihov pogon. Za takav rad je u inspektoratu stekao ugled posebno zaslužnog radnika.

Angažiranje inž. Ribića bilo je vrlo zapaženo i plodno u raznim stručnim udruženjima elektrotehničke struke. Članom inženjerske organizacije, tada tek osnovane, postao je već 1921. godine. Svoj rad je nastavio u ETD-u (Elektrotehničko društvo) Zagreb, SEITH-u (Savezu elektrotehničkih inženjera i tehničara SRH) SITJ-u (Savez inženjera i tehničara Jugoslavije), koji su ga u znak priznanja birali za zaslužnog i počasnog člana.

Bio je jedan od aktivnih i prvih inicijatora osnivanja jugoslavenskog ogranka CIGRE (organizacije za velike električne mreže), pa i njen predsjednik 1963/64. godine. Najveće mu je priznanje dodijelio Savjet za naučni rad SRH — nagradu »Nikola Tesla« za životno djelo.

Nabrajanje činjenica, što uvijek nosi i opasnost da se radi nepoznavanja nešto bitno izostavi, bilo bi nepotpuno da se ne spomene i njegova čestitost, skromnost i mnoge druge vrline koje su inž. Ribića resile. One su posebno došle do izražaja kad je obavljao delikatnu funkciju glavnog elektroenergetskog inspektora SRH, koja je po prirodi posla često vezana uz sankcije po sili zakona. Osobni mu je stav bio pomoći čovjeku i izvući pouku. Znao je reći: ako je stradao jedan, ne mora i drugi, ako ta pouka može biti korisna.

Doprinos inž. Ribića bit će trajno prisutan u našoj elektrotehničkoj praksi.

P. Kuzele

ČASOPIS ELEKTROPRIVREDE
HRVATSKE

energija

IZDAVAČI

Godište 35 (1986)

Zagreb 1986

Br. 3

Zajednica elektroprivrednih organizacija
Hrvatske

Institut za elektroprivredu, Zagreb

SIZ za znanstveni rad Hrvatske

IZDAVAČKI SAVJET

Ivo Hrs, dipl. inž., Institut za elektroprivredu, Zagreb — Josip Antić, dipl. inž., »Elektroprimorje« Rijeka — Anđelko Modrčin, dipl. inž., »Elektroprivreda« Rijeka — Anđelko Dujmović, dipl. inž., »Elektroslavonija« Osijek — Dragutin Stanić, dipl. ecc., »Elektroprivreda Dalmacije« Split — mr Damir Subašić, dipl. ecc., Elektroprivreda Zagreb — Zdenka Jelić, prof., Institut za elektroprivredu, Zagreb — Mladen Zeljko, dipl. inž., Institut za elektroprivredu, Zagreb

UREDNIČKI ODBOR

Glavni urednik: dr Zorko Cvetković, dipl. inž.

Urednik: Zdenka Jelić, prof.

Urednici rubrika: »Energetski sistemi«, Nikola Bilčar, dipl. inž. — »Hidroelektrane«, Krunoslav Begović, dipl. inž. — »Termoelektrane i Toplane«, Mladen Nadinić, dipl. inž. — Prijenos električne energije, Zdenko Tonković, dipl. inž., Zagreb — »Razvod, distribucija i potrošnja električne energije«, Josip Antić i Mladen Ježić, dipl. inž., — »Ekonomika elektroprivrednih poduzeća, ekonomskofinancijska i tarifna pitanja, te ekonomika poslovanja«, dr Jure Šimović, dipl. oec. i Željko Vodopija, dipl. oec. — Tehnički urednik: Branko Mališ — Lektor: Vladimir Strojny, prof. — Metrološka recenzija: Mladen Zeljko, dipl. inž.

SADRŽAJ

Pavlović J.: Sistem i politika cijena električne energije — Originalni znanstveni rad	163
Šimović J.: Uloga i značaj udruženih sredstava društvene reprodukcije u financiranju razvoja privredne infrastrukture — Pregledni rad	171
Malbaša N.: Analiza kriterija s obzirom na onečišćenje zraka u sklopu izbora lokacije za toplanu na ugljen u području Zagreba — Originalni znanstveni rad . .	179
Muhtić Dž. — Ilijanić V.: Električko dimenzioniranje glave novih 400 kV stupova — Pregledni rad	187
Kalan B.: Zahtjevi na kvalitetu regulacije razine vode u bubnju — Pregledni rad	197
Barta-Koštrun S. — Čauš I.: Organizacija planiranja i praćenja studijsko-istražnih i projektnih radova elektroprivrede Hrvatske korištenjem kompjutera — Stručni rad	205
Ivanović M.: Osječki časopis »Privreda« o razvoju slavonsko-baranjske energetike i o efikasnosti korištenja energije u toku svog tridesetogodišnjeg izlaza	215
Vijesti iz elektroprivrede	217
Savjetovanja i konferencije	219
Nove knjige	221
Oglasi	223

Časopis je oslobođen plaćanja poreza na promet rješenjem Republičkog sekretarijata za prosvjetu, kulturu i fizičku kulturu SR Hrvatske broj 886/1-1979.

Uredništvo i uprava:

Zagreb, Ulica Proleterskih brigada 37

Pošt. pretinac 293, telefoni 511-455, 513-822 (328)

Godišnje izlazi 6 brojeva. Godišnja pretplata za pojedince iznosi 1200 dinara, a za poduzeća i ustanove 4000 dinara. Cijena pojedinog broja u prodaji 600 (za studente 200) dinara.

Za inozemstvo \$ 90 godišnje.

Tekući račun kod Narodne banke, Zagreb

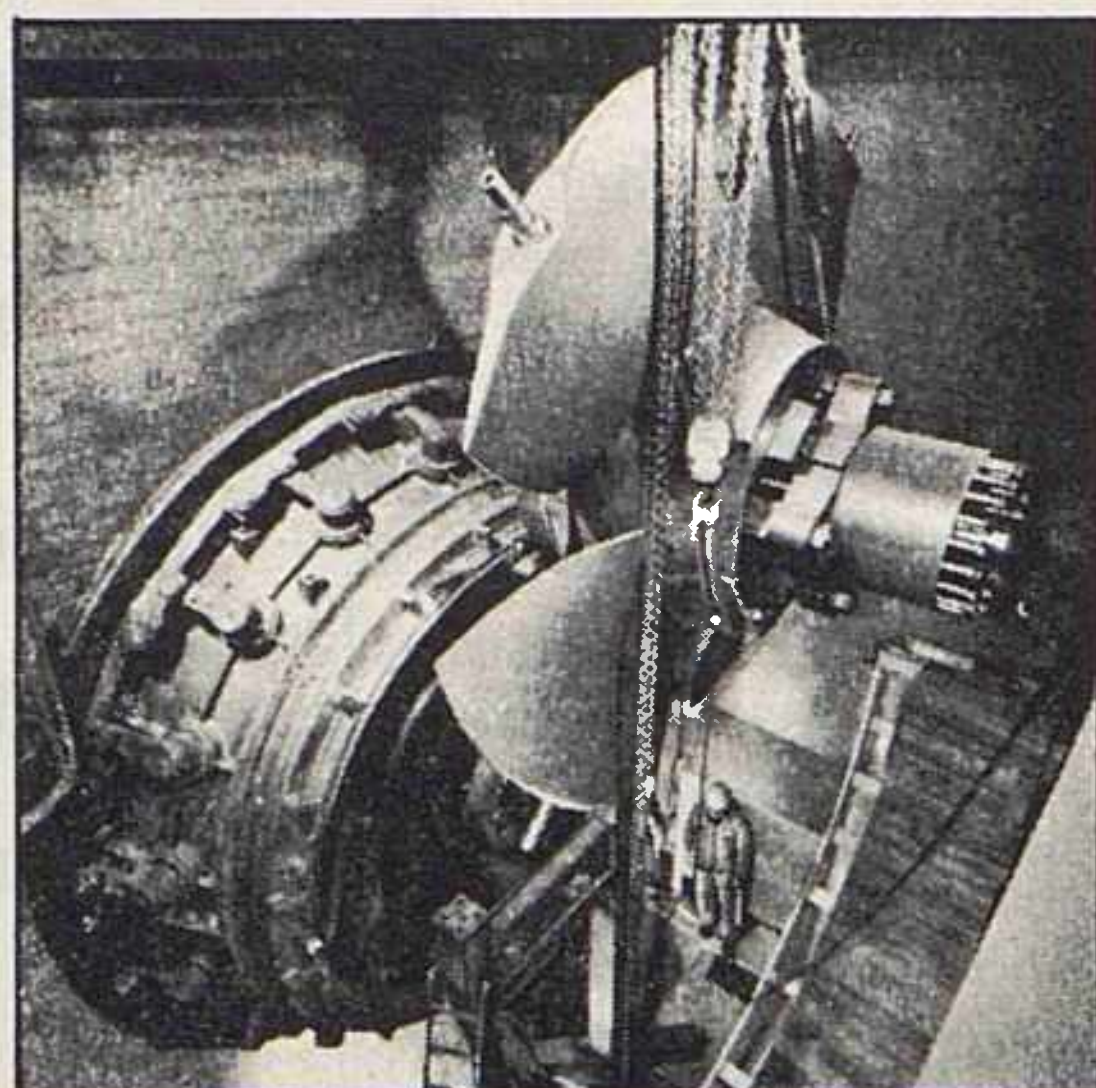
Institut za elektroprivredu (za »Energiju«) broj 30101-603-565

Tisak i klišej: RO »Zrinski« TIZ, Čakovec

Bez obzira da li se govori o postrojenjima za proizvodnju pare, komponentama nuklearnih centrala, pumpama, cijevnim armaturama i regulacijakim sistemima, kombiniranim postrojenjima s plinskim turbinama i parnim postrojenjem, plinskim turbinama, vodenim turbinama, postrojenjima za rekuperaciju topline itd.

Sulzer je mjerodavan za energetska tehnika

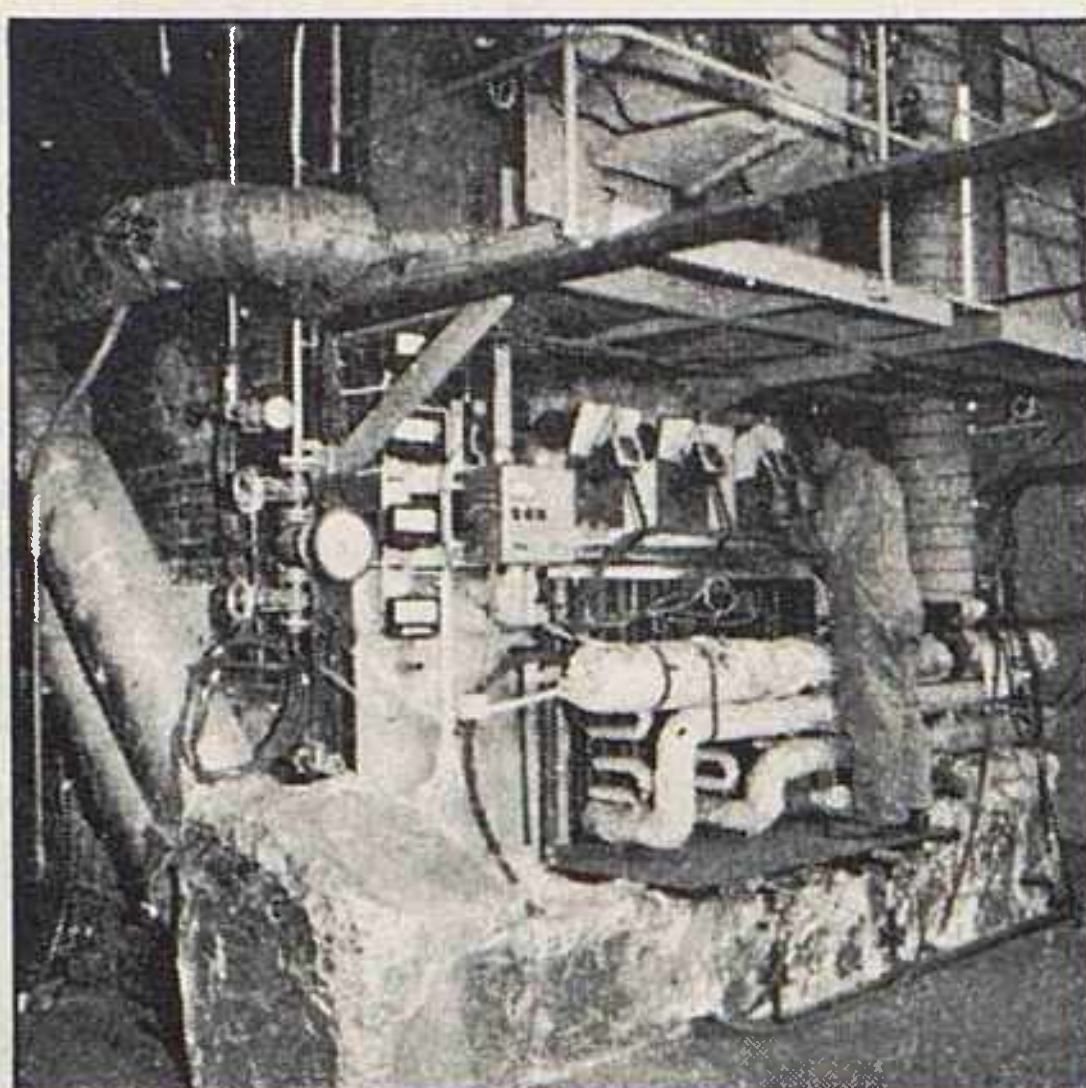
Evo tri primjera koji to i potvrđuju:



Straflo®-turbine za »Annapolis Royal« prvu elektranu na plimu i oseku u Sjevernoj Americi.

U već postojećoj pregradnji jednog zaljeva u Kanadi izgrađena je elektrana na morske mijene s velikim Straflo-turbinama, koja služi i kao pilotno postrojenje za projekt »Bay of Fundy«.

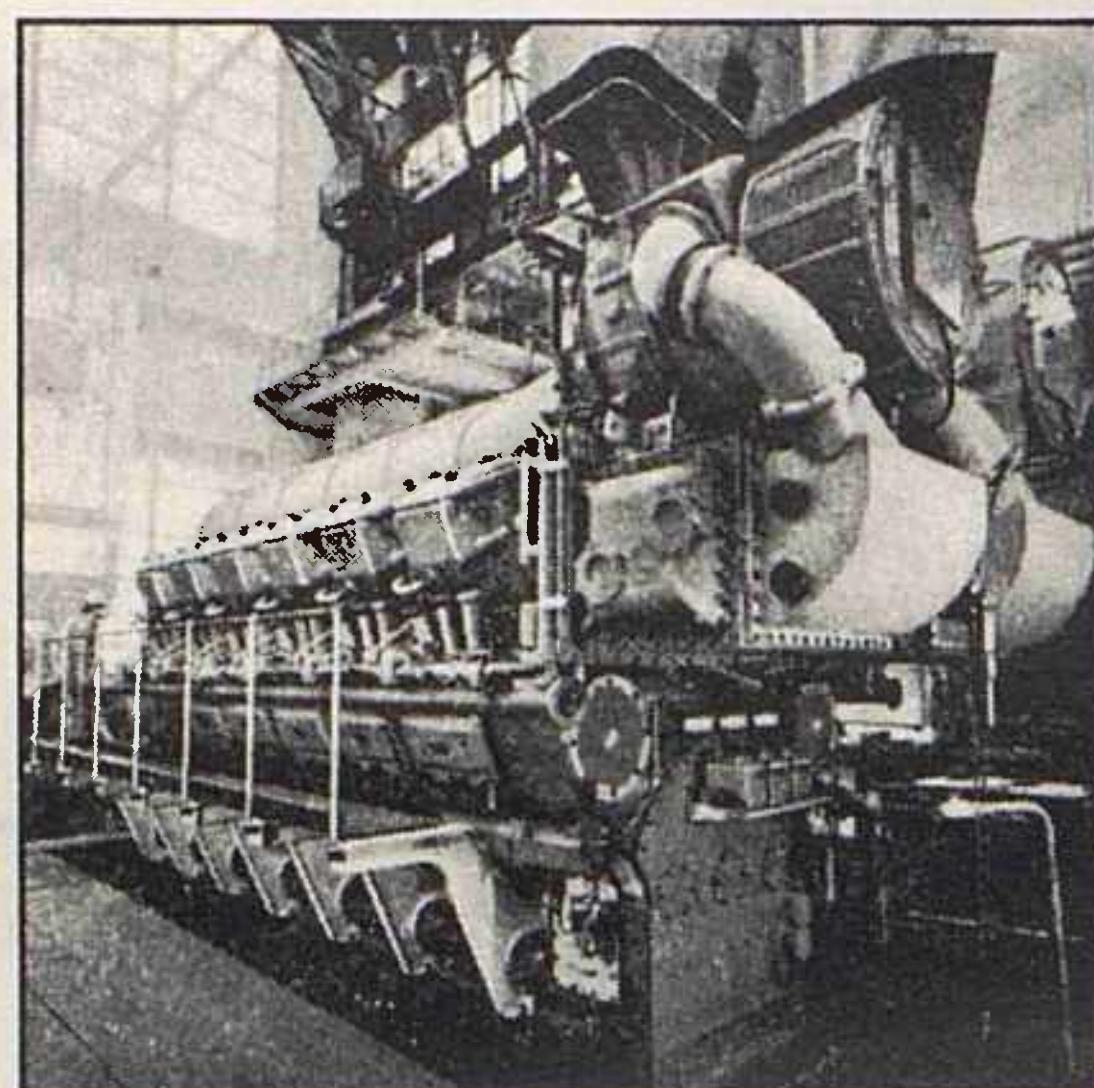
Straflo-turbine, produkt poduzeća Sulzer-Escher Wyss, grade se kod Dominion Bridge-Sulzer Inc. Kanada (Joint-Venture).



Ložišta s izgaranjem goriva u lebdećem sloju omogućuju po okolinu bezopasno loženje ugljenom.

Više od tri godine isprobava se Sulzerovo ispitno kotlovsko postrojenje, s ložištem s izgaranjem goriva u lebdećem sloju, različitih vrsta ugljena.

Takvim ložištima postižu se vrlo niski udjeli sumpornog dioksida u plinovima izgaranja, jer i do 80% od u ugljenu sadržanog sumpora biva vezano na vapno koje se u tom postupku dodaje ugljenu. Udio dušikovih oksida je također niži nego u klasičnim ložištima.



Dizel-elektrana i toplana Kufstein u Austriji sa 97% raspoloživosti i ukupnim stupnjem iskorištenja energije od cca 89%.

Takva postrojenja pretvaraju cca 40% od dovedene energije direktno u električnu energiju, cca 50% biva iskorišteno predavanjem otpadne topline toplovodnoj mreži, tako da su gubici samo cca 10% od dovedene energije.

Gebrüder Sulzer Aktiengesellschaft
CH-8401 Winterthur, Schweiz
Telefon 052 81 11 22
Telex 89606011

SULZER®



SISTEM I POLITIKA CIJENA ELEKTRIČNE ENERGIJE

Dr Jovica Pavlović, Sarajevo

UDK 621.3.003.1:338.5

ORIGINALNI ZNANSTVENI RAD

Daju se okvirni elementi i pretpostavke za efikasno funkcioniranje kako općeg nivoa cijena električne enrgije, tako isto sistema cijena električne energije po elementima tarifnog sistema.

Ključne riječi: cijena, troškovi reprodukcije, sistem, politika, tarifna politika

UVOD

Već sam pojam sistem podrazumijeva spajanje određenih dijelova u cjelinu da bi ta cjelina efikasno funkcionisala. Dok se pod pojmom politika podrazumijeva vještina, mudrost upravljanja i dijelovima i cjelinom sistema za uspješno postizanje određenog cilja. Ovdje konkretno za cilj imamo znalačko vođenje, uspješno regulisanje dijelova i sistema cijene električne energije od države, odnosno društveno-političke zajednice s namjerom da se postigne skladni razvoj elektroprivrede koja će obezbijediti proizvodnju ovog oblika energije prema realnim društvenim potrebama.

Inače je cijena električne energije kompleksna i zamršena ekonomska kategorija, a njeno formiranje znatno komplikovanije od cijena drugih roba i usluga. Malo je ljudskih potreba čije se cijene dvostruko određuju, dvostruko egzistiraju sistemi cijena po elementima kao što je to slučaj sa električnom energijom. Jednom je to prisutno radi normalnog odvijanja procesa reprodukcije, zadovoljavanja realnih kolektivnih i individualnih potreba, a u drugom slučaju radi postizanja cjenovne objektivnosti i ekonomske stimulativnosti potrošača na vremensko pomjeranje tražnje, čije su posljedice bolja iskorištenost već izgrađenih objekata i smanjena investiciona ulaganja za izgradnju novih. Tako da praktično imamo:

- sistem opšteg nivoa prodajne cijene električne energije po sastavnim dijelovima i
- tarifni sistem po tarifnim elementima i njihovim cijenama za konačni obračun i naplaćivanje isporučених, odnosno preuzetih količina električne energije od korisnika razvrstanih po kategorijama i grupama potrošnje.

Obezbjeđivanjem efikasnog funkcionisanja i jednog i drugog sistema cijena obezbjeđuje se efikasno funkcionisanje elektroenergetskog sistema kao integralne tehničko-tehnološke cjeline za odvijanje procesa proizvodnje električne energije prema društvenim potrebama.

1. SISTEM OPŠTEG NIVOA PRODAJNE CIJENE ELEKTRIČNE ENERGIJE

Kao i kod svake druge robne proizvodnje, dva su osnovna i nerazdvojna elementa koji određuju opšti nivo prodajne cijene ovog oblika energije, a to su: a) elemenat proste reprodukcije i b) element proširene reprodukcije.

a) Regulisanje elementa proste reprodukcije

Ovim prvim elementom opšteg nivoa prodajne cijene električne energije obezbjeđuje se trajno pokrivanje objektivno uslovljenih troškova tekuće proizvodnje, tj. troškova proste reprodukcije. A objektivno uslovljeni troškovi tekuće proizvodnje determinisani su cijenom angažovanih i neophodnih proizvodnih faktora za normalno odvijanje procesa proizvodnje prema obimu i karakteristikama tražnje.

Jedan od tih neophodnih proizvodnih faktora je osnovni predmet rada — primarni oblik energije na kome je zasnovana proizvodnja električne energije dotične zemlje. Korišteni primarni oblici energije različito utiču na visinu proizvodnih troškova, tako da će hidroenergija neznatno uticati; no, ako je to nuklearno gorivo, ugalj, nafta, plin, uticaj ovog faktora sve je značajniji.

Međutim, za izbor ovog faktora najčešće su ljudske moći ograničene. Svaka se zemlja prilagođava raspoloživim primarnim energetske resursima, a neke i uvozu zbog vlastitog nedostatka tih resursa ili njihove iscrpljenosti. Tamo gdje su prirodni uslovi povoljniji, gdje je priroda bila darežljiva vodnim potencijalima, razvijala se proizvodnja u hidroelektranama, a tamo gdje je bila darežljiva ugljem ili drugim vidovima primarne energije, razvijala se proizvodnja u termoelektranama.

Zato je razumljivo što je Norveška gotovo ukupnu proizvodnju električne energije razvijala u hidroelektranama te da je i danas razvija, jer je tako koristila

svoja obilna i besplatna prirodna bogatstva u vodnim potencijalima. S druge strane, Velika Britanija, koja oskudijeva hidropotencijalima razvijala je proizvodnju u termoelektranama na raspoloživim ugljenim potencijalima i drugim primarnim oblicima energije koji zahtijevaju prethodnu obradu, te su zato skuplji zavisno od njihovih reprodukcioni troškova.

Ovo je jedna od objektivnih okolnosti koja različito utiče na visinu proizvodnih troškova i konačno na visinu prodajne cijene električne energije navedenih zemalja. Istovremeno, to je jedan od osnovnih razloga da su cijene električne energije više od dva puta veće u Velikoj Britaniji nego cijena u Norveškoj.

Istaknuti su ekstremni primjeri dviju zemalja, ali najviše je onih, uključujući tu i Jugoslaviju, koje raspolažu i hidroenergijom u manjem obimu i drugim vidovima, te su razvijale proizvodnju električne energije na prvom i drugim primarnim resursima, što utiče i što će uticati na razlike u nivoima cijena ovog oblika energije između pojedinih zemalja odnosno njihovih elektroprivreda. No, to je samo jedna od objektivnih okolnosti i po jednom proizvodnom faktoru. Ovom faktoru, po prirodi stvari, pripadaju i pomoćni materijali, odnosno ukupni troškovi koji po tom osnovu nastaju uticajni su i sa njima treba računati.

Drugi proizvodni faktor su sredstva za rad koja u ovoj kapitalno intenzivnoj djelatnosti imaju veoma jak uticaj na visinu proizvodnih troškova. Ovi troškovi mogu biti veći ili manji, zavisno od načina finansiranja razvoja elektroprivrednih kapaciteta u prošlosti kojima se zadovoljavaju potrebe električnom energijom u sadašnjosti. Važno je, dakle, kakva je politika razvoja vođena, koliko je bilo vlastito, a koliko tuđe učešće i u kojim uslovima.

Ako se elektroprivreda razvijala uz veliko kreditno učešće koje prate visoke kamate i kratki rokovi otplate kredita, to znatno utiče na povećanje troškova i nivo cijene električne energije tekuće proizvodnje na osnovu ovog faktora. To najbolje potvrđuje primjer razvoja elektroprivrede naše zemlje čije će se posljedice još dugo osjećati.

No, ako se elektroprivreda razvijala uz relativno visoko vlastito učešće, sa bespovratnim sredstvima i povoljnim kreditima, efekti su suprotni, odnosno troškovi i nivo cijene tekuće proizvodnje po ovom osnovu mnogo je niži.

Sa ovom objektivnom činjenicom mora da računa svaka društvena zajednica pri regulisanju tržišta i cijene električne energije.

Treći proizvodni faktor predstavlja radna snaga, a naknada za izvršen rad radnika su troškovi rada koji utiču na nivo cijene električne energije. Troškovi rada u ovoj proizvodnoj djelatnosti objektivno nemaju značajniji uticaj uslijed visoke tehničke opremljenosti rada. Bitnije se ne razlikuju među sistemima iste ili približno iste proizvodne strukture, no ako su velike strukturne razlike, različita je i visina ovih troškova. Oni su veći u sistemima termoelektrana a manji u sistemima hidroelektrana zbog većeg broja tehnoloških

operacija, tj. složenijeg procesa proizvodnje u termoelektranama u odnosu na hidroelektrane. To je nesumnjivo jedan od razloga što je cijena električne energije u Velikoj Britaniji toliko veća od cijene u Norveškoj.

Pored objektivno uslovljenih faktora za normalno odvijanje procesa proizvodnje, koji kao takvi diktiraju visinu troškova tekuće proizvodnje električne energije, prisutni su i posredni troškovi utvrđeni kao društvene obaveze u vidu raznih doprinosa, poreza i taksa. Visina tih troškova može biti različita od jedne do druge države, pa je time veći ili manji uticaj na nivo cijene električne energije tekuće proizvodnje.

Cijena tekuće proizvodnje može biti opterećena i brojnim subjektivnim troškovima izazvanim, prije svega lošom organizacijom elektroprivrede, niskom produktivnošću rada, neracionalnim razvijanjem proizvodnje u okviru raspoloživih prirodnih resursa, dugim rokovima gradnje objekata i njihovom aktivizacijom, investiranjem u druge objekte a za druge djelatnosti, čiji troškovi opterećuju cijenu električne energije i tome slično.

Dakle, na prvi elemenat opšteg nivoa prodajne cijene električne energije mogu da utiču brojne okolnosti objektivne ili subjektivne prirode.

Razumljivo je da troškove subjektivne prirode treba smanjiti do realnih mogućnosti i tako umanjiti opšti nivo prodajne cijene električne energije. Takvi troškovi ne bi ni nastali, ili bi bili minimalni u uslovima neograničene tržišne konkurencije, jer bi se nivo reprodukcione cijene formirao pod uticajem opšte konkurencije unutar grane i tako razvijala ukupna proizvodnja — tekuća i buduća. Bila bi riješena sva osnovna pitanja oko proizvodnje, potrošnje i raspodjele bez administrativnih i planskih regulativa, bez najsavremenije računске tehnike za obradu podataka pod djelovanjem tržišnog mehanizma.

Međutim, ovdje je slobodnu tržišnu konkurenciju potisnuo monopol, proizvodnja je organizovana u velikim elektroenergetskim sistemima radi efikasnijeg funkcionisanja, veće sigurnosti, ekonomičnosti i kvaliteta u podmirivanju cjelokupnih društvenih potreba električnom energijom. To je izraz savremenog tehničkog i tehnološkog razvoja, to je objektivna nužnost i ne predstavlja više sporno pitanje u ekonomskoj misli.

No, sva ta preimućstva u koncentraciji proizvodnje kriju u sebi opasnosti karakteristične za monopoliistički organizovane sisteme, kada se naspram miliona kupaca pojavljuje samo jedan prodavac. Opasnost se, prije svega, krije u odstupanju cijene od vrijednosti, objektivno uslovljenih reproduktivnih troškova koje određuje tekuća proizvodnja i realno kretanje tražnje.

Efikasan metod za sprečavanje nepovoljnih strana monopolskog položaja elektroprivrede je u društvenoj intervenciji, društvenom regulisanju ne samo cijene nego i tržišta električne energije. Ta je društvena intervencija objektivna nužnost uslijed ograničene tržišne konkurencije u kojoj je tržišni mehanizam nemoćan da efikasno reguliše ekonomske procese.

Tržišni mehanizam treba u stvari zamijeniti interventnim regulatornim mehanizmom društvene zajednice koji bi morao i blagovremeno i uspješno djelovati kako bi se izbjegli tržišni poremećaji koji su kod nas tako očiti i sa stanovišta cijene i pokrivanja potreba električnom energijom. U tome je upravo vještina i mudrost upravljanja tržištem i uspješnog regulisanja elemenata cijene električne energije.

b) Regulisanje elementa proširene reprodukcije

Drugi elemenat opšteg nivoa prodajne cijene električne energije diktiraju nove potrebe. A potrebe za ovim oblikom energije trajno rastu, pa su i elektroenergetski kapaciteti u neprekidnom razvoju i aktiviranju. Priključuju se novi potrošači sa svojim trošilima i potrebama, a postojeći uvećavaju potrošnju; povećana traženja su, dakle, svakodnevna pojava kojoj se treba neprekidno prilagođavati. Treba završavati i uključivati u proces proizvodnje nove kapacitete sistema, druge projektovati, vršiti pripreme za izgradnju i graditi, proširivati i modernizovati postojeće. Sve zato da bi se ponuda odvijala prema dinamici traženja, da se uspostavi ravnoteža između proizvodnje i potrošnje i tako obezbijede normalni tržišni procesi. To, istovremeno, znači da je obnavljanje proizvodnje u većem obimu, ili proširena reprodukcija, normalni oblik reprodukcije u ovoj djelatnosti, da to nameću potrebe okruženja, realni privredni i životni tokovi društva. A za to su potrebna novčana sredstva sadržana u cijeni električne energije, potrebna je akumulacija kojom će se omogućiti skladan razvoj elektroprivrede.

Ukoliko se ukupno potrebna sredstva razvoja obezbjeđuju putem opšteg nivoa prodajne cijene električne energije, nesumnjivo je da će troškovi u eksploatacionom periodu, po ovom osnovu, biti najniži. Međutim, ukupnu razvojnu komponentu kroz cijenu električne energije rijetko obezbjeđuju pa i ekonomski najrazvijenije zemlje svijeta s najvećim potencijalnim mogućnostima za takvo ponašanje.¹ Inače su, prema ranijim i najnovijim informacijama, velike razlike između zemalja u visini obezbijeđenog samofinansiranja putem opšteg nivoa prodajne cijene i kreću se od 18 pa do 100 % iznosa. Očito su u pitanju različiti pristupi u ekonomskoj politici cijena među zemljama za ostvarivanje postavljenih ciljeva vlastitog privrednog i društvenog razvoja.

Zato je bez dublje analize nemoguće prenositi iskustva drugih zemalja o ovom pitanju, čak se teško upustiti i dogovoriti o nekom drugom optimalnom iznosu vlastitih sredstava koje treba osigurati kroz nivo cijene električne energije kada znamo da je optimalno rješenje kod 100 % vlastitog učešća, podrazumije-

vajući pod tim i bespovratna sredstva, a sve što ide niže od toga iznosa da su troškovi veći i da će prodajna cijena rasti. No, i pored toga ovo pitanje ne smije ostati otvoreno, ono traži odgovor jer se, u svakom slučaju, mora znati i regulisati vlastito učešće elektroprivrede kroz cijenu električne energije.

Polazeći od ekonomskih principa, tj. zakona srazmjerne raspodjele društvenog rada, ova bi djelatnost trebala imati jednake uslove finansiranja razvoja koje imaju i ostale privredne djelatnosti. To je opšte načelo primarne raspodjele da svaka grana ili djelatnost treba da ostvaruje prosječne stope akumulacije prema potrebama razvoja, čime se u suštini obezbjeđuje isti ekonomski položaj i otklanjaju cjenovni dispariteti među proizvodima. Takvo je mišljenje zastupljeno i u Nacrtu dogovora o dugoročnom razvoju energetike Jugoslavije od 1986. do 2000. godine, a iskazano je u sljedećem: sredstva za proširenje materijalne osnove rada utvrđuju se u visini prosječne stope akumulacije privrede Jugoslavije.²

Međutim, društvena opredjeljenja u ovom pitanju bila su i u prošlosti precizirana, bilo je to mjerama privredne reforme 1965. godine, a biće i ovom prilikom pomenutim Dogovorom. Ali bez praktičnog sprovođenja takvih opredjeljenja, bez primjene utvrđene politike cijena, to je isto tako ako ne i gore kao da politike nema, pa red zamjenjuje nered čije su posljedice mnogostruke i dobro poznate.

Zato je, pored utvrđivanja zajedničkih elemenata za formiranje cijene električne energije na nivou Federacije, što proizilazi iz Zakona o sistemu društvene kontrole cijena, neophodno utvrditi i mehanizam trajnog prilagođavanja cijene objektivnim tržišnim promjenama. Jer, kao što smo ranije istakli, u ovoj oblasti proizvodnje, po prirodi stvari, djelovanje tržišta kao povratne sprege nema odlučujuću ulogu u donošenju investicionih odluka. Realne uslove pored tržišta za to stvaraju dugoročni planovi razvoja u kojima su utvrđeni i kriteriji formiranja cijena i mjere aktualizacije. Potrebno je, dakle, aktivirati regulatorni mehanizam društvene zajednice koji će efikasno i na vrijeme reagovati na skup utvrđenih elemenata cijene za kontinuirano odvijanje procesa reprodukcije, kako proste, tako i proširene. U tome je mudrost efikasnog upravljanja sistemom ošteg nivoa prodajne cijene električne energije.

2. REGULATORNI MEHANIZAM NIVOA CIJENE

Da bismo zadržali uspostavljene odnose u nivou cijene prema utvrđenoj politici, potrebno je, prije svega, cijenom električne energije obezbijediti rajno pokrivanje objektivno uslovljenih troškova tekuće proizvodnje. To su prirodni ekonomski procesi i zakonitosti robne proizvodnje. Takvu regulaciju u uslovima neograničene tržišne konkurencije vršio bi tržišni mehanizam, dok to kod ograničenog tržišta treba društveno regulisati interventnim mehanizmom cijene.

¹ Na osnovu provedene ankete u okviru Studijskog komiteta za ekonomska i tarifna pitanja UNIPED-a, mart 1985. g., Elektroprivreda Donje Austrije »NEWAG«. Izgradnju elektroenergetskih objekata u cijelosti finansiraju vlastitim sredstvima, a slična je situacija i u ostalim elektroprivrednim organizacijama Austrije.

Podatke dao Ing Karl Stock, direktor NEWAG-a. Anketu vodio Tocigl Benito, član ovog Studijskog komiteta.

² Vidi Nacrt dogovora od juna 1985. godine, član 69.

ne. Intervencionalizam je neminovna posljedica moderne privrede, novih teničko-ekonomski saznanja i tehnološkog napretka, razvoja i usavršavanja organizacije proizvodnje, njene koncentracije sa kojom se optimizira poslovanje i povećava kvalitet i sigurnost zadovoljavanja ljudskih potreba. Tome je eklatantan primjer organizovanost elektroprivrede ne samo u okviru jedne zemlje, već su stvorene i šire asocijacije.

Zato je tržišni mehanizam ta poznata »nevidljiva ruka« regulisanja tržišne cijene nezavisno od volje i saznanja ljudi u uslovima slobodne konkurencije napušten, a na sceni je interventni regulatorni mehanizam »vidljiva ruka« zavisna i od volje i saznanja ljudi. To je nužan zahtjev reda i pravičnosti u savremenim privrednim procesima.

Kao metod podešavanja prodajne cijene električne energije svijet već duže vremena poznaje kliznu skalu koju koristi oko jedna trećina evropskih zemalja i Sjedinjene Američke Države. Takođe je poznato (SAD) da podešavanju cijene prethodi temeljita kontrola osnovanosti njenog podešenja i da to obavljaju registrovane agencije ili nezavisni javni revizori. U jednom broju zemalja, kao što su SR Njemačka, Francuska, Belgija i Holandija, prihvaćena je praksa automatskog podešavanja cijene kad se za to stvore uslovi, kad recimo dođe do povećanja cijene goriva. Ta praktična iskustva drugih zemalja koja su na ekonomskim principima zasnovana mogu nam korisno poslužiti u koncipiranju vlastite politike regulisanja i kontrole cijene.

Pored toga treba prihvatiti činjenicu da u dinamici razvoja elektroprivrede postoji korelacija cijena ulaznih faktora u reprodukcione procese i nivoa prodajne cijene električne energije, te da su to objektivne okolnosti koje u uslovima ograničenog tržišta moraju biti regulisane efikasnim društvenim mehanizmom. Društveni mehanizam će efikasno djelovati ako registruje sve troškovne promjene koje vremeniski nastaju u procesu proizvodnje i procesu razvoja i ako tim promjenama blagovremeno prilagodi opšti nivo prodajne cijene električne energije. To, istovremeno, znači da regulatorni mehanizam treba biti trajno aktiviran da registruje sve troškovne promjene u reprodukcijom lancu koje utiču na pomjeranje nivoa prodajne cijene, te da je podešava na onaj nivo koji je utvrđen politikom cijene. To je, dakle, mehanizam koji trajno prilagođava cijenu regulisanog tržišta električne energije zavisno od kretanja objektivno uslovljenih troškova reprodukcije.

Kretanje objektivno uslovljenih troškova u datom vremenu koji izazivaju potrebu pomjeranja cijene električne energije u odnosu na postojeći bazni nivo mogu biti izazvane:

1. Promjenom tržišnih cijena ulaznih faktora u proces proizvodnje ranije aktiviranih kapaciteta, a utiču na pomjeranje troškova bilo po osnovu rada, sredstava za rad, i materijala (osnovnog i pomoćnog), bilo po osnovu raznih doprinosa, poreza i drugih zakonom utvrđenih obaveza. Sve ovo zajedno, ili pojedinačno, utiče na pomjeranje bazne

cijene koštanja tekuće proizvodnje sistema, tj. ranije aktiviranih kapaciteta elektroenergetskog sistema.

2. Aktiviranjem novih kapaciteta elektroenergetskog sistema, tj. njihovim uključivanjem u proces proizvodnje. Novoaktivirani kapaciteti imaju svoje troškove, svoju cijenu koštanja, koji mijenjaju do tadašnje stanje.

Uzimajući uticaj ovih promjena zajedno sa promjenama na ranije aktiviranim kapacitetima, dolazimo do realne cijene koštanja tekuće proizvodnje po osnovu ukupno aktiviranih kapaciteta datog elektroenergetskog sistema.

Time je ujedno i na razuman način trajno obezbijeđen prvi elemenat opšteg nivoa prodajne cijene električne energije, odnosno prosta reprodukcija.

3. Prethodno aktualizirani elemenat opšteg nivoa prodajne cijene uvećava se elementom razvoja što zavisi od kriterija za njegovo utvrđivanje. Ako je to izraženo u procentima vlastitog učešća za potrebe razvoja, nivo će se povećati do iznosa koji obezbjeđuje toliko učešće kroz cijenu, uz napomenu da je potrebna trajna aktualizacija ukupnih investicionih potreba.³ Ako je to prema visini prosječne stope akumulacije privrede Jugoslavije, onda po tom osnovu treba kontinuirano i blagovremeno prilagođavati visinu vlastitog učešća putem nivoa cijene.

U sklopu ovog pitanja preostalo nam je još da utvrdimo intervale pomjeranja cijene nastalim promjenama. Za ovu infrastrukturnu djelatnost ne bi trebalo da dolazi do čestih promjena cijene iz više razloga. Zato se kao realno smatra godišnje prilagođavanje, i to ne samo cijene električne energije nego i energetske goriva ako to okolnosti nalažu, a korektore sinhronizovati, tj. vršiti istog dana u godini.

Bile bi to osnovne postavke vođenja politike opšteg nivoa prodajne cijene električne energije po sastavnim dijelovima metodom regulatornog mehanizma cijena. Time bismo mogli i završiti raspravu o pitanju sistema i politike prodajne cijene električne energije. Ona se, de facto, tu završava za najveći broj ljudskih potreba i na tim principima formiraju njihove tržišne cijene. Međutim, politika cijena električne energije ovim nije iscrpljena, ona se nastavlja preko tarifnog sistema za prodaju električne energije.

3. TARIFNI SISTEM ZA PRODAJU ELEKTRIČNE ENERGIJE

Politika tarifnog sistema polazi od koncepcije postizanja što veće pravde i pravičnosti — objektivnog utvrđivanja prodajne cijene električne energije prema potrošačima, te njihove stimulacije na vremen-sko pomjeranje tražnje koja će doprinijeti efikasnijem korišćenju elektroenergetskih kapaciteta. Tarifnim sistemom vrši se diferenciranje opšteg nivoa

³ Pitanje utvrđivanja opšteg nivoa prodajne cijene električne energije i njegovog reguliranja detaljno je obrađeno u knjizi J. Pavlović, »Regulisanje tržišta i cijene električne energije«, »Veslin Masleša«, Sarajevo, 1985, str. 59 – 95.

prodajne cijene i tako želi obezbijediti kako objektivnost cijene ovog oblika energije, tako i optimalnost rada, a time i razvoja kapaciteta elektroenergetskog sistema.

To je viši sistem organizovanosti sistema cijene u odnosu na druge robe i usluge s namjerom nepristrasnog utvrđivanja prodajne cijene i postizanja maksimalnog rezultata uz minimalna ulaganja raspoloživih društvenih resursa. Na osnovama te politike preciziraju se tarifni elementi sistema, a zatim njihovi tarifni stavovi po kojima se vrši obračun i naplata preuzetih, odnosno isporučenih količina električne energije potrošačima. Ovim postupkom, u stvari, vrši se metamorfoza jednog sistema cijene u drugi po kome se formiraju konačne prodajne cijene na tržištu električne energije za sve kategorije i grupe potrošnje. Ili, konkretno, opšti nivo prodajne cijene električne energije, čija je uloga ranije objašnjena, svjesno se razbija u paramparčad na drugi sistem po drugim elementima i njihovim cijenama za postizanje što većeg broja na razumu zasnovanih ciljeva.

Elementi tarifnog sistema za koje se utvrđuju tarifni stavovi predstavljaju energetske mjerljive veličine. To su: obračunska snaga izražena u kilovatima (kW), preuzeta aktivna energija izražena u kilovatsatima (kWh) i prekomjerno preuzeta reaktivna (jalova) energija izražena u kilovatsatima (kVarh). Prema ovim tarifnim elementima (u pravilu) vrši se diferenciranje opšteg nivoa prodajne cijene električne energije na tarifne stavove kada je u pitanju objektivnost utvrđivanja prodajne cijene ili obezbjeđivanje ekonomske stimulacije za efikasnije korišćenje kapaciteta elektroenergetskog sistema.

a) Diferenciranje u cilju objektivnosti

Objektivnost utvrđivanja prodajne cijene, ili sprečavanja cjenovne diskriminacije, postiže se diferenciranjem postojećeg (aktualiziranog) ošteg nivoa cijene prema mjestu priključka potrošača na elektroenergetskom sistemu, vertikalnim diferenciranjem i prema vremenu korišćenja kapaciteta elektroenergetskog sistema horizontalnim diferenciranjem cijene.

Osnov za vertikalno diferenciranje cijene je naponski nivo ili stepen transformacije na koji je potrošač priključen i s koga trajno zadovoljava svoje potrebe za električnom energijom.

Potrošači se inače priključuju na različite naponske nivoe elektroenergetskog sistema: od visokih pa do niskog napona, zavisno od stvarnih potreba za električnom snagom i energijom. Na visoke napone priključuju se potrošači velikih ili većih potreba, a sve što su potrebe manje niži su i priključni naponi. Tako se na najviše napone u prvom redu priključuju specijalni potrošači koji troše velike količine električne energije u elektrohemijskim i elektrometalurškim proizvodnim procesima, a na niski napon domaćinstva, koja troše relativno male količine ove energije.

Razvijanje nižih i niskog napona za snabdijevanje manjih potrošača nameće potrebu vertikalnog razvi-

janja elektroenergetskog sistema; povećava se broj tehnoloških operacija u ukupnom tehnološkom procesu proizvodnje, odnosno dopreme električne energije do krajnjih korisnika koji traže priključak na nižim naponima. U pitanju su dodatne transformacije, razvodna postrojenja, dalekovodna i kablovska mreža (distributivna komponenta sistema) koja će omogućiti priključenje i snabdijevanje svih zainteresovanih potrošača ovim oblikom energije. To istovremeno izaziva i razlike u proizvodnim troškovima koji rastu krećući se od većeg k manjem naponskom nivou čija se pravedna raspodjela postiže vertikalnim diferenciranjem cijene. Dakle, vertikalno diferenciranje cijene električne energije vodi brigu o objektivnoj raspodjeli nastalih troškova zavisno od mjesta priključka potrošača na elektroenergetski sistem.

Osnov za horizontalno diferenciranje cijene električne energije je u vremenu korišćenja kapaciteta elektroenergetskog sistema od strane potrošača priključenih na isti nivo napona. Ovdje se, naime, radi o tome da jedni potrošači kapacitete sistema koriste u kontinuitetu i skoro istim intenzitetom tokom dana, mjeseca i godine (trosmjenski rad). Drugi u daleko manjem vremenskom intervalu, počev od jednosmjenskog rada pa i dvosmjenskog, ili na druge načine koji utiču na neravnomjernost kako dnevnog tako i godišnjeg korišćenja kapaciteta elektroenergetskog istema. Ako bi se ova pojava zanemarila, a električna energija za sve potrošače istog reda napona obračunavala po prosječnoj cijeni, to bi izazvalo nepravednu raspodjelu troškova kapaciteta i vodilo diskriminaciji u cijeni među potrošačima. No, to se već odavno sprečava horizontalnim diferenciranjem cijene na cijenu snage i cijenu energije, vodeći prije toga brigu o objektivnoj raspodjeli troškova na fiksne i varijabilne — troškove snage i energije.⁴ Ovim se i završava diferenciranje opšteg nivoa prodajne cijene čiji je motiv ostvariti pravdu i ravnopravnost, jednak tretman svih potrošača sa stanovišta troškova i cijene energije u realno mogućim okvirima.

b) Diferenciranje u cilju stimulacije

Drugi, naročito značajan motiv u koncepciji tarifne politike usmjeren je efikasnijem korišćenju postojećih kapaciteta elektroenergetskog sistema. Pogotovo što se efekti tako postignuti direktno odražavaju na smanjenje potreba ukupnog razvoja pomenutog tehničkog sistema, što vode optimalnim investicionim ulaganjima za pokrivanje rastućih potreba u električnoj energiji. Dakle, suština i cilj ovog diferenciranja opšteg nivoa prodajne cijene jest u smanjenju postojećih i predstojećih reprodukcioni troškova električne energije i u povećanju dohotka ili smanjivanju njegovog nepotrebnog odlivanja za izgradnju novih kapaciteta.

Ovdje pristup diferenciranju cijene polazi od načela opšteg zakona tražnje da su pri većoj cijeni manje

⁴ Ovo je pitanje detaljnije obrađeno u knjizi: »Regulisanje tržišta i cijene električne energije«, Op. cit. str. 104 – 115.

tražene količine, a pri manjoj cijeni veće tražene količine. To je pristup i za dnevno i sezonsko diferenciranje cijene, odnosno utvrđivanje različitih tarifnih stavova po dobu dana (veći i manji dnevni tarifni stavovi) i po sezoni ljeto – zima (viši i niži sezonski tarifni stavovi). Tako utvrđene cijene, tj. tarifni stavovi, stimulativno utiču na potrošače ka vremenskom pomjeranju tražnje (u okviru realnih mogućnosti), čije su posljedice bolja (ravnomjernija) iskorištenost kapaciteta elektroenergetskog sistema, što je i osnovni cilj ovog diferenciranja.

Svemtu što je ovdje rečeno treba dodati i troškovni i stimulativni uticaj na potrošače putem cijene da smanjuju preuzimanje reaktivne snage i energije. Naime, reaktivna snaga i energija poseban su fenomen koji prati proizvodnju ovog oblika energije i koji smanjuje stepen korisnog djelovanja postrojenja elektroenergetskog sistema. Smanjujući reaktivnu komponentu snage i energije, povećava se aktivna radna komponenta snage i energije, a to se u prvom redu želi postići efikasnim sistemom cijena; da se smanje investicije, nepotrebni gubici i poboljšaju naponske prilike a time i kvalitet električne energije.

Diferenciranje cijene u pravcu sprečavanja diskriminacije i u pravcu stimulacije međusobno se isprepliću i zajedno predstavljaju sistem prodajnih cijena električne energije, odnosno elemente tarifnog sistema. Tako je tarifni sistem sinteza određenih koncepcija tarifne politike preko obračunskih tarifnih elemenata i drugih kriterija po kojima se utvrđuju tarifni stavovi za obračun i naplatu preuzete električne energije od strane potrošača. Tarifni sistem je u stvari normativni akt kojim se regulišu i preciziraju odnosi između kupaca i prodavca, odnosno postupci tržišnih stranaka na složenom tržištu električne energije.

Tarifni stavovi su novčani ekvivalenti obračunskih elemenata utvrđenih tarifnim sistemom, a predstavljaju finalni oblik prodajne cijene električne energije po kategorijama i grupama potrošnje. Svaki element ima svoj tarifni stav — svoju cijenu, a zajedno obračunati i svedeni na kilovatsat kao osnovnu mjeru jedinicu daju prosječno ostvarenu cijenu određenog potrošača.

Ponderisanjem ostvarenih prosječnih cijena svih potrošača na području elektroenergetskog sistema dolazimo do prosječne cijene ili opšteg nivoa prodajne cijene električne energije. To istovremeno iznači da se do stvarnog nivoa cijene u određenom vremenskom intervalu dolazi inverzijom od pojedinačnih cijena do opšteg nivoa. Ovako dobiveni opšti nivo cijene neće se bitnije razlikovati od prethodno utvrđenog, koji je služio kao osnov za diferenciranje ako je već duže u primjeni efikasan tarifni sistem i ako nema bitnijih promjena u strukturi rasta potrošnje električne energije.

ZAKLJUČAK

Dostignuća u saznanju sticana iskustvom upućuju na neophodnost razvoja elektroprivrede — te infra-

strukturne djelatnosti, saglasno realnim društvenim potrebama.

Saznanje sticano iskustvom ukazalo je na put kojim se treba dalje kretati radi efikasne organizacije elektroprivrede za postizanje optimalnih rezultata u njenom radu i razvoju, te sigurnijem i kvalitetnijem zadovoljavanju potreba ovim oblikom energije.

Prema tim u praksi provjerenim ljudskim saznanjima dolazilo se do pravila ponašanja koja danas predstavljaju naučni pristup za rješavanje trajnih pitanja. Ta pravila ponašanja treba uvažavati ne samo u pitanju razvoja i organizacije elektroprivrede već i u politici regulisanja sistema cijene električne energije. To podrazumijeva da politika cijene električne energije treba uvažavati objektivne ekonomske činioce kada je u pitanju sistem opšteg nivoa prodajne cijene; da ovaj sistem treba regulisati prema ekonomskim kriterijima i zakonima robne proizvodnje. Pored toga treba se koristiti i drugim racionalnim rješenjima koja omogućavaju izvjesne specifičnosti vezane uz proces proizvodnje i snabdijevanje tržišta električnom energijom, a vode pravednijem formiranju prodajne cijene i optimizaciji rada i razvoja elektroenergetskog sistema.

Prema ekonomskim kriterijima i zakonima robne proizvodnje, treba u prvom redu ekonomskom politikom i politikom cijena dugoročno regulisati sistem opšteg nivoa prodajne cijene električne energije. Treba obezbijediti da efikasno funkcionišu elementi ovog sistema, od kojih se jednim postiže normalno odvijanje procesa rada u tekućoj proizvodnji, ili prosta reprodukcija, a drugim potrebe razvoja, ili proširena reprodukcija ove djelatnosti. To je uslov efikasnog rada i razvoja elektroprivrede, stvaranje osnovnih pretpostavki za normalno odvijanje proizvodnje električne energije prema stvarnim društvenim potrebama. A da bi se to postiglo, treba imati trajno aktiviran regulatorni mehanizam koji će kontinuirano prilagođavati nivo cijene u skladu sa utvrđenom politikom.

Specifičnosti vezane za proizvodnju i tržište električne energije omogućile su uvođenje tarifnog sistema. To je viši stepen organizovanosti cjenovnog sistema kojim se postiže: pravednija raspodjela troškova proizvodnje ili objektivnije utvrđivanje prodajne cijene po kategorijama i grupama potrošnje; optimalno korišćenje potrebnih društvenih resursa za rad i razvoj elektroprivrede. Tarifna politika nesumnjivo je jedna od najglavnijih regulastiva i u praksi provjerenih ekonomskih metoda za optimizaciju rada i razvoja elektroprivrede, zbog čega joj se i pridaje takav značaj u industrijski razvijenim zemljama svijeta. Ova politika realizuje se diferenciranjem opšteg nivoa prodajne cijene, utvrđuju se tarifni stavovi po tarifnim elementima koji predstavljaju osnov za obračun i naplatu preuzete električne energije od strane potrošača. Tako da tarifni stavovi predstavljaju krajnju prodajnu cijenu električne energije čija je pojedinačna i ukupna visina determinisama opštim nivoom prodajne cijene.

Sve su ovo kroz praksu provjerena saznanja kojih bi se i naša zemlja trebala pridržavati kada je u pitanju sistem i politika cijene električne energije.

LITERATURA

- [1] F., ČERNE, »Tržište i cijene« Informator, Zagreb, 1966.
- [2] S., MARJANOVIĆ, »Primjena kibernetike u rukovođenju radnim organizacijama«, Informator, Zagreb, 1974.
- [3] J., PAVLOVIĆ, »Regulisanje tržišta i cijene električne energije«, Veselin Masleša, Sarajevo, 1985.
- [4] R., STOJANOVIĆ, »Optimalna straterija privrednog razvoja«, Savremena administracija, Beograd, 1977
- [5] J., ŠIMOVIĆ, »Elektroprivreda i privredni razvoj«, Informator, Zagreb, 1984.
- [6] B., ŠOŠKIĆ, »Ekonomske doktrine«, Savremena administracija, Beograd, 1975.
- [7] Socijalizam i ekonomske zakonitosti, Ekonomska politika, Beograd, 1985.

SYSTEM AND POLICY OF ELECTRIC POWER COSTS

In the article are presented some boundaries and assumptions for efficient functioning of general electric power cost level as well as system of costs in elements of tariff system.

SYSTEM UND PREISPOLITIK DER ELEKTRISCHEN ENERGIE

Man bespricht die Rahmenelemente und Voraussetzungen für ein richtiges Funktionieren der elektrischen Energie, ihrer Preise und des Preissystems der elektrischen Energie nach den Elementen des Tarifensystems.

СИСТЕМА И ПОЛИТИКА ЦЕН ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Приводятся граничащие элементы и предпосылки эффективного функционирования, как общего уровня цен электроэнергии, так и системы цен электроэнергии по элементам тарифной системы.

Naslov pisca:

**Dr Jovica Pavlović, dipl. ecc.
Institut za elektroprivredu BiH
71000 Sarajevo, Omladinsko šet.
20**

Uredništvo primilo rukopis
1986 – 03 – 24

INGRA

ZAGREB – YUGOSLAVIA

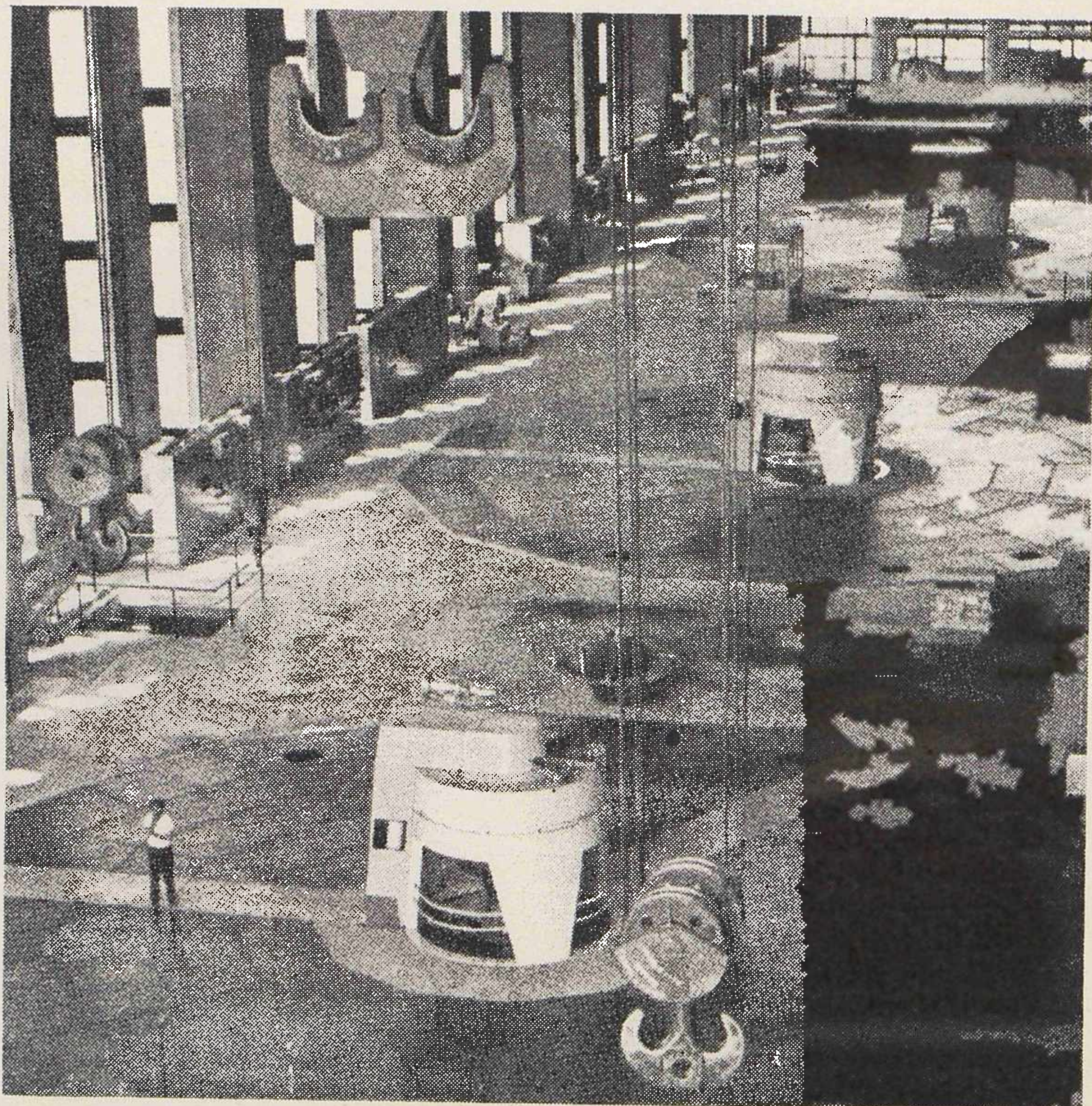
DUGOGODIŠNJA TRADICIJA U PROIZVODNJI I MONTAŽI OPREME ZA HI DRO, DIESEL I TERMO ENERGETSKE OBJEKTE KAO I U PODRUČJU PRIJENOSA I DISTRIBUCIJE ELEKTRIČNE ENERGIJE, OMOGUĆILA JE INGRA DA UDE U KRUG PONUĐAČA SVJETSKI RENOMIRANIH ORGANIZACIJA KAO POUZDAN, KONKURENTAN I KVALITETAN PARTNER.

NIZ ENERGETSKIH OBJEKATA IZGRAĐEN U MNOGIM ZEMLJAMA SVIJETA, PREDSTAVLJA ZNAČAJNU REFERENCU ZA DALJNJE AKTIVNOSTI INGRE NA TOM PODRUČJU.

UDRUŽENI ČLANOVI INGRE, VELIKE PROIZVODNE I PROJEKTANTSKE ORGANIZACIJE, KAO ŠTO SU ELEKTRO-PROJEKT, METALNA, LITOSTROJ, JUGOTURBINA, RADE KONČAR, PA ZATIM BUREAU D'AYOVIĆ I TRKATIV, VEMOS, DALEKOVOD, PREDSTAVLJAJU GLAVNE ČINIOCE ENERGETSKOG PROGRAMA INGRE. TI NAJTAJNARIJI IN OMOGUĆAVAJU DA INGRA, NA BAZI INŽENJERINGA, REALIZIRA KOMPLETNE ENERGETSKE OBJEKTE U ZEMLJI I INOZEMSTVU KAO I DA ISPORUČI UGOVORENU OPREMU INVESTITORU.

PORED ENERGETIKE U PROGRAM INGRE ULAZI PROCESNA INDUSTRIJA, GRAĐEVINARSTVO, ČELIČNE KONSTRUKCIJE I MONTAŽA.

41000 ZAGREB, PROLETERSKIH BRIGADA 62 P. O. P. 277 CABLE: INGRA ZAGREB PHONE: 515-355 TLX. 21 239, 21 728 YU INGRA



ULOGA I ZNAČAJ UDRUŽENIH SREDSTAVA DRUŠTVENE REPRODUKCIJE U FINANCIRANJU RAZVOJA PRIVREDNE INFRASTRUKTURE

Doc. dr Jure Šimović, Zagreb

UDK 338.98(497.1)

PREGLEDNI RAD

Sadašnji sistem financiranja proširene reprodukcije privredne infrastrukture u našoj zemlji temelji se na dvije grupe, po mnogim obilježjima različitih izvora. Prva se odnosi na dio sredstava što se ostvaruju u okviru općeg osiguranja materijalne osnove rada organizacija privredne infrastrukture (tokovi poslovnog financiranja), dok drugu grupu sredstava čine razni oblici prikupljanja sredstava samoupravnim sporazumjevanjem putem samoupravnih interesnih zajednica (tokovi društvenog financiranja). Među izvorima sredstava koji imaju karakter društvenog financiranja svakako najvažnije mjesto pripada instrumentariju udruživanja sredstava društvene reprodukcije. U radu se daje širi osvrt na njegove institucionalne osnove, te na niz stalno prisutnih dilema vezanih uz njegovo funkcioniranje.

Ključne riječi: privredna infrastruktura, proširena reprodukcija, udružena sredstva društvene reprodukcije

1. UVOD

Vijeće udruženog rada Sabora prihvatilo je na sjednici 27. veljače 1986. zakonske akte kojima se obvezuju i one organizacije udruženog rada koje nisu prihvatile samoupravne sporazume da izdvajaju sredstva za financiranje razvoja krupne privredne infrastrukture kako bi se osigurao kontinuitet procesa financiranja razvoja elektroprivredne, željezničke, vodoprivredne i cestovne infrastrukture i u razdoblju od 1986. do 1990. godine. U tu svrhu Vijeće udruženog rada Sabora donijelo je sljedeće zakone: Zakon o obveznom udruživanju dijela sredstava društvene reprodukcije iz dohotka organizacija udruženog rada i radnih zajednica za financiranje programa razvoja elektroprivrede, magistralnih cesta, željezničkog prometa i vodoprivrede, Zakon o obveznom udruživanju sredstava društvene reprodukcije po isplatama za investicijska ulaganja za financiranje elektroprivredne infrastrukture, zatim Zakon o vodoprivrednom doprinosu za financiranje gradova na redovnom održavanju zaštitnih vodoprivrednih objekata i Zakon o doprinosu Samoupravnoj interesnoj zajednici potrošača električne energije.

Te zakone Vijeće udruženog rada Sabora svakako je donijelo u krajnje ozbiljnoj situaciji, imajući u vidu da bi nepravodobno osiguranje sredstava za reprodukciju ovih djelatnosti imalo za posljedicu daljnje negativne tendencije i strukturalne disproporcije u cjelokupnom privrednom i društvenom razvoju. U povodu toga daje se prikaz mjesta, uloge i značaja privredne infrastrukture u privrednom razvoju, te uloge i značaja udruženih sredstava društvene reprodukcije u konceptu sistema financiranja ovih djelatnosti čije osnove se temelje na odredbama Ustava

SFRJ iz 1974. godine i Zakona o udruženom radu iz 1976. godine.

2. POJAM, OBILJEŽJA I ZNAČAJ PRIVREDNE INFRASTRUKTURE U DRUŠTVENO-EKONOMSKOM RAZVOJU

Ubrzani društveno-ekonomski razvoj i sve veće značenje infrastrukture u tom razvoju, kao i činjenica da razvoj infrastrukture apsorbira sve veći dio nacionalnog dohotka potakla su sve veći interes znanosti za infrastrukturu i njezino proučavanje. Predmet istraživanja na temu infrastrukture obično se odnosio na definiranje njena sadržaja, te njenih funkcija i specifičnih obilježja.

Infrastrukturu možemo definirati kao kolektivna dobra investicionog karaktera kojima su tehnička, ekonomska i institucionalna obilježja sljedeća: nedjeljivost objekata i uređaja, dugi vijek upotrebe, međuzavisnost sastavnih dijelova, heterogenost učinaka, veliki opseg i rizik investiranja, eksterni efekti i disperzija korisnosti od infrastrukture, netransparentnost potreba za infrastrukturom na individualne korisnike, odsutnost perfektne konkurencije, nemogućnost korištenja tržnog mehanizma, pomanjkanje poduzetništva, sistemski karakter djelatnosti, centralističko planiranje, neravnomjernost u raspodjeli dohotka i ostalo.¹

U teorijskim razmatranjima mnogi autori koji su se bavili problemima infrastrukture dijele se na privrednu i neprivrednu. Međutim, ova podjela nije bit-

¹ Vidi: I. Prga, *Financiranje cestovne infrastrukture u SRH*, Zbornik »Aktualni problemi financiranja društvenih potreba«, knjiga II, Pravni fakultet Zagreb, 1985, strana 303.

na samo s teorijskog nego mnogo više i s praktičnog aspekta. Jer, neka od navedenih obilježja infrastrukture kao cjeline više su prisutna i karakteristična za objekte privredne infrastrukture, što omogućava poduzimanje zajedničkih ili pak sličnih privredno-političkih mjera u oblasti planiranja i financiranja njihovog razvoja. Prema toj podjeli, glavni sadržaj pojma privredne infrastrukture, uz komunalnu infrastrukturu, čine objekti i postrojenja elektroprivredne, željezničke, cestovne i vodoprivredne infrastrukture.²

Imajući na umu navedena obilježja infrastrukture kao cjeline, a i obilježja privredne infrastrukture kao njezina posebnog dijela, mnogi razlozi govore u prilog činjenici da proces financiranja privredne infrastrukture nije moguće temeljiti na tržišnim principima poslovanja. Rupnik³ te razloge prije svega vidi u tome što ove djelatnosti iz materijalne proizvodnje prouzrokuju visoke pozitivne i negativne efekte, zbog čega tržišna razmjena ne može biti osnova niti u jednostavnoj, a još manje u proširenoj reprodukciji. Potrebu zadržavanja ovih djelatnosti na zajedničkom financiranju Jurković⁴ vidi u sljedećim razlozima: (1) veličini pojedinačnih ulaganja, (2) značajnom vremenskom nepodudaranju između momenta ulaganja i momenta ostvarivanja rezultata (nužnosti dimenzioniranja objekta za potrebe korisnika u jednom dužem vremenskom razdoblju) i (3) teškoćama pri individualizaciji troškova na pojedinog korisnika objekta odnosno sistema.

Potrebu proširenja nadležnosti države nad poslovanjem privredne infrastrukture u jednoj suvremenoj tržišnoj privredi D. Witt⁵ vidi prije svega u tome što javni sektor mora djelovati u svim onim oblastima gdje obavljanje usluga ne donosi nikakovu dobit, ali gdje različiti razlozi, i privredni i politički, govore u prilog tome da se takve usluge trebaju obaviti. Zbog nedostatka mogućnosti za ostvarivanjem dobiti privatna se poduzeća, kojima je to upravo cilj, ne uključuju u područje tih zadataka. Drugi važan razlog za angažiranja javnog sektora u oblasti privredne infrastrukture Witt nalazi u postojanju proizvodnih monopola, čiju zloupotrebu od privatnih poduzeća mogu, doduše, u okviru poretka uspješno spriječiti političke instance, ali zbog svrsishodnosti država često sama organizira obavljanje tih usluga.

Razloge za aktivnijom ulogom društveno-političkih zajednica u financiranju privredne infrastrukture treba svakako tražiti i u činjenici što društveno-političke zajednice putem cijena proizvoda i usluga privredne infrastrukture, te kroz njihovu razvojnu politi-

ku provode različite socijalno-političke i privredno-političke ciljeve. Osim toga, kapitalna intenzivnost privredne infrastrukture, te velika financijska sredstva koja permanentno zahtijeva njen razvoj, kao i postojanje brojnih eksternih efekata zahtijevaju da društveno-političke zajednice i u našim uvjetima imaju aktivnu ulogu u koncipiranju tog razvoja. No, pri tome treba istaći da razlog za aktivnom ulogom društveno-političkih zajednica u financiranju razvoja privredne infrastrukture treba tražiti i u međuzavisnosti razvojne i stabilizacione politike. Isticanje te međuzavisnosti bitno je zbog toga što je u našem dosadašnjem razvoju zanemarivanjem tijesne veze između tih dvaju segmenta jedinstvenog razvojnog procesa izazivalo poremećaje koji su ometali skladan privredni razvoj. Bitno je, dakle, uočiti da specifičnosti pojedinih područja u procesu reprodukcije kao što je to oblast infrastrukture, zahtijeva mnogo širi pristup u planiranju i aktivniju ulogu društveno-političkih zajednica. Uočavajući taj nedostatak, koji je prisutan u našem privrednom razvoju, i zalažući se za aktivnu ulogu društveno-političkih zajednica u privrednom razvoju, J. Mecinger⁶ kaže da bi se i u našoj zemlji trebalo vratiti na mjesto države koju ona ima u tržišnim privredama. Po njegovu mišljenju to znači da bi država trebala imati aktivnu ulogu u sljedeća tri područja: prvo, da stvara osnovne uvjete na području infrastrukture i društvenih djelatnosti, drugo, da se u ekonomiji ograniči na indirektno djelovanje i, treće, da donosi neke strateške odluke.

S druge pak strane, postojanje značajnih neposrednih i posrednih učinaka što ih privredna infrastruktura izaziva u privredi i društvu zahtijeva da razvojna politika privredne infrastrukture bude koncipirana tako da ona pomaže ostvarivanju glavnih razvojnih ciljeva opće privredne politike. Da bi to i postala, razvojna politika privredne infrastrukture, a posebno sistem njezina financiranja, mora polaziti od ovih činilaca:

- prvo, da polazne osnove na kojima se temelji razvoj privredne infrastrukture mora biti u skladu s osnovnim postavkama našega samoupravnog privrednog sistema (društveno vlasništvo, samoupravljanje, udruživanje rada, tržišno-planska privreda)
- drugo, da bude oslonjena na dugoročnim predviđanjima, jer bi inače, oslonjena na kratkoročne mjere, morala završiti u proturječnostima, što čini izuzetno važnim ulogu plana u razvoju privredne infrastrukture
- treće, posebne tehnoekonomske, monopolne i javne značajke privredne infrastrukture zahtijevaju mjere ekonomske politike koje će u sklopu općih privrednih mjera biti prilagođene za razvoj tih djelatnosti i
- četvrto, razvojni ciljevi privredne infrastrukture ne mogu biti autonomni, nego ona mora dobiti

² Osim navedenih djelatnosti, pod pojmom privredne infrastrukture još se obično ubrajaju: (1) objekti i postrojenja telefonsko-telegrafskog prometa, (2) magistralni cjevovodi, (3) operativne površine i prometnice u okviru luka i riječnih pristaništa, te (4) poletno-sletne staze i ostale operativne površine aerodroma.

³ L. Rupnik, *Sistem prihoda u financiranju društvenih potreba — iskustva SR Slovenije 1976–1978 godine*, časopis »Financije«, Beograd, broj 9–10/1979, strana 537.

⁴ P. Jurković, *Sadržaj i karakteristike sistema društvenog financiranja*, časopis »Ekonomske preglede« broj 5–6/1980, Zagreb, strana 205.

⁵ D. Witt, *Značenje naknada pri financiranju javnih usluga*, časopis »Financijska praksa« broj 5/1985, strana 32.

⁶ Vidi *Država i ekonomija*, časopis »Ekonomska politika« Beograd broj 1755/1985, strana 21.

svoje razvojne ciljeve iz sistema razvojnih ciljeva skupne ekonomske politike.

3. ULOGA I ZNAČAJ UDRUŽENIH SREDSTAVA DRUŠTVENE REPRODUKCIJE U SISTEMU FINANCIRANJA RAZVOJA PRIVREDNE INFRASTRUKTURE

Vodeći brigu o iznesenim obilježjima i specifičnostima privredne infrastrukture, kao i o značenju samoupravnog sistema planiranja u razvoju ovih djelatnosti, slobodno se može reći da se samoupravni sistem proširene reprodukcije privredne infrastrukture mora temeljiti na dvije grupe, po mnogim obilježjima različitih izvora sredstava. Prva se odnosi na dio sredstava što se ostvaruje u okviru općeg osiguranja materijalne osnove rada organizacija privredne infrastrukture, dok drugu grupu sredstava čine razni oblici prikupljanja i koncentracije sredstava putem samoupravnog sporazumijevanja i društvenog dogo-

varanja u okviru samoupravnih interesnih zajednica materijalne proizvodnje. Drugim riječima, obilježja i specifičnosti privredne infrastrukture nameću potrebu da se samoupravni sistem financiranja njihove proširene reprodukcije treba temeljiti jednim dijelom na financijskim tokovima koji imaju poslovni karakter, a drugim dijelom na financijskim tokovima koji imaju karakter društvenog financiranja.

Ako bi se po tim kriterijima razvrstavali izvori sredstava iz kojih se financira privredna infrastruktura u SR Hrvatskoj, onda se vidi da u tom financiranju značajno mjesto pripada, uz ostale instrumente društvenog financiranja, instrumentariju udruživanja sredstava društvene reprodukcije iz dohotka organizacija udruženog rada. Kao što pokazuju i podaci tablice 1, ovaj instrument prikupljanja sredstava bit će značajno prisutan u financiranju proširene reprodukcije i elektroprivredne, i cestovne, i željezničke i vodoprivredne infrastrukture i u narednom srednjeročno-planskom razdoblju. Zbog toga će se u nastavku ovog rada, kako je to rečeno i u uvodu, dati širi

Tablica 1. Veličina i struktura sredstava za financiranje proširene reprodukcije elektroprivredne, cestovne, željezničke i vodoprivredne infrastrukture u SR Hrvatskoj za plansko razdoblje 1986 – 1990. godine

— u miln. dinara

	Elektropriv. (cijene krajem 1984)	%	Ceste (cijene 1985)	%	Željeznica (cijene 1985)	%	Vodoprivreda (cijene krajem 1984)	%
1	2	3	4	5	6	7	8	9
A) Planirana ulaganja	347 521	100,0	175 966	100,0	109 830	100,0	16 995	100,0
B) Plan izvora sredstava								
1. Vlastita sredstva (amortizacija i ostatak dohotka)	115 618	33,3	—	—	35 976	32,7	—	—
2. Udručena sredstva društvene reprod. iz dohotka	21 071	6,1	27 615	15,7	50 224	45,7	16 995	100,0
3. Udručena sredstva na osnovu isplata za investicije	21 992	6,3	—	—	—	—	—	—
4. Sredstva doprinosa za potrošnju el. energije	39 120	11,2	—	—	—	—	—	—
5. Sredstva doprinosa za povećanu angažiranu snagu	54 378	15,6	—	—	—	—	—	—
6. Sredstva doprinosa potrošača priključ. na 0,4 kV napon na potrošenu el. ener.	28 342	8,2	—	—	—	—	—	—
7. Sredstva reinvestiranja	16 000	4,6	—	—	—	—	—	—
8. Inozemni krediti	51 000	14,7	23 850	13,6	23 630	21,6	—	—
9. Sred. naknada za ceste u cijeni goriva	—	—	50 184	28,5	—	—	—	—
10. Posebne naknade u cijeni goriva za vraćanje inozemnih kredita	—	—	23 754	13,5	—	—	—	—
11. Sred. godišnje naknade za korišt. cesta	—	—	13 602	7,7	—	—	—	—
12. Sred. naknade za ceste za inozem. vozila	—	—	8 132	4,6	—	—	—	—
13. Sred. naknade za korištenje cesta (»cestarina«)	—	—	18 115	10,3	—	—	—	—
14. Ostala sredstva	—	—	10 714	6,1	—	—	—	—

Izvor podataka: Samoupravni sporazum o udruživanju sredstava društvene reprodukcije radi financiranja elektroprivredne, cestovne, željezničke i vodoprivredne infrastrukture s obrazloženjima, prilozi: »Delegatskom vjesniku« broj 321 od 26. studenog 1985. (NN. 3/86)

osvrt na institut udruživanja sredstava društvene reprodukcije, njegove institucionalne osnove, te njegovu ulogu i značaj u konceptu sistema financiranja reprodukcije privredne infrastrukture. Ostali instrumenti tog koncepta — kako oni koji imaju karakter poslovnog financiranja (vlastita sredstva, komercijalni krediti), tako i ostali instrumenti društvenog financiranja (doprinosi, naknade, domaći javni zajmovi, inozemni javni zajmovi) — neće ovom prilikom, zbog ograničenosti prostora, biti šire elaborirani.⁷

Temeljni okvir, a i obveza udruživanja rada i sredstava regulirani su članom 34. Ustava SFR Jugoslavije. »Svoj rad i sredstva društvene reprodukcije u osnovnim organizacija udruženog rada radnici slobodno udružuju u radnim organizacijama i drugim oblicima udruživanja rada i sredstava radi povećanja dohotka osnovnih organizacija udruženog rada, unapređenja i razvijanja vlastitog i zajedničkog rada i poslovanja i podizanja proizvodnosti ukupnog udruženog rada. Međusobna prava, obveze i odgovornosti u različitim oblicima udruživanja rada i sredstava radnici u osnovnim organizacijama udruženog rada uređuju samoupravnim sporazumima u skladu sa zakonom, osiguravajući u cjelini tih odnosa ustavom zajamčena prava radnika.«

No, prilikom donošenja samoupravnih sporazuma o udruživanju dijela sredstava društvene reprodukcije radi financiranja proširene reprodukcije privredne infrastrukture postavljaju se najmanje tri pitanja koja treba na adekvatan način razriješiti:

- Prvo, kakvu ulogu i značaj trebaju imati udružena sredstva društvene reprodukcije u financiranju razvoja privredne infrastrukture?
- Drugo, na temelju kojih kriterija, odnosno na temelju koje osnove korisnici društvenih sredstava trebaju udruživati dio sredstava svoje društvene reprodukcije?
- Treće, koji je osnovni motiv tog udruživanja, a time i kakav karakter trebaju imati ta udružena sredstva?

Ustavni tretman institucije udruživanja rada i sredstava putem samoupravnog sporazumijevanja i društvenog dogovaranja svakako pruža mogućnost da udruženi rad postane dominantnim faktorom financiranja investicija. Dosadašnja praksa formiranja sredstava za financiranje proširene reprodukcije putem potpisanih samoupravnih sporazuma neosporno je pokazala da takav način prikupljanja sredstava ne odražava samo institucionalnu logiku funkcioniranja cjelokupnog privrednog sistema nego sa svoje strane odražava i ekonomsku logiku, tj. povezanost razvoja infrastrukturnih i direktno proizvodnih kapaciteta u privredi.

Budući da su djelatnosti privredne infrastrukture investiciono vrlo intenzivne, a u pravilu su, zbog politike cijena njihovih proizvoda i usluga, niskoakumulativne, problem financiranja njihovog razvoja, a time i skladnost cjelokupnog privrednog razvoja bit će vrlo

teško ostvariti bez mehanizma samoupravnog sporazumijevanja i društvenog dogovaranja koji će mobilizirati i usmjeravati sredstva društvene reprodukcije u te djelatnosti. Budući da se, prema tome, potrebna proširena reprodukcija u ovim oblastima ne može osigurati iz dohotka organizacija privredne infrastrukture, a trajno i besprijekorno funkcioniranje ovih djelatnosti neophodan je preduvjet proizvodnje, rada i života svih ljudi, uključivanje potrošača i korisnika, kao direktno zainteresiranih činilaca u razvoj organizacija privredne infrastrukture, javlja se kao relevantna činjenica bez koje nije moguće ostvariti potrebni tempo razvoja ovih djelatnosti. Pri tome potrošači i korisnici trebaju udruživati i određeni kvantum sredstava, i zajedno s radnicima u organizacijama privredne infrastrukture utvrđivati i usmjeravati njihov razvoj.

Drugi važan problem koji zahtijeva adekvatno rješenje odnosi se na izbor osnove za udruživanje tih sredstava. Naime, osnovni prigovor koji se je pojavljivao u javnoj raspravi odnosio se na izbor osnove koja služi za ovo udruživanje. Taj se prigovor zasnivao na tome da udruživanje ovih sredstava na temelju ostvarenog dohotka nije u potpunoj korelaciji s troškovima koje izaziva razvoj pojedinih potrošača u razvoju tih djelatnosti.

Sigurno je da nije ni moguće pronaći kriterije na kojima bi se udruživala sredstva društvene reprodukcije za razvoj privredne infrastrukture, a koji bi bili u potpunoj korelaciji s troškovima što ih izazivaju pojedini potrošači proizvoda i usluga tih djelatnosti. Ako se putem sistema financiranja proširene reprodukcije žele provoditi i određeni elementi socijalne i šire ekonomske politike, onda takve kriterije nije ni potrebno pronalaziti. U tom slučaju sistem financiranja proširene reprodukcije privredne infrastrukture treba istovremeno biti zasnovan i na troškovnom, ali i na principu solidarnosti. Udruživanjem sredstava društvene reprodukcije za razvoj privredne infrastrukture u određenom postotku od ostvarenog dohotka postižu se određeni redistributivni efekti, ali istovremeno i korigiraju defekti koji su uspostavljeni neadekvatnim odnosima u primarnoj raspodjeli kroz politiku cijena.

Iako se veličina obveza za udruživanjem utvrđuje na temelju ostvarenog dohotka, samo udruživanje tih sredstava vrši se na teret sredstava poslovnog fonda ili sredstava slobodnog dijela amortizacije. To znači da organizacije udruženog rada koje su prema propisanim sporazumima odnosno prema donesenom zakonu obveznici udruživanja udružuju ta sredstva na teret vlastitih sredstava namijenjenih proširenju materijalne osnove svojeg rada.

Organizacije udruženog rada koje su potpisale samoupravne sporazume, odnosno organizacije udruženog rada koje obvezno udružuju dio sredstava društvene reprodukcije za razvoj krupne primarne infrastrukture na osnovi zakona izdvajati će u planskom razdoblju od 1986. do 1990. godine iz svog dohotka za potrebe razvoja

⁷ Vidi: J. Šimović, *Financiranje infrastrukture*, Ekonomski institut, Zagreb, 1985.

— elektroprivredne infrastrukture	0,552 %
— cestovne infrastrukture	0,500 %
— željezničke infrastrukture	0,900 %
— vodoprivredne infrastrukture	0,500 %

od ostvarenog dohotka.

Kroz ove stope udruživanje sredstava društvene reprodukcije osiguralo bi se 100 % potrebnih sredstava za financiranje razvoja vodoprivredne infrastrukture, 45,7 % sredstava za financiranje razvoja željezničke infrastrukture, te 15,7 % odnosno samo 6,1 % potrebnih sredstava za financiranje razvoja cestovne odnosno elektroprivredne infrastrukture. No pri tome odmah treba napomenuti da u slučaju financiranja razvoja elektroprivredne i cestovne infrastrukture postoji još niz drugih instrumenata društvenog financiranja putem kojih se prikupljaju sredstva za financiranje njihova razvoja, pa i za financiranje njihova tekućeg poslovanja, kao što je to slučaj s cestovnom infrastrukturom.

Kao što pokazuju podaci o izvorima sredstava danih u tablici 1, za potrebe financiranja razvoja elektroprivredne infrastrukture potrebna sredstva se osiguravaju još putem ovih instrumenata društvenog financiranja:

- (1) udruživanjem sredstava na osnovi isplata za investicije
- (2) sredstvima doprinosa za potraženu električnu energiju,
- (3) sredstvima doprinosa za prvo angažiranje snage (novi potrošači), odnosno za povećano angažiranje snage (postojeći potrošači),
- (4) sredstvima reinvestiranja,
- (5) sredstvima inozemnih javnih zajmova.

Ako se sredstva svih izvora koji imaju karakter instrumenata društvenog financiranja u financiranju elektroprivredne infrastrukture promatraju zajedno, onda udio ovih instrumenata u financiranju elektroprivredne infrastrukture iznosi čak više od 66 %. Može se očekivati da će postotno učešće sredstava s naslova instrumenata društvenog financiranja biti veće, jer se u planu razvoja elektroprivrede računa i sa sredstvima ostatka dohotka sa oko 13 %. Zasad politikom cijena električne energije nisu osigurani preduvjeti da se ta sredstva i ostvare.

Ako se pak promatraju karakteristike instrumenata kojima se prikuplja ostali dio sredstava za razvoj cestovne infrastrukture, onda se slobodno može reći da se financiranje cestovne infrastrukture u 100 % iznosu temelji na izvorima koji imaju sve karakteristike društvenog financiranja (razni oblici naknada, te sredstva inozemnih javnih zajmova).⁸

Problem koji u pravilu izaziva najviše dileme pri udruživanju sredstava društvene reprodukcije odnosi se na pitanje karaktera ovih sredstava. Naime, pri tome se postavlja pitanje da li ta sredstva trebaju biti udružena:

- na principu zajedničkog ulaganja radi stjecanja zajedničkog dohotka
- na principu kreditnog odnosa ili
- na svojevrsnom obliku zajedničkog ulaganja radi trajne isporuke proizvoda i usluga.

Na udruživanje sredstava društvene reprodukcije putem samoupravnog sporazumijevanja u samoupravnim društveno-ekonomskim odnosima treba prije svega gledati kao na prošireno shvaćanje pojma samofinanciranja koji karakterizira specifičnost samoupravnih društveno-ekonomskih odnosa⁹, što isključuje mogućnost da to udruživanje bude temeljeno na kreditnim odnosima.¹⁰

Kreditni karakter udruženih sredstava društvene reprodukcije u proteklom razdoblju imao je i druge negativne posljedice. Budući da su ta sredstva investirana u osnovna sredstva čiji je rok amortizacije u pravilu preko trideset, pa čak do 100 godina, a ročnost povrata sredstava iznosila je u pravilu do 15 godina, to je nužno potenciralo problem prezaduženosti tih djelatnosti, a to je dovelo i do naglog i vrlo dinamičnog porasta cijena koštanja njihovih proizvoda i usluga. Udruživanje sredstava društvene reprodukcije na kreditnim osnovama, i u planskom razdoblju od 1986. do 1990. godine, kao što je to slučaj s udruživanjem onih sredstava za financiranje elektroprivredne i cestovne infrastrukture, još će više potencirati navedene negativne tendencije. Pa i uvođenje posebne naknade u cijeni goriva za vraćanje kreditnih sredstava kojima se vršilo financiranje cestovne infrastrukture u prethodnim razdobljima, kao i odgoda vraćanja udruženih sredstava za financiranje razvoja željezničke infrastrukture koja su udruživana do 31. ožujka 1986. na kreditnim osnovama,¹¹ već dovoljno ilustriraju problem prezaduženosti ovih djelatnosti.

Obveze po dugoročnim kreditima u elektroprivredi Hrvatske u razdoblju 1981 – 1985. godine iznose zbog

37/1985. (doprinos za pokriće manjka prihoda na jednostavnoj reprodukciji u željezničkom prometu u iznosu 1,51 % od ostvarenog dohotka), (3) »Zakon o osiguranju sredstava za sanaciju gubitaka elektroprivrednih organizacija« (»Narodne novine« broj 57/1983. i 55/1984), kojim se utvrđuje visina doprinosa za sanaciju ovih gubitaka. Visine doprinosa zavise od vrste djelatnosti i iznosile su u 1984. godini od 0,45 % za djelatnost izrade prehrambenih proizvoda do čak 5,77 % za djelatnost proizvodnje nafte i prirodnog plina.

⁹ Vidi: D. Vojnić, *Okvirni elementi i idejnoteoretske osnove razvoja sistema proširene društvene reprodukcije u samoupravljanju*, u knjizi: »Poslovne financije«, Fakultet za vanjsku trgovinu, Zagreb, 1975, strana 75.

¹⁰ U planskom razdoblju od 1976. do 1980. godine udružena sredstva društvene reprodukcije za financiranje razvoja elektroprivrede, željezničkog prometa i cestovne infrastrukture udruživana su na kreditnim osnovama (rok 15 godina uz kamatu od 4 %), dok su jedino udružena sredstva za financiranje razvoja vodoprivredne infrastrukture imala bespovratan karakter.

¹¹ Vidi: Samoupravni sporazum o udruživanju sredstava društvene reprodukcije u razdoblju od 1986. do 1990. godine s elementima osnova plana Samoupravne interesne zajednice željezničkog prometa u SR Hrvatskoj s obrazloženjem, »Delegatski vjesnik« broj 26. XI 1985, član 42.

⁸ Instrumenti društvenog financiranja prisutni su ne samo u financiranju proširene reprodukcije privredne infrastrukture nego također i u financiranju jednostavne reprodukcije. Dok se slobodno može reći da se instrumentima društvenog financiranja u cijelosti vrši i financiranje jednostavne reprodukcije cestovne i vodoprivredne infrastrukture, ti instrumenti su prisutni jednim dijelom i u financiranju jednostavne reprodukcije željezničke i elektroprivredne infrastrukture. Vidi o tome sljedeće propise: (1) »Samoupravni sporazum (odnosno zakon) o vodoprivrednom doprinosu za financiranje programa radova na redovnom održavanju vodoprivrednih zaštitnih objekata«, »Delegatski vjesnik« broj 321 od 24. XI 1985, (stopa izdvajanja 0,30 % od ostvarenog dohotka), (2) »Samoupravni sporazum o međusobnim potrebama i interesima korisnika i davalaca usluga u željezničkom prometu«, »Narodne novine« broj

toga 13413, a u cestovnoj infrastrukturi 12919 milijuna dinara.¹²

Udruživanje sredstava društvene reprodukcije putem samoupravnog sporazumijevanja za razvoj privredne infrastrukture vrši se svjesno i dugoročno na temelju usuglašenih planova budućeg razvoja. Sve to govori u prilog činjenici da bi udruživanje tih sredstava trebalo temeljiti na principu zajedničkog ulaganja, čime se povećava zainteresiranost potrošača za dugoročnim i efikasnim razvojem privredne infrastrukture kao preduvjetom vlastitog razvoja. Međutim, temeljni interes tog udruživanja ne bi mogao biti na dohodovnoj osnovi, jer su, kako je već rečeno, organizacije udruženog rada privredne infrastrukture, zbog politike cijena, u pravilu nisko akumulativne. Temeljni interes udruživanja tih sredstava svakako bi trebao biti u sigurnoj i kontinuiranoj isporuci proizvoda i usluga koje bi organizacije udruženog rada isporučivale svojim potrošačima.

Iako, formalno gledano, korisnici proizvoda i usluga privredne infrastrukture ova sredstva udružuju bespovratno, oni bi zauzvrat trebali dobiti sigurnu i kvalitetnu isporuku dobara i usluga privredne infrastrukture. Zbog toga se i ne bi moglo govoriti o čistom obliku bespovratnog udruživanja ovih sredstava, nego o specifičnom obliku zajedničkog ulaganja u kojem dolaze do izražaja i ekonomski interesi organizacija udruženog rada privredne infrastrukture, ali i ekonomski interesi korisnika njihovih proizvoda i usluga. Udruživanje tih sredstava ne bespovratnoj osnovi sigurno bi imalo za posljedicu da bi cijene proizvoda i usluga organizacija udruženog rada privredne infrastrukture bile niže, a i stabilnije, što bi utjecalo na povećanje konkurentne sposobnosti domaćih proizvođača na inozemnom tržištu.

No, unatoč činjenici da je dosadašnja praksa prikupljanja sredstava za financiranje privredne infrastrukture putem samoupravnog sporazumijevanja i društvenog dogovaranja pokazala da takav način prikupljanja sredstava odražava ne samo institucionalnu logiku funkcioniranja cjelokupnog privrednog sistema nego i ekonomsku logiku povezanog razvoja infrastrukturnih i direktno proizvodnih kapaciteta u privredi, mnoge organizacije udruženog rada nisu prihvatile ove oblike udruživanja sredstava.

U pravilu, to se je prije svega odnosilo na one organizacije udruženog rada koje su imale natprosječni položaj u sistemu proširene reprodukcije. »Naime, one organizacije udruženog rada koje imaju bolji i da tako kažemo iznatprosječni i »iznatparitetni« položaj u sistemu društvene reprodukcije ne žele udruživati rad i sredstva s onim organizacijama udruženog rada s kojima su (kao svojim poslovnim partnerima) dohodovno i tehnološki međuovisne, ali koje imaju lošiji ispotprosječni i »ispodraritetni« položaj i u sistemu akumulacije i u sistemu stjecanja i raspodjele

dohotka.«¹³ Ako je takvo ponašanje organizacija udruženog rada, motivirano prije svega svojim kratkoročnim ciljevima i interesima, postalo redovna pojava, i ako se, s druge strane, kroz razvoj privredne infrastrukture trebaju i moraju u prvom redu reproducirati, zbog njenih tehničkih, ekonomskih i institucionalnih obilježja, te posebne uloge u društveno-ekonomskom razvoju, interesi na drugi rok i interesi na makroplanu, onda se s pravom može postaviti i pitanje koliko instituti slobodne razmjene rada i samoupravnih interesnih zajednica mogu biti, gledano u cjelini, efikasna zamjena državnoj intervenciji u ovoj oblasti.

U ovoj činjenici, kao i činjenici da su uvijek i do sada organizacije udruženog rada koje nisu zaključile samoupravne sporazume o zajedničkim osnovama razvoja privredne infrastrukture obvezno udruživale sredstva društvene reprodukcije na osnovi zakona, kao i prisutne poteškoće s kojima se suočava društvo u ukupnom razvoju, treba svakako tražiti glavne uzroke zbog čega je samo oko pet posto organizacija udruženog rada prihvatilo samoupravne sporazume o zajedničkim osnovama razvoja privredne infrastrukture za plansko razdoblje 1986–1990. godine. Budući da su rokovi u kojima su ovi sporazumi trebali biti razmatrani i usvojeni već prošli, a početak realizacije zacrtanih programa razvoja privredne infrastrukture nije mogao, bez daljnjih negativnih posljedica, kasniti, predlagači zakona su smatrali da su već time ispunjene pretpostavke za njegovo donošenje.

4. ZAKLJUČAK

Nesporo je da tehnoekonomske i monopolne karakteristike, te obilježja privredne infrastrukture kao javne službe, kao i njezin posebni značaj u društveno-ekonomskom razvoju zahtijevaju mjere ekonomske politike koje će u sklopu općih privrednih mjera biti prilagođene za ove oblasti. Nesporo je također da kapitalna intenzivnost privredne infrastrukture, te velika financijska sredstva koja permanentno zahtijeva njen razvoj, kao i postojanje brojnih eksternih efekata, zahtijevaju aktivniju ulogu društveno-političkih zajednica u koncipiranju tog razvoja. Isto tako, razloge za aktivnijom ulogom društveno-političkih zajednica treba tražiti i u međuzavisnosti razvojnog i stabilizacijske politike. Isticanje te međuzavisnosti posebno je značajno jer je njezino zanemarivanje u dosadašnjem razvoju izazivalo poremećaje koji su ometali skladan privredni razvoj.

Ako se tome doda i činjenica da društveno-političke zajednice preko oblasti privredne infrastrukture provode i određene Socijalno-političke i privredno-političke ciljeve, onda se s pravom može postaviti pitanje u kojoj mjeri u tim uvjetima i instrumentarij udru-

¹² Vidi: J. Šimović, *Analiza sistema financiranja proširene reprodukcije u elektroprivredi Hrvatske s prijedlogom izmjena i dopuna*, Institut za elektroprivredu, Zagreb, 1981, i »Izveštaj o realizaciji razvoja magistralnih cesta u SR Hrvatskoj u razdoblju 1976–1980. godine«, Samoupravna interesna zajednica za ceste Hrvatske, Zagreb, 1981.

¹³ Vidi: D. Vojnić, *Neki aspekti problema analize i ocjene postojećih odnosa u sistemu proširene društvene reprodukcije*, u knjizi: »Samoupravni sistem proširene reprodukcije u Socijalističkoj Jugoslaviji«, časopis »Ekonomska preglad«, Zagreb, 1980, strana 30.

živanja sredstava društvene reprodukcije, kao i sistem financiranja reprodukcije privredne infrastrukture u cjelini, može biti izvan određenih nadležnosti društveno-političkih zajednica i njezinih organa. S tog stajališta može se postaviti i pitanje da li su u konceptu sistema financiranja privredne infrastrukture što ga razvijamo kompetencije adekvatno raspoređene i da li su stvoreni preduvjeti da on harmonično funkcionira kako s aspekta njegove racionalnosti, tako i s aspekta njegove ažurnosti. Dosadašnja praksa čestog »uskakanja« društveno-političkih zajednica u funkcioniranje tog koncepta svakako ukazuje na određene nekonzistentnosti u samom sistemu, što zahtijeva da se cjelokupni koncept sistema financiranja privredne infrastrukture s tih, pa i drugih aspekata i sadržaja pomno analizira i dogradi.

ROLLE UND BEDEUTUNG DER VEREINTEN MITTEL DER GESELLSCHAFTLICHEN REPRODUKTION IM FINANZIEREN DER ENTWICKLUNG DER WIRTSCHAFTLICHEN INFRASTRUKTUR

Das heutige Finanzierungssystem der erweiterten Reproduktion der wirtschaftlichen Infrastruktur wird in unserem Land in zwei Gruppen geteilt, nach vielen Merkmalen verschiedener Quellen. Die erste bezieht sich auf einen Teil der Mittel die im Rahmen der allgemeinen Sicherung der materiellen Arbeitsbasis der Organisationen der wirtschaftlichen Infrastruktur entstehen. (Richtlinien des wirtschaftlichen Finanzierens)., während die zweite Gruppe der Mittel aus verschiedenen Formen mittels selbstverwaltender Übereinstimmungen durch die selbstverwaltenden Interessengemeinschaften (Richtlinien des gesellschaftlichen Finanzierens) entstehen.

Unter den Quellen der Mittel die den Charakter des gesellschaftlichen Finanzierens haben, ist das Instrumentarium der Vereinigung der Mittel der gesellschaftlichen Reproduktion am wichtigsten. In der Arbeit werden die institutionellen Grundlagen des Instrumentariums ausführlich behandelt, neben einer Reihe immer gegenwärtigen Dilemmas in Verbindung mit seinem Funktionieren.

РОЛЬ И ЗНАЧЕНИЕ ОБЪЕДИНЕННЫХ СРЕДСТВ ОБЩЕСТВЕННОГО ВОСПРОИЗВОДСТВА В ФИНАНСИРОВАНИИ РАЗВИТИЯ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

Современная система финансирования расширенного воспроизводства экономической инфраструктуры в нашей стране основывается на двух группах источников, отличающихся по многим признакам. Первая — относится к части средств, осуществляющихся в рамках общего обеспечения материальной основы труда организаций экономической инфраструктуры (ход делового финансирования), а вторую группу средств составляют различные формы сбора средств самоуправляемым согласованием, путем самоуправляемых заинтересованных коллективов (ход общественного финансирования). Среди источников средств, носящих характер общественного финансирования, важнейшее место несомненно принадлежит инструментарию объединения средств общественного воспроизводства. В работе дан широкий обзор его институциональной основы, а также на ряд постоянно наличествующих дилем, связанных с его функционированием.

A FUNCTION AND MEANING OF UNITED FUNDS OF NATIONAL REPRODUCTION IN FINANCING DEVELOPMENT OF ECONOMY INFRASTRUCTURE

Now-a day financing system of extended reproduction economy infrastructure in our country is based on two groups in many aspects different origins. First one is related to funds of material production of organizations of economy infrastructure, (flows of bussines financing) and the other is related to funds collected on base of selfmanagement agreements by way of selfmanagement interset unites (flows of state financing). Among funds with character of state financing, the most important instrument is union of national reproduction funds. In the article is given a broad review of its institutional base as well as actual questions of function.

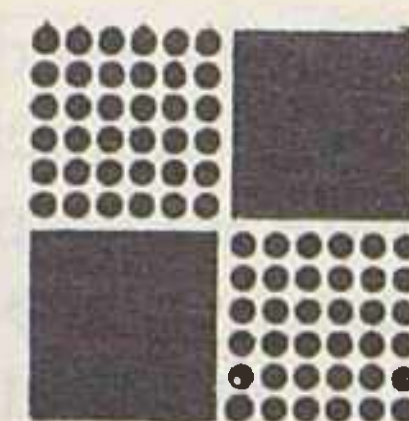
Naslov pisca:

**Doc. dr Jure Šimović, dipl. ecc.
Pravni fakultet Zagreb,
41000 Zagreb, Ćirilo-Method-
ska 4, Jugoslavija**

Uredništvo primilo rukopis
1986 – 03 – 31

SOUR
monting
ZAGREB n.sol.o.

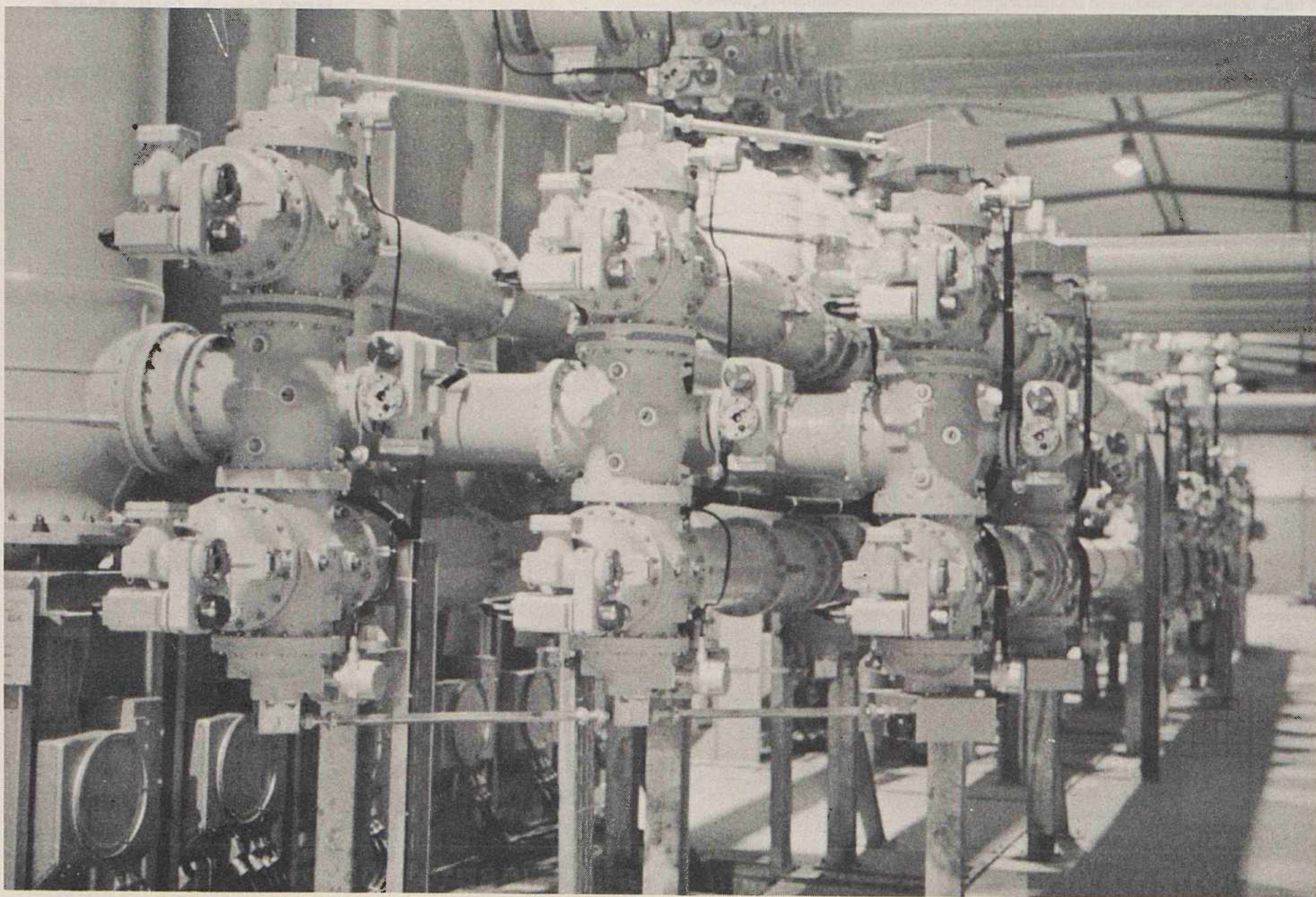
RO
MONTMONTAŽA



Radna organizacija za montažu industrijskih postrojenja
OOOR za elektromontažne radove

ZAGREB ● Dimitrovljeva 2-6

- montaža i remont visoko i niskonaponskih postrojenja i razvodnih mreža
- montaža i remont kompletnih elektromotornih razvoda, rasklopnih postrojenja, instalacije rasvjete i uzemljenja
- montaža i remont uređaja, opreme i instalacija za automatiku, mjerenje, regulaciju
- kontrola i izrada tehničke dokumentacije za navedene djelatnosti
Radove izvodi u zemlji i inozemstvu



TS JALO

ANALIZA KRITERIJA S OBZIROM NA ONEČIŠĆENJE ZRAKA U SKLOPU IZBORA LOKACIJE ZA TOPLANU NA UGLJEN U PODRUČJU ZAGREBA

mr Niko Malbaša, Zagreb

UDK 621.311.22:628.511

ORIGINALNI ZNANSTVENI RAD

Na primjeru lokacije za termoelektranu – toplanu na ugljen analiziran je utjecaj na čistoću zraka i dan prijedlog kriterija po kojim se može odrediti dozvoljeni doprinos svakog onečišćivača zraka. Pri tome se pošlo od osnovne pretpostavke da svaki onečišćivač zraka može participirati u ukupnom onečišćenju najviše do iznosa koji je proporcionalan njegovu učešću u energetskej opskrbi.

Ključne riječi: toplane na ugljen, izbor lokacije, onečišćenje zraka

1. UVOD

Smjernice dugoročnog razvitka energetike Zagreba dane u (1) i usvojene u Skupštini grada Zagreba u prosincu 1983. godine, ističu, između ostalog, potrebu promjene strukture korištenih oblika energije izgradnjom dijela kapaciteta centraliziranog toplinskog sistema na ugljen kao osnovno gorivo. Smatra se da predložena orijentacija na korištenje ugljena predstavlja ključnu odluku jer osigurava efikasnost buduće energetske opskrbe s gledišta skladnog razvitka cjelokupne opskrbe energijom, kao i s obzirom na potrebnu elastičnost u prilagodbi mogućim poremećajima u budućnosti.

Otuda i ideja o novom toplanskom bloku električne snage do 300 MW na ugljen, što je u prvom koraku rezultiralo potrebom da se za takav blok nađe adekvatna lokacija jer je izgledalo da postojeća lokacija TE-TO Zagreb na Žitnjaku ne može osigurati dovoljan prostor, a osim toga predviđali su se i problemi vezani za onečišćenje zraka proizvodima izgaranja ugljena.

U studiji izbora lokacije (2) analizirano je dvadesetak potencijalnih lokacija u širem području Zagreba, od kojih su u I fazi odabrane četiri preliminarne mikrolokacije:

- Mikrolokacija br. 1 (Savica – Šanci; 5071,7 N; 5579,7 E) neposredno sjeveroistočno od postojeće TE-TO Zagreb
- Mikrolokacija br. 3 (Resnik; 5074,6 N; 5585,3 E) sjeverno od auto-ceste Zagreb – Beograd kod sela Resnika
- Mikrolokacija br. 10 (Okunščak; 5068,6 N; 5594,2 E) uz lijevi nasip Save između sela Okunščaka i Savskog Narta
- Mikrolokacija br. 12 (Bukovska Sop; 5066,6 N; 5594,7 E) uz desnu obalu Save nasuprot Rugvice.

Na tim mikrolokacijama obavljena su terenska istraživanja ograničenja opsega i nakon toga su one vrednovane po svim značajnim parametrima. Te su analize pokazale da na izbor preferentne mikrolokacije posebno utječu troškovi infrastrukturnih objekata (parovod, vrelovod, priključak na elektroenergetsku mrežu, pristupna cesta, željeznička pruga, rashladni sustav) s jedne strane, a s druge strane postoje značajne razlike među njima s obzirom na utjecaj na čistoću zraka u Zagrebu. Pri tome se pojavio najteži, a istovremeno u praksi i najčešći slučaj za donošenje odluke, naime da su neke lokacije kvalitetnije po parametrima koji opisuju utjecaj elektrane na okolinu, a druge lokacije su kvalitetnije po parametrima koji izravno utječu na cijenu objekta odnosno na troškove opskrbe energijom. U takvim slučajevima prije donošenja odluke potrebno je odgovoriti na pitanje ovog tipa: Kolika je društveno opravdana protuvrijednost jediničnog utjecaja na okolinu? Ako je utjecajni parametar npr. imisija SO₂ osnovno pitanje, može se konkretizirati: Koliko je određena društvena zajednica spremna platiti za jedinično sniženje imisije SO₂?

Odgovor na takva pitanja zahtijeva provedbu tzv. »cost-benefit« analize odnosno postupak optimiranja utjecaja na okolinu. Pojednostavljenje tog postupka vodi u načelu do sljedećih pristupa:

- a) Ignorira se utjecaj na okolinu i bira se ekonomski najpovoljnija varijanta.
- b) Ustanovi se određena granična veličina utjecaja na okolinu, pa je optimalna varijanta ona koja je ekonomski najpovoljnija u okviru danih ekoloških ograničenja.
- c) Ustanovi se prag rentabilnosti objekta, pa je optimalna varijanta ona s najmanjim negativnim utjecajem na okolinu.
- d) Ignorira se cijena energije i bira se varijanta s najmanjim negativnim utjecajem na okolinu.

Izbor pristupa ovisi velikim dijelom o ekonomskoj snazi društva i njegovoj ekološkoj svijesti. Pristup pod d) predstavlja poželjan cilj, ali koji će se i u najbogatijim zemljama moći realizirati tek u daljoj budućnosti.

Pristup pod a) je karakterističan za zemlje u početnim fazama industrijalizacije.

Pristupi b) i c) su racionalni za većinu zemalja. Pri tome je alternativa b) primjerena područjima sa značajnijom industrijalizacijom i urbanizacijom, a pristup c) je primjeren ekološki vrednijim i osjetljivijim područjima, te područjima za rekreaciju, posebnim područjima zaštite prirode i sl.

U izboru lokacije za toplanski blok na ugljen u području Zagreba korišten je pristup b), a s tim u vezi osnovno pitanje je sljedeće: Koliko smije blok na ugljen doprinijeti onečišćenju zraka u Zagrebu, drugim riječima koji su kriteriji prihvatljivosti toplanskog bloka na ugljen u području Zagreba s obzirom na zaštitu zraka od onečišćenja proizvodima izgaranja?

U nastavku se daju osnove za odgovor na navedena pitanja postavljanjem adekvatnih kriterija temeljenih na osnovnim smjernicama zaštite zraka, kao i primjena tih kriterija na konkretnom primjeru.

2. OGRANIČENJA U REGULATIVI I POSTOJEĆI KRITERIJI ČISTOĆE ZRAKA

U SR Hrvatskoj nema posebnih pravilnika koji reguliraju granične vrijednosti onečišćenja zraka proizvodima izgaranja.

Za grad Zagreb postoji Odluka o zaštiti zraka od onečišćenja objavljena u Službenom glasniku grada Zagreba br. 21/1978, kojom se »određuju mjere za zaštitu zraka od onečišćenja i za otklanjanje uzroka štetnog djelovanja nečistog zraka na zdravlje i život stanovnika, okolinu, društvenu i osobnu imovinu«.

Od konkretnih smjernica iz ovog dokumenta najznačajnija je sljedeća:

»Na području grada može se kao gorivo upotrebljavati ugljen, koks i bezdimno gorivo s manje od 26 grama sumpora na 42 MJ (cca 10 000 kcal), preračunato iz donje ogrjevne vrijednosti na zraku sušenog goriva ... « (čl. 18).

Osim te odluke neformalno se koriste kao princip Granične vrijednosti onečišćenja zraka usvojene na XII sjednici Savjeta za čovjekovu sredinu i prostorno uređenje SIV-a održanoj 5. 10. 1979. Taj dokument definira tzv. stroge granične vrijednosti zagađenosti (SGVZ) i granične vrijednosti zagađenosti (GVZ) za različito trajanje uzimanja uzorka. GVZ su primjerene urbanim sredinama, »to su vrijednosti kod kojih se, prema dosadašnjim saznanjima ne pojavljuje akutno štetno djelovanje na ljude«, i one iznose za 24-satno trajanje uzimanja uzorka:

— za sumporni dioksid (SO ₂)	
aritmetička sredina	0,110 mg/m ³
95. percentil	0,300 mg/m ³

— za dim	
aritmetička sredina	0,060 mg/m ³
95. percentil	0,160 mg/m ³
— za lebdeće čestice	
aritmetička sredina	0,110 mg/m ³
95. percentil	0,300 mg/m ³

Osim toga, precizira se sljedeće:

»Za slučaj kada se stanje kvalitete zraka ocjenjuje prije numeričke obrade ili kada se kontrola kvalitete zraka vrši ograničenim brojem mjerenja u periodu najvećeg onečišćenja, kvaliteta zraka je ugrožena ako pojedinačne vrijednosti onečišćenja, barem na dvije mjerne stanice koje su na udaljenosti 4 km prekorači samo jedan dan u godini sljedeće iznose:

— SO ₂	0,650 mg/m ³ kao prosjek dana
— dim	0,350 mg/m ³ kao prosjek dana
— lebdeće čestice	0,650 mg/m ³ kao prosjek dana«.

Navedeni kriteriji imaju niz nedostataka. Kriterij iz Službenog glasnika grada Zagreba strogo je deterministički, ograničava emisiju, a ne imisiju, i u praktičkoj upotrebi, bez dodatnih je objašnjenja kojih nema u spomenutom dokumentu, destimulativan i neprikladan. Naime, u samoj Odluci u čl. 14. navodi se između ostalog da se onečišćenje zraka otklanja i smanjuje »1. lociranjem objekata i uređaja ... « dakle, bolje reći onečišćenje zraka treba da ima utjecaj na izbor lokacije. Spomenuta odluka, međutim, eliminira sve onečišćivače s emisijom iznad propisane, bez obzira na njihovu lokaciju i ostale parametre o kojima ovisi imisija SO₂ ili drugih emitiranih tvari u području od interesa.

S druge strane, kriterij koji bi uzeo u obzir samo granične vrijednosti onečišćenja bio bi preblag jer ne bi ostavio mjesta za buduće energetske i druge kapacitete koji utječu na kvalitetu zraka, a ne mogu se izbjeći.

Kriteriji koji se ovdje predlažu mnogo su kompleksniji, ali i fleksibilniji, a osim toga stimuliraju sami po sebi korištenje većine pozitivnih smjernica vezano uz onečišćenje zraka, ali ne eliminirajući pri tome apriori korištenje ni jednog energetskog oblika.

Naime, osnovna pretpostavka pri formuliranju kriterija je sljedeća: Svaki novi energetski kapacitet* smije doprinositi onečišćenju zraka samo određeni dio od ukupno dozvoljenog onečišćenja.

Taj dio je proporcionalan s kvocijentom između dijela energetskih potreba koje se zadovoljavaju iz tog postrojenja i ukupnih energetskih potreba grada odnosno dijela grada koji se promatra. Drugim riječima, ima pravo da više participira u onečišćenju zraka ono postrojenje koje više doprinosi energetskoj opskrbi. Naravno, to ne znači da dotično postrojenje mora participirati u onečišćenju zraka u jednakom postotku s kojim sudjeluje u toplinskoj opskrbi, nego je to samo gornja granica.

Ako se usvoji pretpostavka da dio *e* od cjelokupne imisije SO₂ potječe iz energetskih izvora gdje su uk-

* U okviru ovog rada od interesa su kapaciteti za opskrbu energijom, ali se princip može primijeniti na onečišćivače zraka bilo kojeg tipa.

ljučena velika i mala ložišta, kućne i industrijske kotlovnice, te individualna ložišta različite svrhe i namjene (ostatak $(1 - e)$ imisije SO_2 dolazi od prometa), da je η efikasnost pretvorbe energije i da tako razvijena korisna energija može u Zagrebu maksimalno iznositi E (MJ/god), onda tako koncipiranoj maksimalnoj potrošnji odgovara dozvoljeni doprinos imisija od svakog novog ložišta kako slijedi:

$$DDI = \frac{G \cdot H_d \cdot GVZ \cdot e \cdot \eta}{E} = GVZ \cdot F,$$

gdje je:

F — faktor udjela novog ložišta u energets-koj opskrbi grada

DDI — godišnji dozvoljeni doprinos imisiji od novog ložišta

G — prosječna godišnja potrošnja goriva (kg/god)

H_d — prosječna donja ogrjevna vrijednost goriva (MJ/kg)

GVZ — granična vrijednost onečišćenja.

Budući da je $GVZ = 110 \mu\text{g}/\text{m}^3$ za srednju god. vrijednost

$GVZ = 300 \mu\text{g}/\text{m}^3$ za 95. percentil, te

$GVZ = 650 \mu\text{g}/\text{m}^3$ za maksimalnu dnevnu vrijednost

slijedi:

$$DDI_{sr} = 110 \frac{G \cdot H_d \cdot e \cdot \eta}{E} \quad (\mu\text{g}/\text{m}^3)$$

$$DDI_{95} = 300 \frac{G \cdot H_d \cdot e \cdot \eta}{E} \quad (\mu\text{g}/\text{m}^3)$$

$$DDI_{max} = 650 \frac{G \cdot H_d \cdot e \cdot \eta}{E} \quad (\mu\text{g}/\text{m}^3)$$

Ako se raspolaze podacima mjerenja, može se kao osnova uzeti stvarno izmjerena vrijednost, C , odnosno njena aritmetička sredina C_{sr} , 95. percentil C_{95} ili maksimalna vrijednost C_M . U tom slučaju dozvoljene vrijednosti DDI također predstavljaju srednji dozvoljeni doprinos na mjernim mjestima, a ne maksimalno dozvoljeni doprinos na bilo kojem mjestu. Dakle,

$$DDI_{sr} = C_{sr} \frac{G \cdot H_d \cdot e \cdot \eta}{E} = C_{sr} \cdot F$$

$$DDI_{95} = C_{95} \frac{G \cdot H_d \cdot e \cdot \eta}{E} = C_{95} \cdot F$$

$$DDI_{max} = C_M \frac{G \cdot H_d \cdot e \cdot \eta}{E} = C_M \cdot F$$

Budući da u području Zagreba postoje mjereni podaci, mogu se koristiti i ovi posljednji izrazi za određivanje dozvoljenih vrijednosti imisije od bloka 300 MW na ugljen.

Provedenim bilancama u elektroenergetskom i toplinskom sistemu utvrđena je proizvodnja električne energije i topline bloka 300 MW na ugljen, a to je jednako produktu $G \cdot H_d \cdot \eta$ i iznosi prosječno godišnje u periodu 1990–2000. god. 5 940 TJ, pri čemu nije uključena proizvedena električna energija. Polazi se, naime, od pretpostavke da je proizvodnju električne energije za potrebe Zagreba moguće realizirati i na

drugom mjestu, te da se na osnovi toga ne može izvlačiti nikakvo »pravo« na onečišćenje zraka.

Stupanj iskorištenja primarne energije iznosi za proizvodnju ogrjevnje topline i industrijske pare $\eta = 0,88$, veličine C_{sr} , C_{95} i C_M dobivene su mjerenjem srednjih dnevnih vrijednosti (izabrane su zbog kvalitetnih podataka godine 1979. i 1981., usp. t. 4), pa ostaje da se odrede vrijednosti e i E .

Sumporni dioksid, SO_2 , javlja se u području Zagreba gotovo isključivo kao proizvod izgaranja goriva koje sadrži određenu količinu izgorivog sumpora. Goriva koja sadrže izgorivi sumpor su u području Zagreba mrki ugljen ($\sim 1,5\%$ S), lignit ($\sim 1\%$ S), benzin ($0,05\%$ S), plinsko ulje ($0,6\%$ S), loživo ulje (3% S), koks ($0,8\%$ S), te industrijski gorivi otpad s nepoznatom količinom sumpora. Gornji energetske oblici su u 1979. i 1981. godine korišteni kako slijedi iz tabl. 1. (prema Ref. 3).

Tablica 1.

Energetski oblik	Ukupno		Promet	
	1979.	1981.	1979.	1981.
10^3 tona				
Mrki ugljen	183,1	213,1	—	—
Lignit	91,0	105,4	—	—
Benzin	133,9	127,2	132,1	125,6
Plinsko ulje	222,5	192,0	93,4	83,1
Loživo ulje	272,7	251,2	—	—
Koks	2,4	3,0	—	—

Prema pretpostavljenim sadržajima gorivog sumpora u gorivu ukupna emisija SO_2 iznosila je u 1979. godini 26 500 tona, a u 1981. godini 26 050 tona, dok od toga otpada na promet 1 250 tona u 1979. odnosno 1 123 tone u 1981. godini, pa je udio prometa u emisiji SO_2 bio u Zagrebu $4,7\%$ u 1979., odnosno $4,3\%$ u 1981. godini. Približno računato na promet otpada oko 5% , pa je u konkretnom slučaju $e = 0,95$.

Veličina E , dakle energija predana potrošačima za potrebe opće potrošnje i u industriji (bez električne energije), iznosila je (Ref. 3) u 1979. godini 41 709 TJ, a u 1981. god. 43 344 TJ. Budući da će blok raditi u periodu negdje između 1990. i 2020. godine, procijenjena veličina E na sredinu tog perioda, uz porast predane energije od 3% godišnje iznosi oko 80 000 TJ.

Za blok 300 MW na ugljen dobiva se, prema tome:

$$F = \frac{G \cdot H_d \cdot \eta}{E} = 0,07$$

Dakle, s obzirom na nivo onečišćenja zraka u Zagrebu sa SO_2 u 1979. god. i u 1981. god., participacija bloka 300 MW na ugljen u onečišćenju zraka sa SO_2 ne bi smjela s obzirom na njegovu energetske vrijednost za Zagreb prelaziti 7% od ukupne imisije. Tako izračunata veličina F , te iz nje derivirane vrijednosti dozvoljene participacije novog energetske izvora u ukupnoj imisiji SO_2 , uzimaju u obzir sljedeće:

a) Svaki novi energetske izvor može utjecati na onečišćenje zraka proporcionalno svojem udjelu u

energetskoj opskrbi, pri čemu se ne smiju prijeći limiti iz regulative

b) Po ovom kriteriju teško prolaze postrojenja koja namjeravaju koristiti gorivo s višim sadržajem sumpora od prosjeka u odnosu na ogrjevnu vrijednost ako ne pružaju druge pogodnosti kao npr.:

- 1) Imaju vrlo dobar stupanj pretvorbe energije
- 2) Smanjuju posebnim tehničkim rješenjima emisiju i/ili imisiju SO₂
- 3) U slučaju toplanskog bloka za kombiniranu proizvodnju topline i električne energije proizvedena električna energija ne računa se u energetsku opskrbu, ali se računa emisija i imisija zbog njene proizvodnje, pa se na taj način destimulira proizvodnja električne energije na području grada.

c) Navedeni kriteriji, nadalje, pretpostavljaju da se onečišćenje zraka u budućnosti po jedinici predane energije ne smije povećavati.

Očite su prednosti ovakvog pristupa nad bilo kakvim paušalno zadanim kriterijem, a koji ne vodi dovoljnu brigu o stvarnim i realno mogućim ciljevima. Ovakav pristup nudi niz mogućnosti prilagodbe postavljenim kriterijima kako putem izbora adekvatne lokacije, tako i usavršavanjem uređaja za izgaranje, izgradnjom adekvatnog dimnjaka i drugim tehničkim mjerama, a, naravno, i izborom vrste goriva.

3. PRIMJENA NA KONKRETNOM PRIMJERU ZAGREBA

3.1. Metoda određivanja imisije

Utjecaj na čistoću zraka termoelektrane (toplane) na kruto gorivo (ugljen) sastoji se od utjecaja emitiranog sumpornog dioksida (SO₂) i od utjecaja emitiranih lebdećih čestica. Oba aspekta utjecaja na čistoću zraka ovise naročito o sljedećem:

- snazi termoelektrane (toplane) odnosno potrošnji ugljena
- količini izgorivog sumpora u ugljenu, te kvaliteti ugljena
- količini emitiranih čestica u atmosferu
- meteorološkim karakteristikama atmosfere (vjetar, stabilnost, visina sloja miješanja i sl.)
- karakteristikama okolišnjeg terena s obzirom na naseljenost i korištenje zemljišta.

Postoji u svijetu velik broj razvijenih modela za računski stroj kojim se, uz različite pretpostvke, ocjenjuje karakter i veličina onečišćenja zraka proizvodima izgaranja. Naravno, izbor modela ovisi o raspoloživim podacima, o načinu ispuštanja efluenata i o karakteristikama okoline. Tako s gledišta raspoloživih podataka modeli mogu biti jednostavni i komplicirani, s gledišta karaktera ispuštanja efluenata mogu se odnositi na visoki ili niski dimnjak, na sistem više prizemnih ispusta, na kontinuirani linijski ili plošni izvor itd., a s gledišta okoline dijele se obično na modele za ravničarski, ruralni ambijent, za gradska po-

dručja, za šumska područja i brdovite predjele, za pustinjske predjele itd.

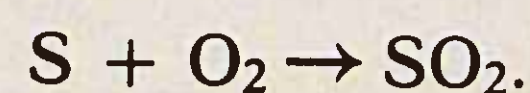
Za simuliranje onečišćenja zraka proizvodima izgaranja iz toplane 300 MW na ugljen vrlo je prikladan program CRSTER izrađen za simulaciju procesa atmosferske disperzije pri emisiji iz visokog dimnjaka. Program je izrađen u laboratoriju za meteorologiju američke agencije za zaštitu okoline (Environmental Protection Agency, EPA) i baziran je na modificiranoj verziji Gaussove jednadžbe dimne perjanice. Model pretpostavlja izvor s konstantnom emisijom onečišćenja, stacionarno stanje u smjeru perjanice i Gaussovu razdiobu koncentracija onečišćivača unutar perjanice u poprečnom i vertikalnom smjeru. Nadvišenje dimne perjanice računato je prema Briggsvoj jednadžbi za vruće plinove. Širenje onečišćivača određeno je nizom empiričkih koeficijenata disperzije ovisnih o stabilnosti atmosfere definiranoj po Pasquillu.

Program računa koncentracije za radijalnu mrežu od 180 receptorskih točaka. Mreža se sastoji od sječišta pet koncentričnih krugova proizvoljnog promjera sa središtem u izvoru te radijalnih pravaca koji prolaze kroz tu točku s međusobnim razmakom od 10 stupnjeva.

Osnovni vremenski korak u programu je 1 sat. Koncentracije se računaju za svaki sat za odabrane dane u jednoj godini (do 365 dana, odnosno 366 za prijestupnu godinu). Satne vrijednosti se uprosječuju za 3-satno, i 24-satno i godišnje razdoblje. Dodatno je moguće odabrati još jedan period uprosječivanja od 2, 4, 6, ili 12 sati. Pri tome 1-satni period znači period od 0 do 1 h, 1–2 h itd.; 12-satni period je 0–12 h i 12–24 h itd.

Program CRSTER primijenjen je na području Zagreba na svakoj od potencijalnih mikrolokacija uz pretpostavku visine dimnjaka od 200 metara, te za ugljen »Kamengrad« koji sadrži 22,35 % pepela i 2,74 % izgorivog sumpora i ima ogrjevnu vrijednost 13 000 kJ/kg.

Količina emitiranog sumpornog dioksida (SO₂) izračunata je iz podataka o sadržaju izgorivog sumpora i stehiometrijskog odnosa vezanog uz izgaranje sumpora u SO₂:



Atomska masa sumpora je 32, a kisika 16, pa proizlazi da je masa stvorenog SO₂ dvostruka od mase izgorivog sumpora.

Budući da se radi o ugljenu sa 13 000 kJ/kg, maksimalna satna potrošnja iznosi 197 000 kg/h (generator pare, 2 × 500 t/h), a budući da je sadržaj izgorivog sumpora u ugljenu 2,74 %, to je količina stvorenog SO₂ sljedeća:

$$SO_2 = 197\,000 \frac{\text{kg}}{\text{h}} \cdot \frac{2,74}{100} \cdot 2 = 10\,800 \text{ kg/h.}$$

Svođenje na realno vrijeme rada obaviti će se pri analizi rezultata obrade.

3.2. Rezultati analize i usporedba sa mjernim vrijednostima

Na području Zagreba mjeri se rutinski imisija SO₂ i čestica, u 1979. na 13 postaja i u 1981. na 15 postaja. Mjerenja obavlja Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada, Zagreb, a naručilac je Gradski komitet za zdravlje i socijalnu zaštitu, Zagreb. Svake godine daje se izvještaj, ali on ne obuhvaća kalendarsku godinu, nego razdoblje od 1. 4. tekuće do 31. 3. sljedeće godine. Zbog toga su podaci u tabl. 2. i tabl. 3. u stvari vrijednosti preračunate na kalendarsku godinu.

Vrijednost ovih podataka u okviru ovog rada jest u tome što se izmjereni podaci na pojedinim postajama mogu lako usporediti s izračunatim doprinosom bloka 300 MW na tom istom mjestu, te tako procijeniti njegov relativni doprinos onečišćenju zraka grada Zagreba.

U tabl. 2. i 3. dane su s jedne strane izmjerene vrijednosti SO₂ (bazirane na 24-satnom uzorku) na mjernim stanicama za 1979. i 1981. god. i po modelu CRSTER izračunat doprinos bloka 300 MW na tim istim mjestima za 1979. i za 1981. godinu. Godine 1979. i 1981. izabrane su jer je fond meteoroloških podataka u njima najkompletniji (kompletnost podataka u 1979. je 73 %, a u 1981. god. je 85 %) odnosno po mjesecima kako slijedi iz tabl. 1a.

Tablica 1a. Kompletnost meteoroloških podataka (%)

Mjesec	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.
1979.	55	71	74	67	71	77	52	81	83	77	80	90
1981.	94	75	97	97	97	90	87	87	73	81	83	65

Tablica 2. Izmjerene vrijednosti SO₂ na pojedinim stanicama, C_{sr}, C₉₅, C_{max} i proračunati doprinos bloka 300 MW na istim mjestima za 1979. god., µg/m³

Mjerno mjesto br.	Naziv	Mjereno			Izračunati doprinos bloka 300 MW na ugljen (µg/m ³)								
					Lokacija br. 1			Lokacija br. 3			Lokacija br. 10		
		C _{sr}	C ₉₅	C _{max}	C _{sr}	C ₉₅ **	C _{max}	C _{sr}	C ₉₅ **	C _{max}	C _{sr}	C ₉₅ **	C _{max}
1	Đorđićeva	90	280	566	0,94	20,5	34	0,56	9,0	14	0,47	14,8	23
2	Jurišićeva	94	310	742	0,84	16,3	27	0,56	9,0	14	0,47	14,8	23
3	Šubićeva – Vlaška	92	250	593	1,88	36,2	60	0,75	9,0	14	0,52	14,8	23
4	Demetrova	63	192	620	0,80	16,9	28	0,61	9,0	14	0,47	14,8	23
5	Branimirova	53*	160	299	1,03	23,5	39	1,41	18,0	28	0,52	27,1	42
6	I. L. Ribara	44	158	399	1,08	33,8	56	0,42	9,0	14	0,42	9,0	14
7	Radnička c.	58	164	398	2,81	63,4	105	2,58	35,9	56	0,52	14,8	23
8	Đ. Salaja	58	150	441	1,36	40,4	67	1,88	27,0	42	0,38	9,0	14
9	R. Končara	64	200	458	0,94	23,5	39	1,55	21,2	33	0,33	5,8	9
10	M. Pijade (IMI)	35	142	444	1,88	40,4	67	0,89	21,2	33	0,52	12,3	19
11	Remetinec	30	102	201	3,94	54,3	90	2,34	33,4	52	0,33	9,0	14
12	Susedgrad	50	166	312	0,70	9,1	15	0,23	9,0	14	0,28	5,2	8
13	Samobor	24	98	210	0,25	7,3	12	0,18	7,1	11	0,22	4,5	7
Prosjek		58,1	182	437	1,42	29,7	49	1,07	16,8	26	0,42	12,0	19

* Rezultati za period 1. 4. 1979. – 31. 3. 1980.
** Procjena

Može se zaključiti da je kompletnost podataka jednoliko raspoređena u toku godine, pa se rezultati mogu prihvatiti kao mjerodavni za cijelu godinu.

Primjenom kriterija iz t. 3. određene su dozvoljene vrijednosti imisije SO₂ jednom prema graničnim vrijednostima onečišćenja zraka, a drugi put prema izmjerenim vrijednostima. S tako dobivenim dozvoljenim vrijednostima uspoređeni su rezultati dobiveni modelom CRSTER, i to maksimalna vrijednost na bilo kojoj postaji (u komparaciji s kriterijem granične vrijednosti onečišćenja) i srednja vrijednost na svim postajama (u kombinaciji s izmjerenim vrijednostima). Rezultati su dani u tabl. 4. i tabl. 5. za lokacije br. 1, 3 i 10.

Iz tabl. 4. i 5. može se zaključiti sljedeće:

- 1) S gledišta srednjih dnevnih koncentracija sve tri razmatrane lokacije udovoljavaju i jednom i drugom kriteriju.
- 2) S gledišta maksimalnih vrijednosti imisije (C₉₅ i C_M) lokacija br. 1 (Žitnjak) ne zadovoljava ni jedan kriterij u obje razmatrane godine.
- 3) S gledišta maksimalnih vrijednosti lokacija br. 3 (Resnik) ne udovoljava kriteriju I, a kriteriju II udovoljava u slučaju C_M, a u slučaju C₉₅ udovoljava 1981, ali ne i 1979. Lokacija 10 udovoljava kriteriju I u 1981, ali ne i kriteriju II u slučaju C_M, dok u 1979. god. udovoljava II kriteriju, ali ne i I kriteriju za C₉₅.

Sažeto dani su rezultati u tabl. 6.

Konačni zaključak je da lokacija 1 i 3 ne mogu prihvatiti planiranu jedinicu 300 MW s predviđenim ugljenom kao gorivom. Lokacija 10 nalazi se u tom smislu na granici i vjerojatno bi se mogla prihvatiti uz nešto viši dimnjak od predviđenih 200 metara visine.

Tablica 3. Izmjerene vrijednosti SO₂ na pojedinim stanicama, C_{sr}, C₉₅, C_{max} i proračunati doprinos bloka 300 MW na istim mjestima za 1981. god., µg/m³

Mjerno mjesto br.	Naziv	Mjereno			Izračunati doprinos bloka 300 MW								
					Lokacija br. 1			Lokacija br. 3			Lokacija br. 10		
		C _{sr}	C ₉₅	C _{max}	C _{sr}	C ₉₅ *	C _{max}	C _{sr}	C ₉₅ *	C _{max}	C _{sr}	C ₉₅ *	C _{max}
1	Đorđićeva	79	223	442	0,38	12,4	28	0,47	5,2	14	0,42	11,5	33
2	Jurišićeva	86	307	595	0,28	10,1	23	0,47	5,2	14	0,56	11,5	33
3	Šubićeva	81	188	281	0,75	14,6	33	0,56	7,1	19	0,70	11,5	33
4	8. maja – Savska	59	170	265	0,66	20,7	47	0,42	5,2	14	0,52	9,8	28
5	Britanski trg	79	195	298	0,66	20,7	47	0,42	5,2	14	0,47	9,8	28
6	Demetrova	46	155	334	0,33	10,6	24	0,47	5,2	14	0,66	11,5	33
7	I. L. Ribara	44	158	243	0,94	35,3	80	0,33	5,2	14	0,47	8,0	23
8	R. Končara	87	195	387	0,66	30,9	70	1,69	12,3	33	0,28	6,6	19
9	Radnička c.	57	138	290	1,17	24,7	56	2,91	24,6	66	0,52	11,5	33
10	Đ. Salaja	66	175	346	1,13	53,8	122	2,11	15,7	42	0,28	8,0	23
11	M. Pijade (IMI)	27	110	226	1,22	20,7	47	0,89	20,9	56	0,61	8,0	23
12	Remetinec	56	135	296	5,20	43,3	98	3,19	19,4	52	0,23	3,1	9
13	Kustošija	86	225	377	0,94	33,1	75	0,33	5,2	14	0,47	8,0	23
14	Susedgrad	45	148	199	0,42	12,4	28	0,19	3,4	9	0,42	8,0	23
15	Samobor	42	107	158	0,20	10,2	23	0,15	3,0	8	0,12	2,8	8
Prosjek		62,6	175	315	1,00	23,6	53	0,97	9,5	26	0,45	8,6	31

* Procjena

Tablica 4. Kriterij granične vrijednosti onečišćenja (kriterij I)

Para- metar	Dozvo- ljeno	Lokacija br. 1		Lokacija br. 3.		Lokacija br. 10	
		1979.	1981.	1979.	1981.	1979.	1981.
C _{sr}	7,7	2,52	3,33	1,65	2,04	0,33	0,45
C ₉₅	21,0	63,4	53,8	35,0	24,6	27,1	11,5
C _M	45,5	105	122	56	66	42	33

Tablica 5. Kriterij izmjerenih vrijednosti (kriterij II)

Para- metar	Dozvo- ljeno	Lokacija br. 1		Lokacija br. 3.		Lokacija br. 10	
		1979.	1981.	1979.	1981.	1979.	1981.
C _{sr}	4,06	0,91	0,64	0,68	0,62	0,27	0,29
C ₉₅	12,74	29,7	23,6	16,8	9,5	12,0	8,6
C _M	30,59	49	53	26	26	19	31

Tablica 6. Rezultati udovoljavanja kriterijima I i II

Kriterij		Lokacija br. 1		Lokacija br. 2		Lokacija br. 10	
		1979.	1981.	1979.	1981.	1979.	1981.
I	C _{sr}	DA	DA	DA	DA	DA	DA
	C ₉₅	NE	NE	NE	NE	NE	DA
	C _M	NE	NE	NE	NE	DA	DA
II	C _{sr}	DA	DA	DA	DA	DA	DA
	C ₉₅	NE	NE	NE	DA	DA	DA
	C _M	NE	NE	DA	DA	DA	NE

3.3. Određivanje dozvoljene količine izgorivog sumpora u gorivu na pojedinim lokacijama

U t. 3.2. primjenom predloženih kriterija iz t. 2. pokazano je da predviđeni ugljen ne zadovoljava ili je na samoj granici prihvaćanja, i to na lokaciji br. 10 koja se čak nalazi izvan užeg područja grada Zagreba. Postavlja se pitanje koliko bi potencijalno gorivo za predviđeni blok 300 MW smjelo sadržavati izgorivog sumpora a da ipak bude prihvatljivo na analiziranim lokacijama.

Kvaliteta nekog goriva s obzirom na emisiju SO₂ može se prikazati u obliku faktora *K* koji je definiran kako slijedi:

$$K = 10^6 \cdot \frac{S}{H_d}$$

gdje je:

- S* (%) — sadržaj izgorivog sumpora u gorivu.
- H_d* (kJ/kg) — donja ogrjevna vrijednost goriva.

Ugljen »Kamengrad« pretpostavljen u ovoj studiji ima koeficijent *K* = 210. Energetski oblici koji se koriste u Zagrebu, a sadrže stanovite količine izgorivog sumpora imaju vrijednost *K* približno kako slijedi:

- mrki ugljen (*H_d* = 16 000 kJ/kg, *S* = 1,5) *K* = 94
- lignit (*H_d* = 13 000 kJ/kg, *S* = 1) *K* = 77
- benzin (*H_d* = 42 700 kJ/kg, *S* = 0,05) *K* = 1,2
- plinsko ulje (*H_d* = 41 900 kJ/kg, *S* = 0,6) *K* = 14,3
- ekstralako loživo ulje (*H_d* = 41 200, *S* = 1) *K* = 24,3

— srednje teško loživo ulje	$(H_d = 41\,200,$ $S = 2,5) \quad K = 24,3$
— teško loživo ulje	$(H_d = 41\,200,$ $S = 3,5) \quad K = 85$
— koks	$(H_d = 29\,000,$ $S = 0,8) \quad K = 27,6$
— kameni ugljen	$(\text{uvozni}, H_d = 27\,000,$ $S = 1) \quad K = 37$

Napravljena je analiza određivanja maksimalne vrijednosti koeficijenta K na razmatranim lokacijama pod pretpostavkom izgradnje i rada bloka 300 MW s istim karakteristikama. Dobiveni rezultati su:

- na lokaciji br. 1 (Žitnjak)
 $K_{\max} = 70$ (kriterij I)
 $K_{\max} = 90$ (kriterij II)
- na lokaciji br. 2 (Resnik)
 $K_{\max} = 123$ (kriterij I)
 $K_{\max} = 159$ (kriterij II)
- na lokaciji br. 10 (Okunščak)
 $K_{\max} = 163$ (kriterij I)
 $K_{\max} = 207$ (kriterij II).

Rezultati za lokaciju br. 12 (Bukevska Sop) slični su ili nešto bolji nego za lokaciju Okunščak, pa nisu posebno prikazani.

Usput, može se napomenuti da bi gorivo koje se propisuje u Službenom glasniku Zagreba 21/1978. imalo vrijednost K :

$$K = \frac{2,6}{42000} \cdot 10^6 = 61,9,$$

pa su ovdje primijenjeni kriteriji gotovo iste »strogo sti« ako se radi o lokaciji br. 1 koja je bliže samom centru grada, a blaži su ako se radi o udaljenijim lokacijama, što je i logično. Nužno je pritom napomenuti da je granična vrijednost K u ovoj studiji dobivena uz pretpostavku da postoji dimnjak visine 200 metara. Za niže izvore emisije dozvoljena vrijednost K bila bi bitno niža. Vidljivo je nadalje da prema kriteriju propisanom u Službenom glasniku mrki ugljen i lignit koji se troše u Zagrebu, i to pretežno s nižim visinama emisije, ne bi zadovoljili ni kad bi se koristili u toplani s mnogo višim dimnjakom (barem ako se radi o lokaciji br. 1), a ne zadovoljava ni teško loživo ulje, dok je srednje teško ulje na granici.

Nasuprot tome, EL loživo ulje ($K=24,3$) i uvozni ugljen sa 1 % sumpora ($K=37$) udovoljavaju bez problema svim kriterijima.

3.4. Utjecaj na čistoću zraka dima i lebdećih čestica emitiranih iz bloka na ugljen

Osim sumpornog dioksida, iz svake termoelektrane na ugljen emitira se i stanovita količina čestica. Ako je njihova veličina manja od $1-3 \mu\text{m}$ (ovisno o kriteriju), radi se o dimu, a inače ih svrstavamo u tzv. lebdeće čestice. Dim i lebdeće čestice nastaju od neizgorivih komponenata ugljene prašine. Jedan dio ($10-15\%$) tvori krupnije frakcije odnosno šljaku, a ostatak u struji dimnih plinova odlazi prema dimnjaku. Velik dio čestica zadrže moderni elektrostatički

otprašivači, pa tek mali ostatak biva izbačen iz dimnjaka u okolinu. Taj ostatak ovisi o efikasnosti otprašivača kroz radni vijek objekta, pa se kreće od manje od 5% kod objekata gdje se ovome poklanja veća pažnja, do 20% ako se radi o aljkavom odnosu prema održavanju ovih važnih elemenata zaštite okoline. Inače, otprašivači mogu nominalno postići efikasnost i od preko 99,5%, pa prihvatanje dugovremenske vrijednosti od 90% izgleda dovoljno konzervativno. Kroz otprašivače u atmosferu prolaze uglavnom frakcije od 1 do $70 \mu\text{m}$, pa se većim dijelom mogu tretirati kao lebdeće čestice, a tek manjim dijelom kao dim.

Prema kriterijima zaštite zraka lebdeće čestice se obično dozvoljavaju do razine kao i za slučaj sumpornog dioksida, kod nas za II kategoriju zraka $0,110 \text{ mg/m}^3$ za srednju dnevnu koncentraciju odnosno $0,300 \text{ mg/m}^3$ za 95. percentil.

U atmosferi Zagreba obično ih ima više nego sumpornog dioksida, pa se kritične granice premašuju mnogo češće nego ako se radi o SO_2 . Najveći izvor lebdećih čestica su cementare i slični objekti te promet i loše održavane ceste, a od energetskih objekata ložišta ugljena bez ugrađenih otprašivača. Termoelektrane tu mogu u gradskoj sredini participirati vrlo malo, pa čak ako se radi i o lošijem ugljenu.

U studiji (ref. 2) pretpostavljen je ugljen s 22,35 % pepela pa ako se radi o prosječnoj potrošnji od oko 125 t/h , odnosno 35 kg/s , ukupno emitirana količina lebdećih čestica iznosi

$$E = 35 \cdot 0,2235 \cdot 0,9 \cdot 0,1 = 0,71 \text{ kg/s}.$$

(Pretpostavljeno je da 10% ide u šljaku i da otprašivači mogu trajno raditi s prosječnim faktorom 0,9.) Istovremeno SO_2 iznosi od istog ugljena oko $1,92 \text{ kg/s}$.

Ako se radi o kvalitetnom ugljenu (sumpor 1 %, pepela $10-12\%$, $H_d = 27\,000 \text{ kJ/kg}$), emisija SO_2 iznositi će oko $0,35 \text{ kg/s}$, a količina lebdećih čestica past će na oko $0,18 \text{ kg/s}$. Dakle, emisija lebdećih čestica iz bloka termoelektrane na ugljen bit će uglavnom 2–3 puta manja od emisije SO_2 , čak i uz vrlo konzervativne pretpostavke. Budući da za lebdeće čestice vrijede gotovo isti uvjeti disperzije kao i za SO_2 , a dozvoljene emisije su jednake, može se zaključiti da onda ako određeni blok termoelektrane (odnosno toplane) na ugljen zadovoljava kriterije za SO_2 , tada s velikom vjerojatnošću udovoljava i kriterijima za lebdeće čestice. Zbog toga u studiji (Ref 2) nisu detaljnije analizirani problemi vezani uz lebdeće čestice. Kao što je već rečeno, ovdje predloženi kriteriji mogu se bez problema primijeniti i na lebdeće čestice, ali i na sve druge onečišćivače zraka uz uvjet da je adekvatnim modelom moguće izračunati njihov utjecaj te da postoje odgovarajuća mjerenja u sklopu praćenja stanja kvalitete zraka.

4. ZAKLJUČAK

Na primjeru izbora lokacije za termoelektranu – toplanu na ugljen u području Zagreba, analiziran je ut-

jecaj na čistoću zraka, te dan prijedlog kriterija po kojim se može odrediti maksimalni dozvoljeni doprinos svakog onečišćivača zraka. Pri tome se pošlo od osnovne pretpostavke da svaki onečišćivač zraka može participirati u ukupnom onečišćenju najviše do iznosa koji je proporcionalan njegovu učešću u energetskej opskrbi grada.

Prednost je ovakvog pristupa što postoji niz mogućnosti prilagodbe postavljenim kriterijima putem izbora adekvatne lokacije, usavršavanjem uređaja za izgaranje, izborom adekvatnog goriva itd. On se bazi- ra s jedne strane na kvalitetnim i kompliciranim računskim modelima, a s druge strane na isto takvim mjerenjima kvalitete zraka, pa ipak konačni rezultati su jednoznačni i konkretni, što je vrlo velika prednost u rješavanju praktičnih problema vezanih uz onečišćenje zraka.

LITERATURA

- [1] ČORAK i dr.: »Usmjeravanje opskrbe energijom grada i područja Zagreba do 2000. godine«, Institut za elektroprivredu Zagreb, 1982.
- [2] MALBAŠA i dr.: »Izbor lokacije za toplanu na ugljen na području Zagreba«, Institut za elektroprivredu Zagreb, 1985.
- [3] MUŽEK i dr.: »Dosadašnji razvitak potrošnje energije u gradu Zagrebu i Zajednici općina Zagreb,« Institut za elektroprivredu Zagreb, 1985.

ANALYSE OF CRITERIA FOR AIR POLLUTION IN SITE EVALUATION FOR COAL HEATING PLANT IN AREA OF TOWN ZAGREB

On the example of site evaluation for coal thermal — heating power plant analyzed is air pollution and some criteria for determination of allowed contributions to air pollution are suggested. It is supposed that every pollutant contributes in proportion to its power supply.

ANALYSE DER KRIERIEN MIT RUCKSICHT AUF DIE LUFTVERSCHMUTZUNG IM RAHMEN DER LOKATIONSBESTIMMUNG EINES WÄRMEKRAFTWERKES (KOHLE) AUF DEM ZAGREBER GEBIET

An dem Beispiel der Lokation für das Wärmekraftwerk (Kohle), wurde der Einfluß auf die Luftreinheit analysiert. Es wurden Kriterien vorgeschlagen nach denen man die erlaubte Menge der Luftverschmutzung eines jeden Luftverschmutzers bestimmen konnte. Hier ging man von der wichtigsten Voraussetzung aus, daß jeder Luftverschmutzer bei jeder Luftverschmutzung höchstens bis zur Größe die proportionell mit seiner Teilnahme in der energetischen Versorgung ist, teilnehmen kann.

АНАЛИЗ КРИТЕРИЕВ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОЗДУХА, ВХОДЯЩИХ В ЧИСЛО ДОВОДОВ ПРИ ВЫБОРЕ МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ ТЕПЛОЭЛЕКТРОЦЕНТРАЛИ НА УГОЛЬ НА ТЕРРИТОРИИ г. ЗАГРЕБ

На примере выбора местоположения теплоэлектроцентрали на уголь анализируются воздействия на чистоту воздуха и дано предложение критериев, определяющих допустимое участие любого загрязнителя воздуха. Исходя от основной предпосылки, что любой загрязнитель воздуха может участвовать в суммарном загрязнении не более доли, пропорциональной его участию в энергетическом снабжении.

Naslov pisca:

mr Niko Malbaša, dipl. inž.
Institut za elektroprivredu, 41000
Zagreb, Proleterskih b. 37
Jugoslavija

Uredništvo primilo rukopis
 1986—01—23

ELEKTRIČKO DIMENZIONIRANJE GLAVE NOVIH 400 kV STUPOVA

Dževad Muftić — Velimir Ilijanić, Zagreb

UDK 621.315.66
PREGLEDNI RAD

Promjenom uvjeta i kriterija za dimenzioniranje glave stupova 400 kV uz promjenu odgovarajućih propisa dolazi se do znatno racionalnijih rješenja uz povećanu pouzdanost vodova 400 kV.

Ključne riječi: dalekovod, dimenzioniranje, stup, izolacija

1. UVOD

Kada se prije 7–8 godina u više navrata, u okviru Studijskog komiteta CIGRE 22-Nadzemni vodovi, inicirala stručna rasprava o motivima primjene raznih rješenja izolacije dalekovoda u svjetskoj praksi, često bitno različitih od naših uobičajenih, postojalo je sve više jasno da kvalitetan odgovor nije moguće dati bez dubljeg razmatranja problematike dimenzioniranja izolacije općenito, a posebno one vrste koju, generalno, nazivamo samoobnovljivom.

U skladu s tim stavom postavljen je jedan, na prvi pogled nepretenciozan zadatak da se preispitaju razlozi znatno šire primjene lanaca u tzv. V spoju nego što je to kod nas bio slučaj. Istraživanja su neminovno vodila preispitivanju **uvjeta za dimenzioniranje izolacije** kod nas i u pojedinim zemljama. Rezultati bi se mogli svesti u sljedeće osnovne konstatacije:

- Primjena statističkih metoda dimenzioniranja izolacije, o čemu se prvi stručni radovi u svjetskoj literaturi pojavljuju već sredinom 50-ih godina, bila je i formalno sankcionirana usvajanjem IEC preporuka 71–1 i 71–2 iz 1976. godine, a nešto kasnije i IEC 71–3. Uslijedile su odgovarajuće izmjene nacionalnih standarda u većini zemalja. Dio tih izmjena odnosi se neposredno i na dimenzioniranje izolacije dalekovoda.
- Mi smo u početku, zahvaljujući prije svega radu pokojnog inž. E. Höflera, relativno ažurno pratili ovaj trend tako da već 1978. g. dobivamo JUS N.BO.030, što je inače pandan IEC preporuci 71–1, ali sve do današnjeg dana ne dobivamo ono što je nastavak i logična cjelina u okviru novog koncepta dimenzioniranja izolacije. Praktično, što se toga tiče, mi smo i danas u nekakvom »prijelaznom periodu«, za koji ima tek nekih nagovještaja da bi mogao biti prevladan naporima novoosnovane SSRG JUGEL-a »Prenaponi i koordinacija izolacije«.

- Posebno, uvidom u propise za nadzemne vodove većeg broja zemalja, kako na Zapadu tako i na Istoku, pokazalo se da je od 1970. do 1980. godine došlo do promjene naročito uvjeta dimenzioniranja zračnih razmaka u glavi stupa, kao neposredni rezultat primjene statističkih metoda i kompleksnijeg sagledavanja ovog pitanja. Ovdje treba naglasiti da se u svim propisima i nadalje ostalo kod konvencionalnog, tj. determinističkog, poimanja veličine sigurnosnog razmaka, ali su uvjeti kontrole rezultat drugačijeg, probabilističkog koncepta rješenja problema.

Pokušaj da se i u našoj praksi makar ostvare pretpostavke suvremenijem pristupu dimenzioniranja izolacije nailazio je redovno na brojne prepreke. Već spominjana komparativna ispitivanja primjene V i I-lanaca (L1), a u vezi s tim i odgovarajuća dielektrička ispitivanja, pokazala su nedvosmisleno i empirijski da su pretpostavke na bazi kojih su primijenjeni uvjeti određivanja sigurnosnih razmaka u inozemnim propisima ispravne i potpuno opravdane. Iz toga je proizašao i prijedlog izmjene naših propisa u dijelu što se odnosi na sigurnosne razmake u glavi stupa.

Pri tome, iskorištena je okolnost da je procedura izmjene propisa, zbog drugih razloga, već bila u toku, pa se Studijski komitet 22 nakon dugotrajne i više puta ponavljane diskusije, pa i manjih izmjena prvobitnog prijedloga, napokon opredijelio za novi koncept. Novi propisi ne sadrže samo izmjenu uvjeta dimenzioniranja izolacije u glavi stupa. Ne treba zanemariti ni druge izmjene i dopune nastale kao rezultat spoznaje naše prakse u proteklom razdoblju na području razvoja tehnike gradnje dalekovoda, pa upravo zato iznenađuje činjenica da nova verzija propisa čeka izdavanje već punih **pet godina** uglavnom zbog administrativno-proceduralnih razloga.

Očito je da se ni do danas, kao i u slučaju standarda za koordinaciju izolacije (L2), nije shvatila ekonomska opravdanost i nužnost razrade novih tehničkih rješenja na bazi suvremenijih i stvarnim uvjetima bližih postupaka.

Uočavajući činjenicu da bi projektiranje i gradnja novih 400 kV vodova na bazi dosadašnjih rješenja u prikladnom broju značajnih komponenti bilo tehnički i ekonomski neopravdano, misleći pri tome ponajviše na rješenje stupova, izolatorskih lanaca i zaštitnog užeta, pokrenuta je inicijativa »Energoinvesta« Sarajevo, »Dalekovoda« Zagreb i »Minela« – Beograd da se kroz jedan cjelovit razvojni projekt preispitaju i utvrde svi relevantni parametri te razrade konkretna projektna rješenja stupova i opreme za nove 400 kV vodove.

Ideja je bila da se kroz to:

- afirmira jedinstvena koncepcija rješenja opreme za cjelokupnu 400 kV mrežu vodova u SFRJ, bez obzira na moguće razlike u detaljima izvedbe
- razrade najracionalnije izvedbe, imajući pri tome ponajprije na umu spoznaje do kojih se došlo primjenom suvremenih probabilističkih metoda optimizacije i numeričkih metoda proračuna složenih konstrukcija
- maksimalno suptituiraju uvozne komponente.

Na žalost, bez obzira na bezrezervnu verbalnu podršku na svim razinama i značajnu participaciju izvođača, pokazalo se da u ovom momentu Jugoslavenska elektroprivreda nije u stanju financirati takav razvojni program u njegovu integralnom obujmu.

Projektiranje novih 400 kV vodova u nekim republikama, čija gradnja treba uskoro uslijediti, ponovno se nametnula potreba makar parcijalne ili etapne realizacije spomenutog programa. Pripreme za realizaciju plana gradnje novih 400 kV vodova za srednjoročno razdoblje 1986 – 1990. u Elektroprivredi Hrvatske, bez obzira na svoj relativno skroman opseg u ovom momentu, također nameće potrebu da se i nadalje aktivno angažiramo na ovom zadatku. To je prilika da se nova rješenja razrade solidno, temeljito i bez presije rokova u situacijama kada se, vezano za tehničko rješenje određenog objekta, treba razraditi i mnogo toga što pripada u osnovna koncepcijska pitanja.

2. SIGURNOSNI RAZMACI PREMA NOVIM PROPISIMA

Sigurnosni razmaci u glavi stupa prema dosadašnjoj verziji propisa određeni su za dva kriterija s obzirom na vanjske, klimatske uvjete:

- neotklonjen vodič
- vodič otklonjen pri punom tlaku vjetra.

S aspekta naponskih naprezanja izolacije prvi uvjet bi trebalo da podrazumijeva pojavu prenapona vanjskog, atmosferskog porijekla, dok bi drugi uvjet podrazumijevao normalne pogonske prilike i **sve vrste prenapona unutarnjeg porijekla.**

Upravo u neprihvatljivosti pretpostavke istovremenog maksimalnog otklona vodiča, odnosno izolatorskog lanca i pojave maksimalnog prenapona unutarnjeg porijekla je i osnovni argument koji je, uz laboratorijska ispitivanja vodič-konstrukcija stupa, doveo do revizije navedenih kriterija.

Po novim propisima sigurnosni razmaci se kontroliraju za tri različita kriterija:

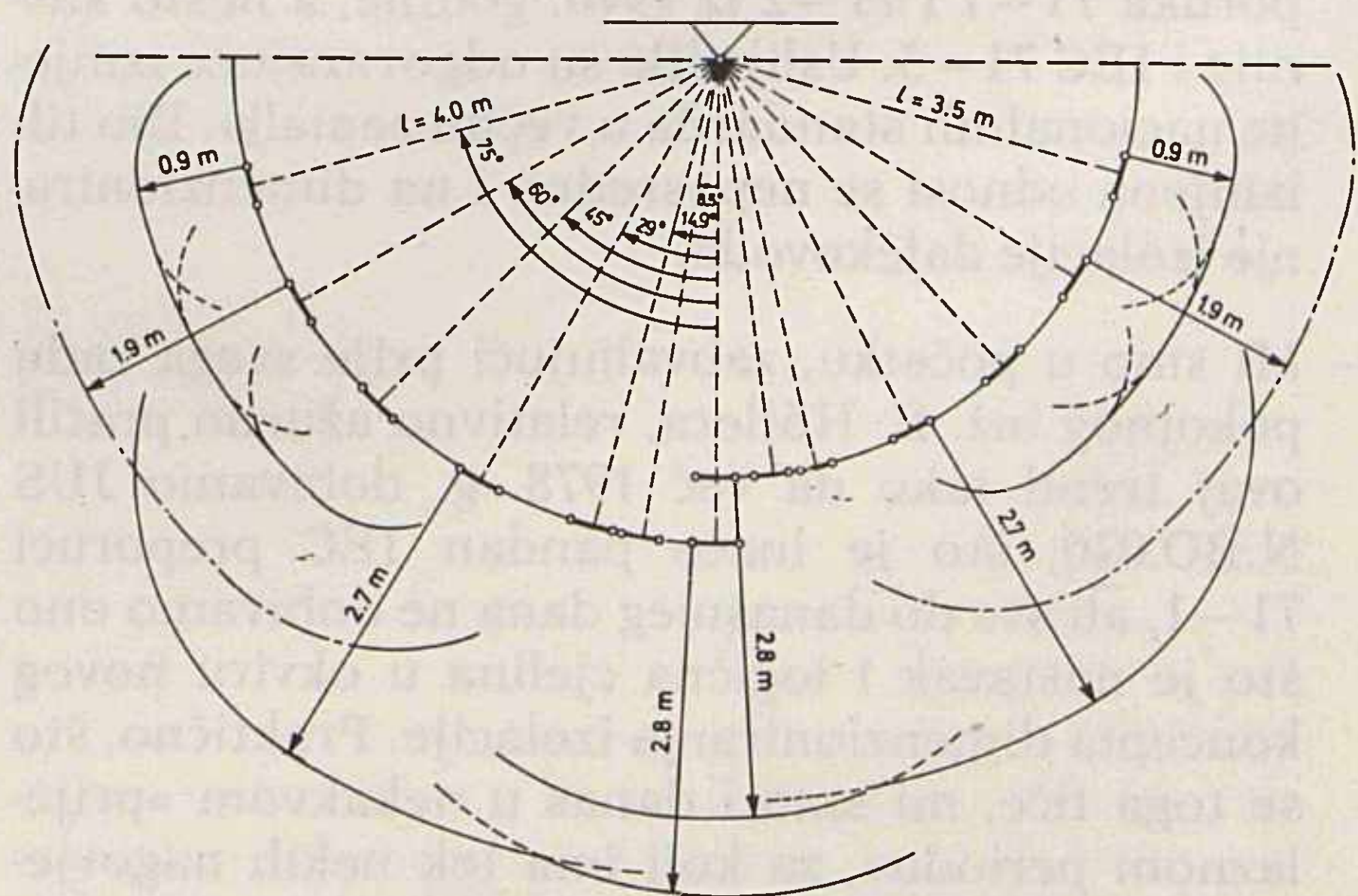
- atmosferski prenaponi (neotklonjen izolatorski lanac)
- sklopni i dugotrajni prenaponi (otklon lanca pri tlaku vjetra koji odgovara 15%-tnoj vrijednosti maksimalnog tlaka)
- napon industrijske frekvencije (maksimalni otklon izolatorskog lanca)

U (L3) je detaljnije obrazložen način kontrole sigurnosnih razmaka prema novim propisima, ali ovdje se mora istaći da je to izvorni, nerevidirani prijedlog. Konačna verzija propisa sadrži stanovit kompromis kojim se, možda i neopravdano, htjelo odgovoriti na argumente da se za nove kriterije nema dovoljno pogonskih iskustava!?

Tako je usvojeno za sigurnosne razmake na naponskom nivou 400 kV da sigurnosni razmaci budu 2,8 i 2,7 m, a ne 2,7 i 2,6 m, za atmosferske i sklopne prenapone respektivno.

Čak i u ovoj prvobitnoj varijanti, za sve naponske nivoe i za sva tri kriterija prijedlog je sadržavao dovoljno veliku »rezervu« u odnosu na radikalna rješenja do kojih se moglo doći da su se direktno transponirali rezultati eksperimentalnih ispitivanja i statističkih obrada.

Na slici 1. su krivulje sigurnosnih razmaka za sva tri već spomenuta kriterija i za dvije duljine ovješnja vodiča, 3,5 i 4,0 m, unutar kojih se nalaze redovno i duljine izolatorskih lanaca na naponskom nivou 400 kV. Budući da su na istoj slici isprekidanom linijom nacrtane i krivulje sigurnosnih razmaka prema dosadašnjim kriterijima, pažljivijim promatranjem lako je već iz ove ilustracije zaključiti gdje su rezerve, odnosno mogućnosti reduciranja dimenzija glave stupa. Očito je da su dosadašnja rješenja bila znatno predimenzionirana za kriterij maksimalnog otklona lanca, pa su zato moguće redukcije u horizontalnim razmacima, a to znači duljinama konzola i razmacima između rašlji.



Slika 1. Krivulje sigurnosnih razmaka za naponski nivo 400 kV

2.1. Sigurnosni razmaci u uvjetima atmosferskih prenapona

Kao što se i iz sl. 1. vidi, sigurnosni razmaci u uvjetima vanjskih, atmosferskih prenapona kontroliraju se u položaju neotklonjenog izolatorskog lanca, jer atmosferski prenaponi na dalekovodu i svojom učestalošću a i duljinom trajanja prenaponskog vala predstavljaju tako rijetke pojave u toku perioda eksploatacije da je pretpostavka bilo kakvog otklona, u jednom ili drugom smjeru okomice na trasu voda, sasvim nerealna.

Dokaz da je u slučaju atmosferskih prenapona vertikalni lanac najrealnija pretpostavka može se lako dobiti i statističkom analizom moguće koincidencije pojave udarnog vala i otklona izolatorskog lanca.

2.2. Sigurnosni razmaci u uvjetima sklopnih prenapona

Sklopni prenaponi i svi ostali prenaponi unutarnjeg porijekla, koje po intenzitetu i obliku udarnog vala možemo svrstati u ovu kategoriju, imaju znatno duže trajanje i učestalost od atmosferskih.

Posljedica je, u ovom slučaju, da se sigurnosni razmak ima kontrolirati pri određenom otklonu lanca. Slučajni karakter vremena i mjesta nastanka operacija sklapanja nametnuo je kao kriterij kontrolu sigurnosnog razmaka pri **prosječnom otklonu** izolatorskog lanca u toku perioda eksploatacije.

Utvrđiti prosječni otklon lanca znači prije svega utvrditi prosječnu ili tzv. srednju satnu brzinu vjetra ili odnos te brzine prema maksimalnoj za zadani povratni period.

Jasno je da ovaj odnos može u određenim granicama varirati, ali statistike za neke naše primjere potvrđene i sličnim obradama u drugim zemljama pokazuju da je:

$$\frac{\bar{V}}{|V_{\max}|} \approx \frac{1}{|3 \cdot 5|},$$

iz čega proizlazi da je odnos prosječnog i maksimalnog tlaka vjetra

$$\frac{\bar{P}}{|P_{\max}|} \approx 0,08.$$

Ovdje, uz to, polazimo od pretpostavke da vjetar uvijek ima smjer otklona izolatorskog lanca prema konstrukciji stupa.

Interesantno je da za odnos prosječnog i maksimalnog tlaka novi propisi u SSSR-u uzimaju iznos 0,1, a u Italiji čak 0,04.

Samo radi sigurnosti, a uzimajući u obzir donekle i prigovore da mi nismo za naše uvjete napravili sve reprezentativne statističke analize, u nas je usvojen prijedlog da navedeni odnos pri kome se kontrolira sigurnosni razmak u uvjetima sklopnih prenapona iznosi 0,15.

Ako pođemo od pretpostavke da je maksimalni otklon pri najvećem tlaku vjetra 50° , što se pokazalo zadovoljavajućim projektnim rješenjem i u dosadaš-

njoj praksi, proizlazi da bi sigurnosni razmak u uvjetima sklopnih prenapona trebalo kontrolirati za kut koji ne prelazi iznos od:

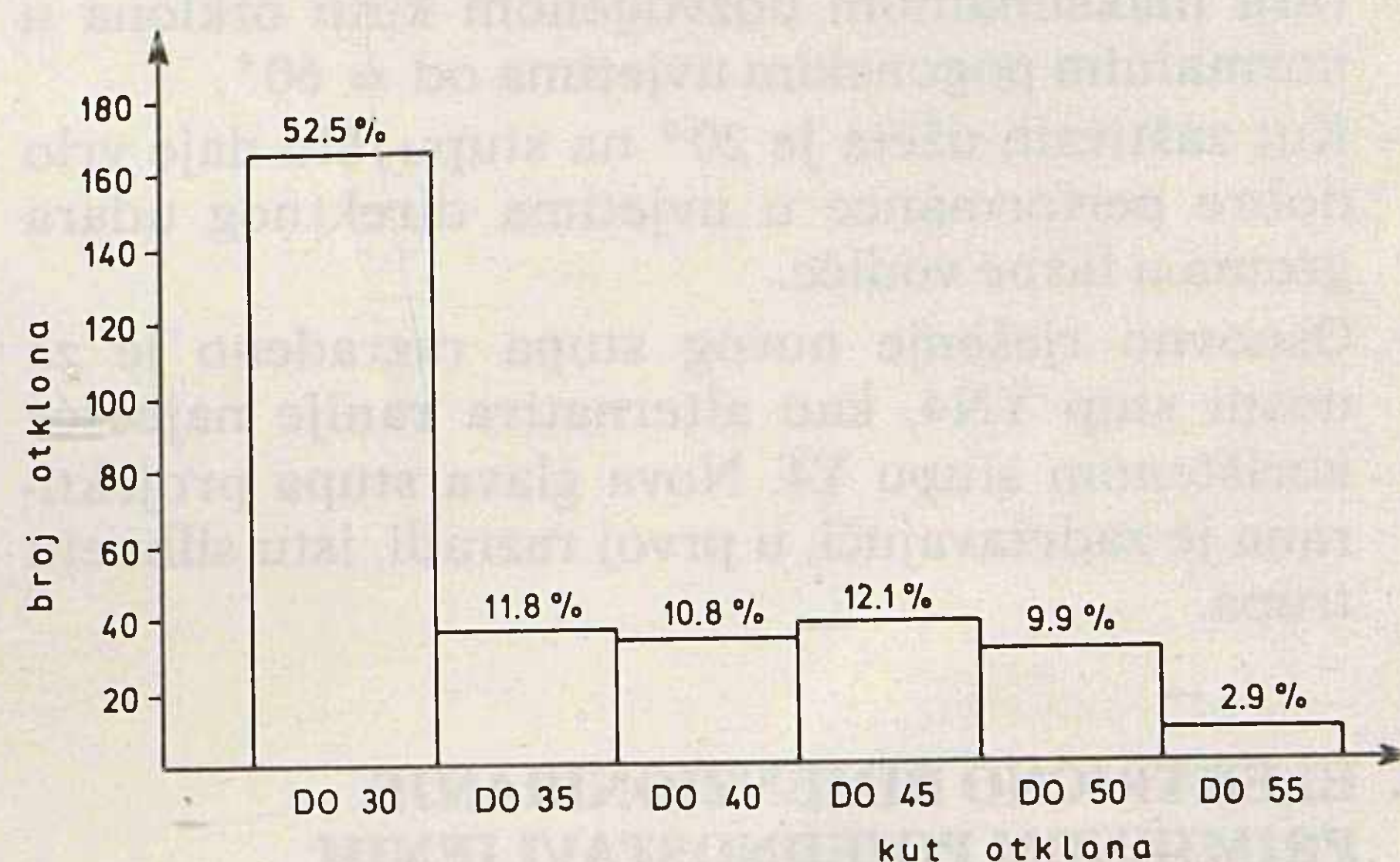
$$\begin{aligned} \alpha &= \text{Arctg} [0,15 \cdot \text{tg} (\alpha_{\max})] = \\ &= \text{Arctg} [0,15 \cdot \text{tg} (50)] \approx 10^\circ. \end{aligned}$$

2.3. Sigurnosni razmaci u normalnim pogonskim uvjetima

Da se sigurnosni razmaci u normalnim pogonskim uvjetima imaju kontrolirati pri maksimalnom otklonu izolatorskog lanca, jasno je samo po sebi. U normalnim pogonskim uvjetima nikakvi otkloni na stupu ili u rasponu ne bi smjeli dovesti do preskoka.

Maksimalni otklon s jedne je strane determiniran maksimalnim vjetrovnim opterećenjem za zadani povratni period, a sa druge strane i tehničkim rješenjem stupa, odnosno voda, imajući pri tome u vidu veličine odnosa vjetrovnih i gravitacionih raspona.

Zato je za novoprojektirano rješenje uvijek korisno pogledati statistiku na bazi ranijih. Na sl. 2. je karakteristični histogram maksimalnih otklona 400 kV dalekovoda na području SR Hrvatske, iz kojeg je lako zaključiti da je maksimalni otklon od 50° pokriva čak 97% rješenja, dok je ostatak od 3% rješavan primjenom produžnika na nosivom ovješnju.



Slika 2. Histogram maksimalnih otklona izolatorskih lanaca

Ova statistika može se uzeti kao osnova i za razradu novih rješenja.

3. IDEJNO RJEŠENJE GLAVE NOVOG 400 kV STUPA

Na bazi kriterija prema novim propisima izrađeno je u »Energoinvestu« (L8) nekoliko varijanti rješenja novog 400 kV stupa uz sljedeća osnovna konceptijska opredjeljenja:

- Silhueta stupa je tipa Y, s konfiguracijom ovješnja I, V, I, što znači da srednja faza ima V-ovješnje, a vanjske uobičajeno I-ovješnje.
- Umjesto dosad korištenih izolatora u lancu U 160 PS, koristili bi se izolatori U 160 BS, čije su električke karakteristike osjetno bolje od prethodnih,

a uz to svojim dimenzijama u potpunosti odgovaraju IEC preporukama.

Preliminarna dielektrička ispitivanja udarnim valom 250/2500 μ sec pokazala su da je srednji preskočni napon izolatorskog lanca sa 19 izolatora U 160 BS u jednom nizu 1132 kV, što uz standardnu devijaciju od 6% daje podnosivi napon od

$$U_{90\%} = 1044 \text{ kV.}$$

To znači da bi se odgovarajućim oblikovanjem armatura najvjerojatnije relativno lako postigao podnosivi napon ispod nazivne vrijednosti od 1050 kV.

Što se tiče atmosferskih prenapona, odnosno ispitivanja udarnim valom 1,2/50 μ sec, srednji preskočni napon je bio 1487 kV, odnosno podnosivi uz standardno odstupanje od 3%:

$$U_{90\%} = 1429 \text{ kV.}$$

To znači da bi podnosivi napon udarnog vala 1,2/50 bio čak i ispod 1 425 kV, iako bi za nazivne vrijednosti podnosivog sklopnog i atmosferskog napona bio mnogo logičniji odnos 1050/1300 kV. Ovo pitanje je u više navrata u nas prodiskutirano sa svrhom da se konzekventno provede princip da na naponskom području C (iznad 300 kV) izolaciju u nezagađenoj atmosferi dimenzionira kriterij za uvjete pojave sklopnih prenapona.

- Kut otklona pri kome se kontrolira sigurnosni razmak za sklopne prenapone jest 15° , što odgovara maksimalnom dozvoljenom kutu otklona u normalnim pogonskim uvjetima od $\approx 60^\circ$.
- Kut zaštitnih užeta je 20° na stupu, što daje vrlo dobre performance u uvjetima direktnog udara groma u fazne vodiče.
- Osnovno rješenje novog stupa razrađeno je za nosni stup YN4, kao alternativa ranije najčešće korištenom stupu Y4. Nova glava stupa projektirana je zadržavajući, u prvoj razradi, istu siluetu trupa.

4. ELEKTRIČNO DIMENZIONIRANJE PRIMJENOM POJEDNOSTAVLJENIH STATISTIČKIH METODA

Jedan je od osnovnih nedostataka konvencionalnog postupka da ne možemo vrednovati različita rješenja kojima je zajedničko to da sva imaju ispunjene minimalne uvjete, ali se razlikuju u pojedinim detaljima, ovdje iznesenih **stvarnih razmaka** vodič-konstrukcija stupa.

Upravo zato razrađen je u »Dalekovodu« jedan kompjutorski program pomoću kojeg projektant interaktivno modelira i preispituje svaku pojedinu soluciju, uzimajući kao osnovni kriterij izračunati rizik preskoka izolacije kao cjeline. Ovdje pod pojmom izolacije razumijevamo sve komponente fazne izolacije na stupu, a čine je kruti dielektrik, tj. izolatorski lanac, i zračni prostor između faze i konstrukcije stupa.

Proračun rizika preskoka odnosi se samo na pojavu sklopnih prenapona, što je i logično. Kriterij sigurnosnih razmaka za atmosferske prenapone nema,

osim za neke sasvim specifične konstrukcije stupa, osjetnijeg utjecaja na dimenzioniranje glave, dok kriterij za normalne pogonske uvjete ima kao osnovu deterministički definiran odnos podnosivog napona i najvišeg pogonskog napona. Dok je vjerojatnost preskoka na izolatorskom lancu određena srednjim preskočnim naponom $\bar{U}_i$ i standardnim odstupanjem σ_i , utvrđenim odgovarajućim laboratorijskim ispitivanjima, vjerojatnost preskoka vodič-konstrukcija stupa znatno ovisi o geometrijskim odnosima, pa se u praksi redovno koristi za određivanje srednjeg preskočnog napona empirijski izraz:

$$\bar{U}_k = k \cdot \frac{3400}{1 + \frac{8}{d}},$$

gdje je:

k — faktor razmaka, utvrđen za različite karakteristične odnose vodič-konstrukcija

$d(m)$ — zračni razmak vodič-konstrukcija.

Taj izraz je, što su potvrdila brojna laboratorijska ispitivanja u svijetu, pogodan za velike razmake $d(m)$.

Faktor razmaka za odnose karakteristične za vanjsku fazu sa I-ovješanjem može se sa dovoljnom točnošću utvrditi relacijom:

$$k = 1,45 + 0,015 \cdot \left(\frac{H}{D_1} - 6 \right) + 0,35 \cdot (e^{-8S/D_1} - 0,2) + 0,135 \left(\frac{D_2}{D_1} - 1,5 \right),$$

dok bi za srednju fazu (u rašljama) vrijedio odnos:

$$k = 1,25 + 0,005 \cdot \left(\frac{H}{D_2} - 6 \right) + 0,25 \cdot (\exp(-8S/D_2) - 0,2).$$

Za konfiguraciju fazni vodič—bočna konstrukcija faktor razmaka bio bi:

$$k = 1,45 + 0,024 \cdot \left(\frac{H}{D_2} - 6 \right) + 0,35 \cdot (\exp(-8S/D_2) - 0,2).$$

U navedenim izrazima je

$D_1(m)$ — duljina ovješanja vodiča, tj. izolatorskog lanca

$D_2(m)$ — najkraći razmak vodiča i konstrukcije stupa

$H(m)$ — visina vodiča u točki ovješanja

$S(m)$ — širina konstrukcije.

Usvajajući pretpostavku normalne raspodjele, vjerojatnost pojave određenog preskočnog napona na izolaciji $U(kV)$ bit će određena izrazom:

$$q = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \cdot \int_{-\infty}^t e^{-\frac{t'^2}{2}} dt'$$

gdje je

$$t = \frac{U - \bar{U}}{\sigma}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (U - \bar{U})^2}{n}}$$

Na taj način možemo odrediti krivulju vjerojatnosti preskoka za bilo koju komponentu izolacije, kao funkciju $q = f(u)$. Za sve komponente izolacije, tj. izolatorski lanac i zračne razmake, pretpostavljamo ista standardna odstupanja, u ovom slučaju $\sigma = 6\%$, pa ćemo na papiru vjerojatnosti dobiti grafičku interpretaciju u obliku niza pravaca.

Integralna krivulja, krivulja koja daje vjerojatnost preskoka na izolaciji kao cjelini, a to ovdje znači na izolatorskom lancu i svim mogućim mjestima preskoka kroz zračni prostor, dobije se iz osnovne relacije vjerojatnosti dielektričke čvrstoće izolacije:

$$q_N = 1 - p_N = \prod_{j=1}^N [1 - p_j],$$

što u našem slučaju znači da je:

$$q_N = (1 - p_i) \cdot \prod_{j=1}^N (1 - p_{kj}),$$

gdje je:

p_i — vjerojatnost preskoka na izolatorskom lancu

p_k — vjerojatnost preskoka na određenom mjestu zračnog prostora između faznog vodiča i konstrukcije

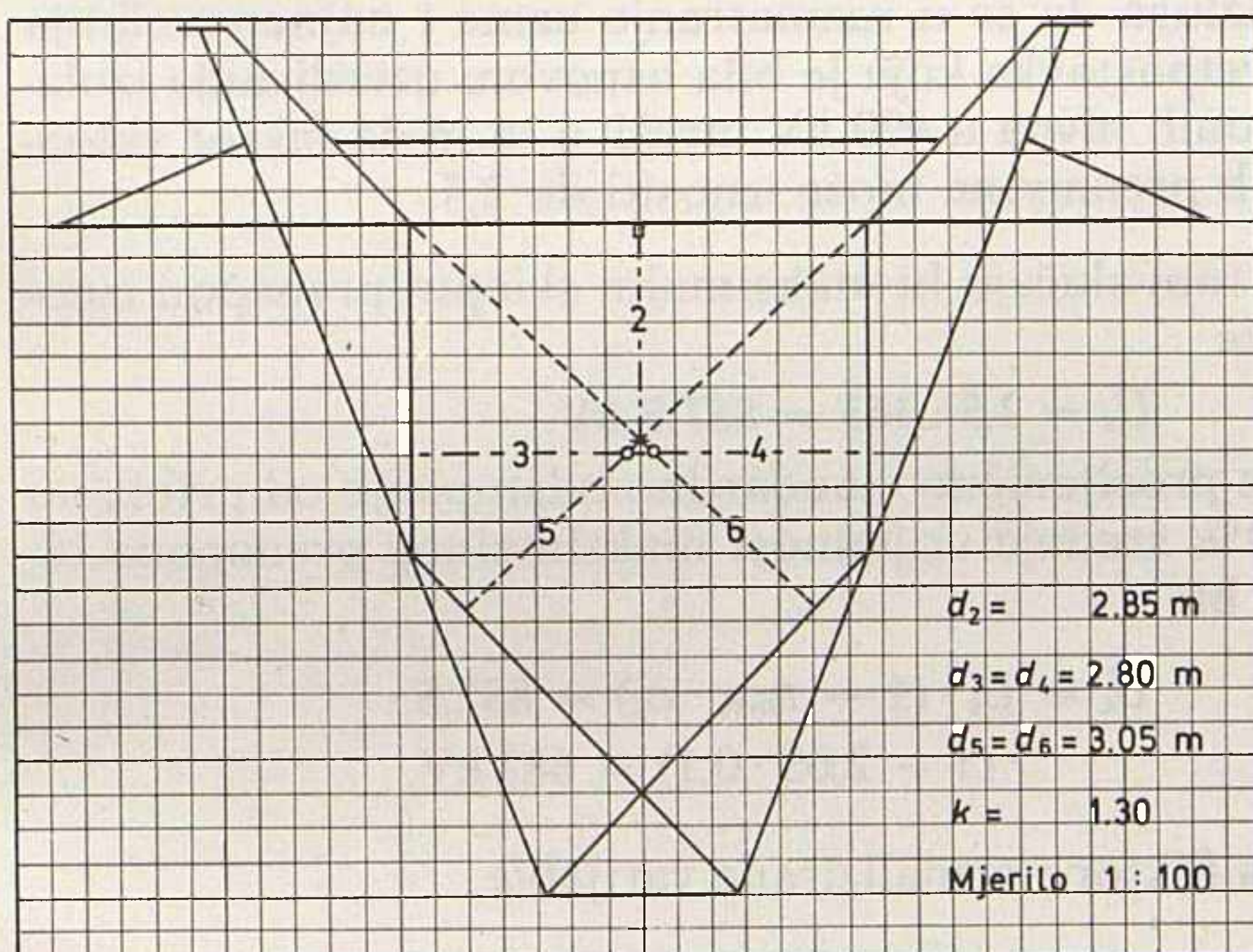
N — ukupni broj definiranih komponenti faze izolacije na stupu.

Na slici 3. i 4. dva su primjera glave stupa tipa Y s različitim dimenzijama glave za koje su izračunate integralne krivulje vjerojatnosti prema naprijed naznačenim osnovnim načelima. U oba slučaja pretpostavljeno je u zračnom prostoru 5 mogućih mjesta preskoka:

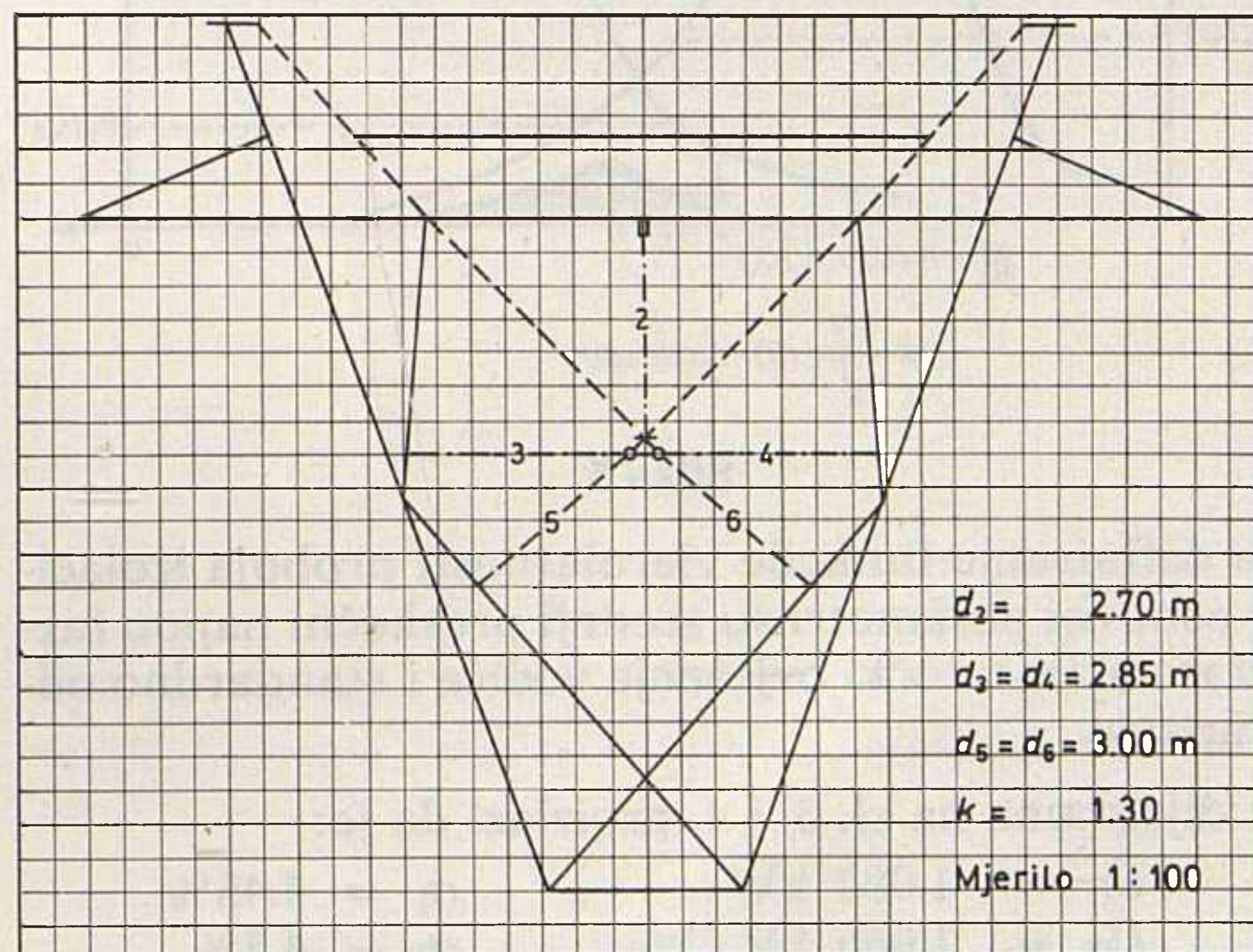
- jedno prema gornjoj prečki stupa
- dva prema gornjem dijelu rašlji
- dva prema donjem dijelu rašlji.

Komparacija tih dvaju primjera bila je interesantna jer je u prvom slučaju, sl. 3, pretpostavljeno da je razmak dijelova pod naponom i konstrukcije stupa minimalno 2.8 m, dok se u drugom primjeru išlo na varijantu primjene pomoćne armature-hvataljke na prečki iznad faznog vodiča, uz minimalni razmak od 2,7 m. Pomoćnom armaturom želi se u potpunosti osigurati kontrola luka pri preskoku na način da praktično niti u jednom slučaju preskok ne nastane na samom vodiču.

I sam letimičan pogled na priloženi dijagram na slici 4. pokazuje da je kudikamo najveći broj mogućih preskoka između armatura izolatorskog lanca, eventualno između donje armature i pomoćne armature



Slika 3.



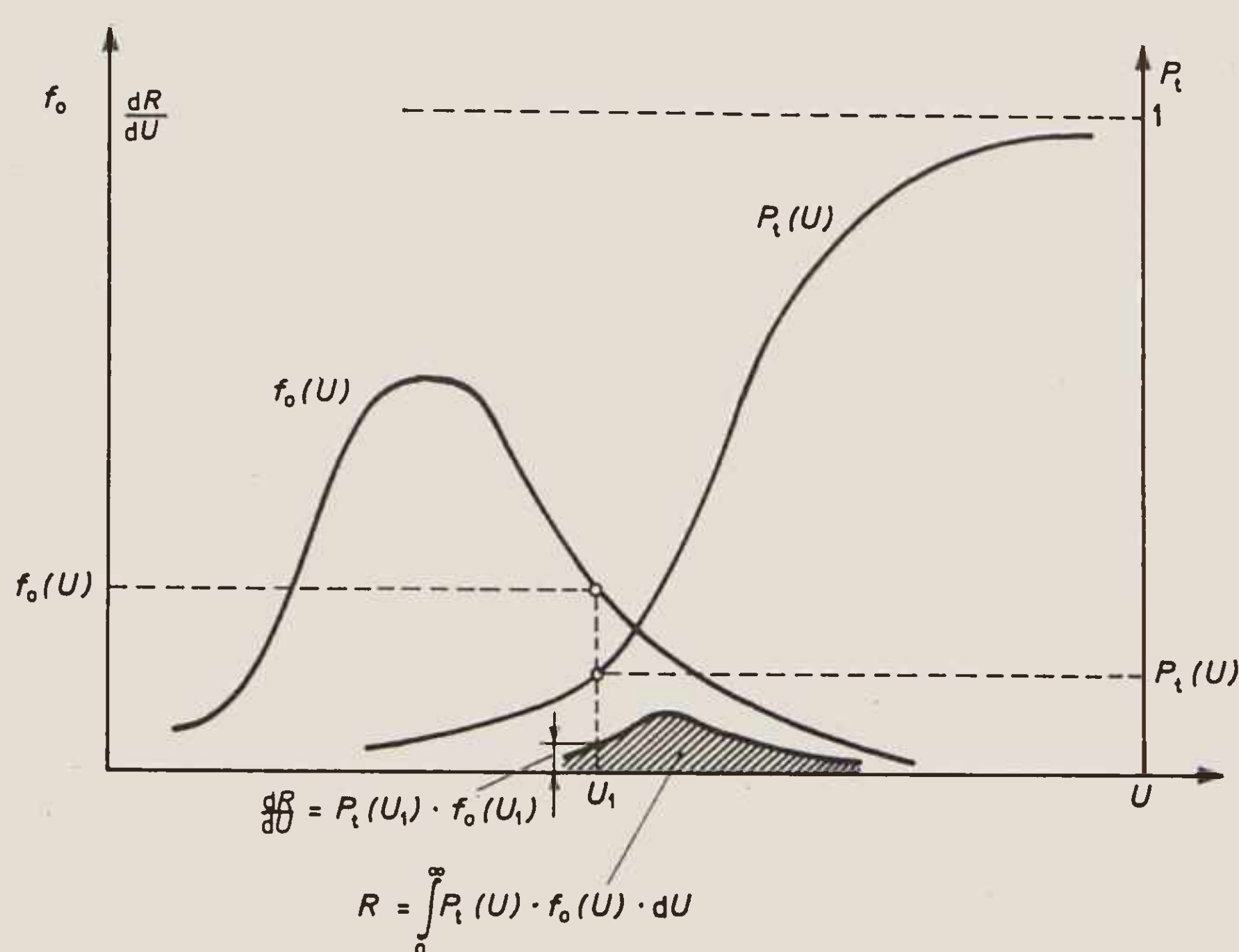
Slika 4.

na prečki. Tek zanemariv broj mogućih preskoka bio bi između faznog vodiča i konstrukcije.

Sama usporedba između rezultata proračuna u primjerima na sl. 3. i 4. pokazuje da smo u prvom slučaju dobili podnosivi napon u iznosu od $U_{90\%I} = 1\,016$ kV, a u drugom slučaju $U_{90\%II} = 1\,002$ kV.

Ako bismo htjeli na jednostavan način odrediti red veličine rizika preskoka uz ovakva rješenja glave stupa, trebalo bi prije svega utvrditi odnose podnosivog napona izolacije na cijeloj dužini dalekovoda i maksimalnog sklopnog prenapona u toku određenog vremena eksploatacije.

Riječ je u biti o utvrđivanju odnosa krivulje pojave prenapona $f_0(U)$ i vjerojatnosti proboja izolacije $P_i(U)$, sl. 5, što je inače osnova statističke metode dimenzioniranja izolacije, ali uz pojednostavljenja nužna i opravdana za ovakvu vrstu zadataka.



Slika 5.

Za definiranje funkcije vjerojatnosti proboja izolacije osnovni parametri su srednji preskočni napon fazne izolacije u točki ovješnja vodiča i standardno odstupanje.

Iz dijagrama na sl. 3. i 4. proizlazi da je:

$$\begin{aligned} \bar{U}_I &= 1\,082 \text{ kV} & \sigma_I &= 4.45\% \\ \bar{U}_{II} &= 1\,066 \text{ kV} & \sigma_{II} &= 4.5\% \end{aligned}$$

Ako pretpostavimo statističku nezavisnost vjerojatnosti proboja izolacije na pojedinim stupovima i zanemarimo efekte prigušenja, vjerojatnost preskoka na n stupova u trasi voda bit će i ovdje rezultat općeg rješenja za n paralelnih komponenti izolacije, pa je:

$$\bar{U}_n = \bar{U}_I \cdot (1 - t_n \cdot \sigma_I),$$

gdje je:

- $\bar{U}_I$ (kV) — srednji preskočni napon fazne izolacije jednog stupa
- σ_I — standardno odstupanje preskočnog napona fazne izolacije jednog stupa
- t_n — varijable normalne razdiobe za odgovarajuće paralelne elemente; ovdje stupove dalekovoda.

Ako pretpostavimo duljinu dalekovoda od približno 100 km, s prosječnim rasponom stupova 400 m, dobijemo 250 paralelnih komponenti izolacije, za koje je:

$$p_1 = p_n^{\frac{1}{250}} = 0,5^{\frac{1}{250}},$$

čemu odgovara $t_n = 2,774$.

Sada bi u našim primjerima srednji preskočni napon cjelokupne fazne izolacije dalekovoda iznosio:

$$\begin{aligned} \bar{U}_{fI} &= \bar{U}_{II} \cdot (1 - 2,774 \cdot \sigma_I) = \\ &= 1\,082 \cdot (1 - 2,774 \cdot 0,0445) = 948.5 \text{ kV} \\ \bar{U}_{fII} &= \bar{U}_{II} \cdot (1 - 2,774 \cdot \sigma_{II}) = \\ &= 1\,066 \cdot (1 - 2,774 \cdot 0,045) = 933.0 \text{ kV} \end{aligned}$$

Srednju vrijednost maksimalnog sklopnog prenapona u mreži možemo odrediti bilo na osnovi ranijih mjerenja u mreži, bilo na osnovi pretpostavljenih maksimalnih vrijednosti. Poznato je iz dosadašnjih rezultata mjerenja u 400 kV mreži »Nikola Tesla« da maksimalni faktor prenapona, definiran 98%-tnom vjerojatnošću, ne prelazi vrijednost 2.1 u najnepovoljnijem slučaju. U tom slučaju bi maksimalni očekivani prenapon u mreži iznosio:

$$U_s = 400 \cdot \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}} \cdot 2,1 = 720 \text{ kV}.$$

Međutim, budući da se ovdje radi o jednom specifičnom zadatku, razradi projektnog rješenja stupa, ima razloga da se u razmatranje uzme i najnepovoljnija pretpostavka koja je bila osnovom utvrđivanja izolacionih nivoa u 400 kV mreži, a ta je da faktor sklopnih prenapona može iznositi do 2,5.

U tom slučaju bi maksimalni sklopni prenapon iznosio:

$$U_s = 2,5 \cdot 343 = 857.5 \text{ kV}.$$

Uz procijenjeno standardno odstupanje od približno 10%, srednja vrijednost maksimalnog prenapona bila bi:

$$\begin{aligned} \bar{U}_s &= U_s \cdot (1 - t_{98\%} \cdot \sigma_s) = 857.5 \cdot \\ &\cdot (1 - 2,05 \cdot 0,1) = 682 \text{ kV}. \end{aligned}$$

Za faktor normalizirane varijable

$$\begin{aligned} \lambda_I &= \frac{\bar{U}_s - \bar{U}_f}{\sqrt{\sigma_s^2 + \sigma_f^2}} = \frac{682 - 948.5}{\sqrt{68,2^2 + 48^2}} = -3.20 \\ \lambda_{II} &= \frac{682 - 933}{\sqrt{68,2^2 + 48^2}} = -3.01 \end{aligned}$$

rizik proboja fazne izolacije će iznositi:

$$\begin{aligned} R_{fI} &\approx \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\lambda_I} e^{-\frac{x^2}{2}} dx = \\ &= \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{-3.20} e^{-\frac{x^2}{2}} dx = 0.687 \cdot 10^{-3} \\ R_{fII} &\approx \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\lambda_{II}} e^{-\frac{x^2}{2}} dx = 1.306 \cdot 10^{-3} \end{aligned}$$

Ukupni rizik preskoka na faznoj izolaciji ovisit će o broju sklopnih operacija u toku određenog perioda.

Iz dosadašnjih iskustava u eksploataciji procijenit ćemo da je u 400 kV mreži bilo približno 15 operacija sklapanja na 100 km/god. voda, što daje ukupni rizik preskoka od:

$$R_{ukI} = 15 \cdot 0,687 \cdot 10^{-3} \doteq 0,01 \text{ preskok/100 km. god.}$$

$$R_{ukII} = 15 \cdot 1,306 \cdot 10^{-3} \doteq 0,02 \text{ preskok/100 km. god.}$$

Evidentno je da su vjerojatnosti preskoka dvaju analiziranih rješenja, izražene u procijenjenom riziku proboja izolacije, takvog reda veličine da konačni izbor može biti više pitanje konstruktivne razrade unutar navedenih varijanti.

Navedeni primjeri odnosili su se isključivo na dimenzioniranje izolacije srednje faze, u našem slučaju, dakle, izolacije s fiksnom geometrijom.

Pitanje dimenzioniranja izolacije s promjenljivom geometrijom, u slučaju primjene I-lanaca i sličnih konstruktivnih rješenja znatno je složenije zbog utjecaja vanjskih, klimatskih uvjeta.

Postoje i za ovakve primjere razrađeni postupci suptilne statističke analize odnosa pojave prenapona i izolacije kod koje je dielektrična čvrstoća funkcija vjetrovnog opterećenja koje je i samo definirano kao slučajna varijabla, ali mi ćemo se ovdje ograničiti samo na proračune vjerojatnosti preskoka za određene, diskretne, pomake izolatorskog lanca prema konstrukciji stupa.

Tako je na sl. 6. napravljen proračun za srednji kut otklona od 15° , što bi odgovaralo maksimalnom otklonu od približno 60° .

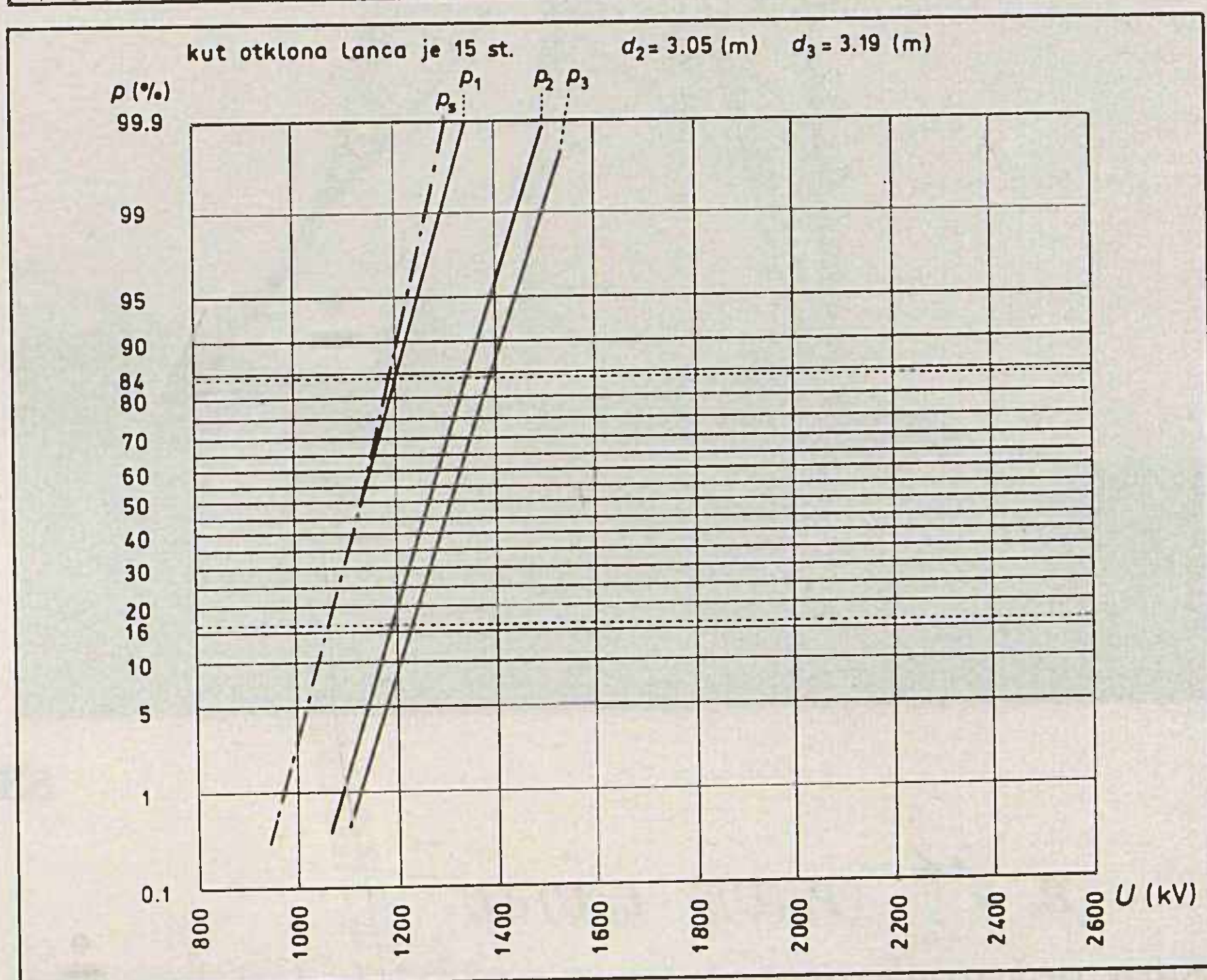
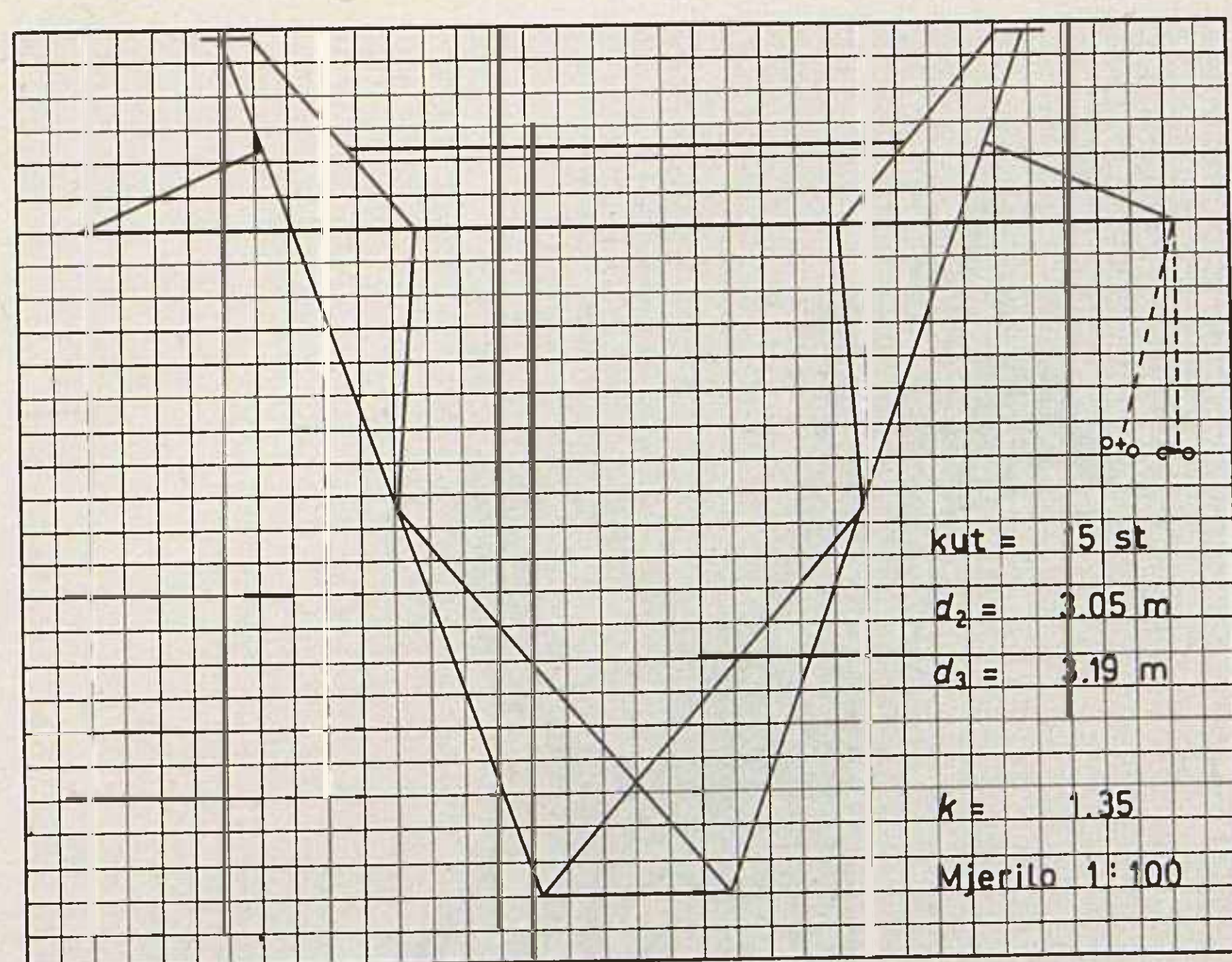
Proračuni za ostale kutove otklona nisu ovdje navedeni, ali je na sl. 7. nacrtan dijagram koji predstavlja sumarni prikaz u vidu funkcije $U_{90\%} = f(\alpha)$, dakle podnosivi napon faze izolacije u funkciji kuta otklona, i to za normalnu izolaciju i izolaciju s dvostrukim električki pojačanim lancem.

Iz dijagrama se može, između ostalog, lako zaključiti da je vanjska fazna izolacija s aspekta rizika preskoka u slučaju sklopnih prenapona dimenzionirana za visok nivo sigurnosti.

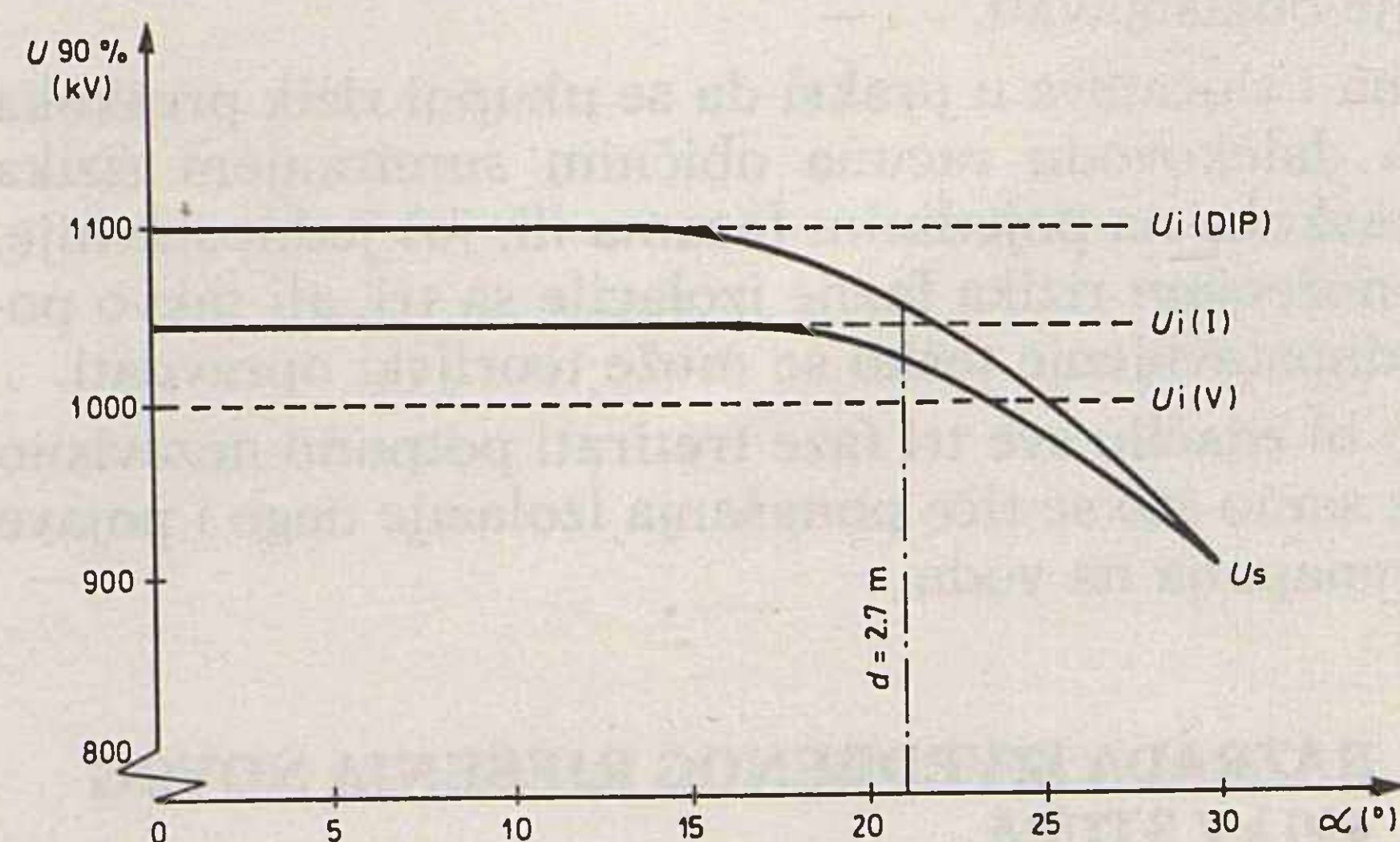
Praktično, to je rješenje koje zadovoljava i do srednjeg kuta otklona od 20° , što kroz statistiku vjetera i otklona lanaca na dalekovodima odgovara zonama vrlo učestalih vjetrovnih opterećenja tokom eksploatacije voda.

Tek za kutove otklona preko 20° , u oba slučaja, preskoci na konstrukciju stupa postaju dominantniji u odnosu na preskoke na izolatorskom lancu. U tom smislu je i sigurnosni razmak od 2,7 m upravo u funkciji ograničenja realnih mogućnosti pojave nepoželjnog preskoka vodič-konstrukcija stupa.

Procjena ukupnog rizika preskoka voda, dakle za sve tri faze, relativno je složena zbog toga što nije nimalo jednostavno definirati međusobne odnose i funkcije dielektričke čvrstoće izolacije pojedinih faza, pa i pojave prenapona na svakoj fazi posebno. Tako upravo naš primjer pokazuje bitno različito ponašanje izolacije pojedinih faza u uvjetima vjetrovnog opterećenja. Ako definiramo određen smjer vjetera okomito



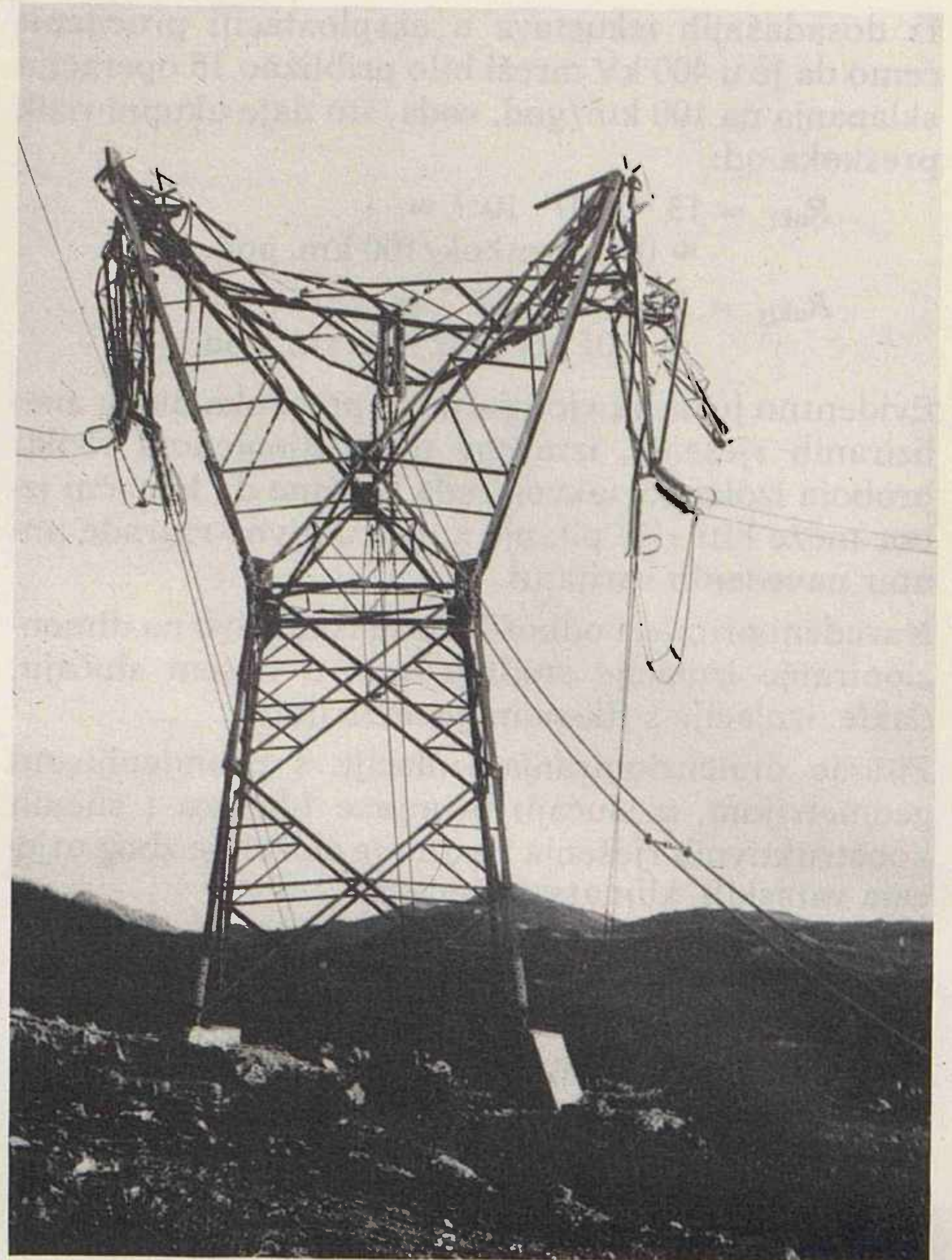
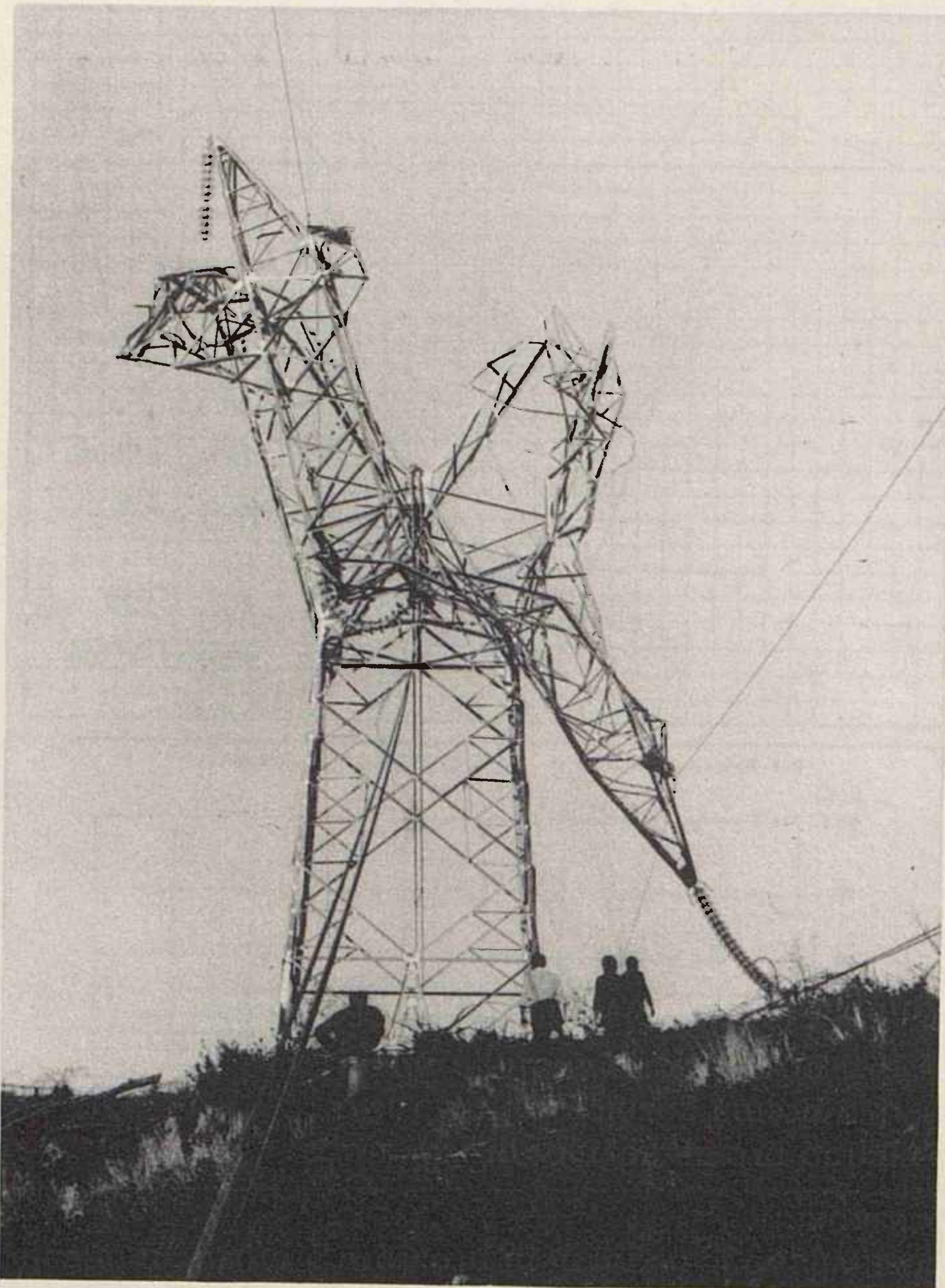
Slika 6.



Slika 7.

na trasu voda, onda imamo pojavu da se na jednoj vanjskoj fazi zračni razmak vodič-konstrukcija stupa smanjuje, dok se na drugoj povećava. Srednja faza pri tome, primjenom V-lanca, praktično ne mijenja razmak prema konstrukciji stupa. U skladu s time su i karakteristike zračne izolacije u danim uvjetima.

Ako bismo, ipak, zanemarili navedene razlike pa i međusobne utjecaje faza, te i ovdje pretpostavili punu statističku nezavisnost dielektričke čvrstoće izolacije pojedinih faza, tada bi relacija rizika kvara i funkcija koje ga definiraju u općem obliku bila:



Slika 8.

$$R_v = \int_{-\infty}^{+\infty} [P_t(U)]^3 \cdot f_o(U) dU$$

Sam postupak proračuna u osnovi je isti kao i za faznu izolaciju, sada sa trostruko većim brojem paralelnih komponenti izolacije, pa se ovdje neće detaljnije objašnjavati.

Ima i slučajeva u praksi da se ukupni rizik preskoka na dalekovodu računa običnim sumiranjem rizika preskoka na pojedinim fazama ili, još jednostavnije, množenjem rizika fazne izolacije sa tri, ali takvo pojednostavnjenje teško se može teorijski opravdati.

To bi značilo sve tri faze tretirati potpuno nezavisno ne samo što se tiče ponašanja izolacije nego i pojave prenapona na vodu.

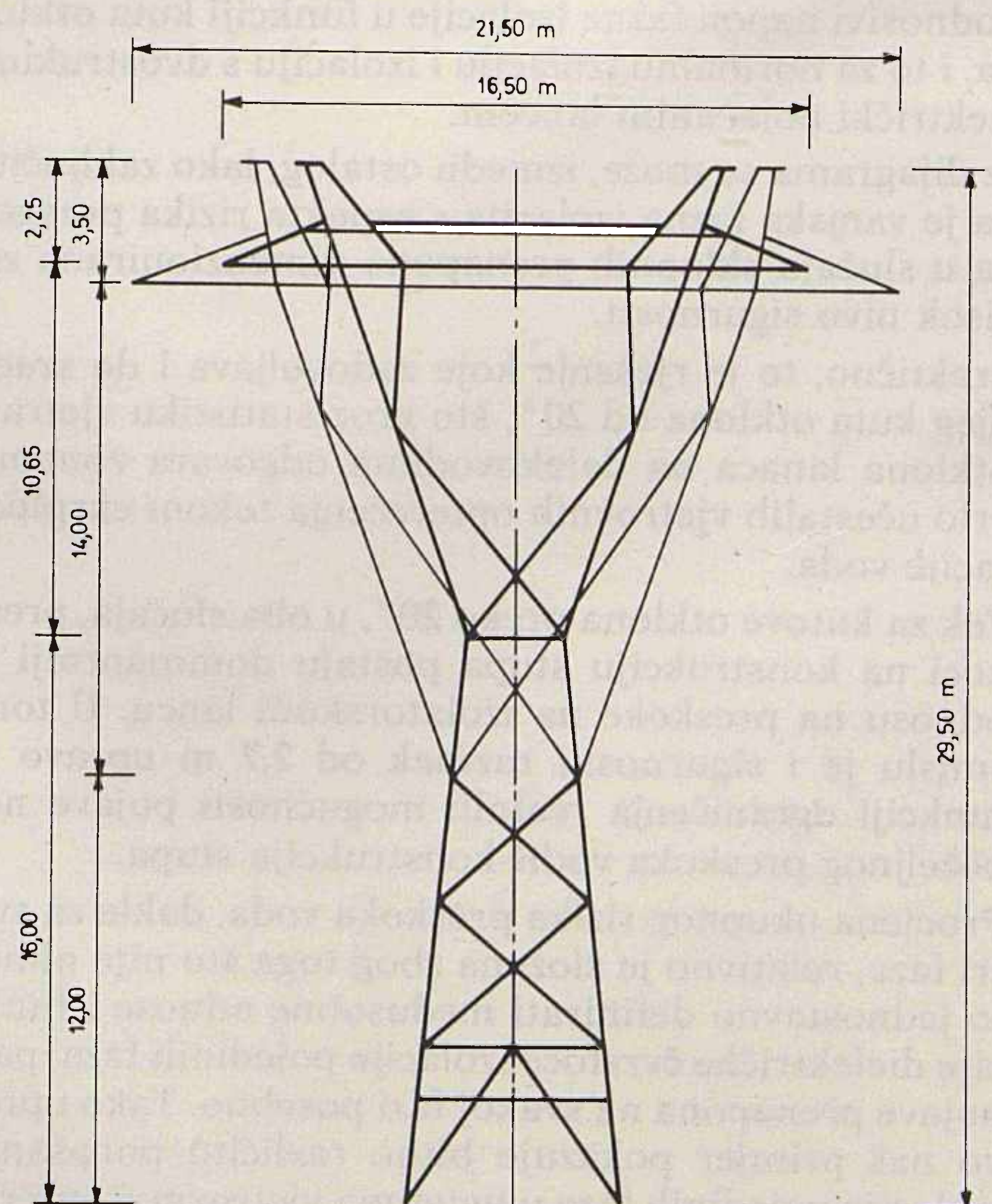
5. RAZRADA IZVEDBENOG RJEŠENJA NOVOG 400 kV STUPA

Provedeni proračuni i analize izolacije u uvjetima sklopnih prenapona samo su dio aktivnosti u razradi idejnog rješenja do razine izvedbene dokumentacije novog stupa za 400 kV vodove.

Mogućnosti koje se otvaraju značajnim reducira-
njem dimenzija glave stupa potrebno je podvrći sve-
stranoj komparativnoj analizi (1) kako bi se ispravilo
i poboljšalo sve ono što je realno moguće na osnovi
dosadašnjih iskustava i suvremenih spoznaja.

Na primjer, jedna od vrlo dojmljivih impresija iz pre-
gleda i analize dosadašnjih havarija na 400 kV vodo-

vima sa stupovima tipa Y jest nerazmjerno velik broj
oštećenja koja su se odnosila isključivo na glavu stu-
pa. Na sl. 8. su karakteristični primjeri.



Slika 9.

Nova izvedba pruža mogućnost skraćivanja prečke stupa za približno 5 m (konačni iznos će se dobiti tek nakon obavljanja potrebnih dielektričkih i mehaničkih ispitivanja) te detaljne konstruktivne razrade, što samo po sebi donosi značajne prednosti ne samo u težini stupa nego i u mehaničkoj sigurnosti smanjenjem zakretnih momenata i većom rezistentnošću na vertikalna opterećenja.

Značajne mogućnosti u unapređenju otvaraju se i razradom konstrukcije uz primjenu suvremenih numeričkih metoda, u ovom slučaju posebno metoda konačnih elemenata. Uz korištenje odgovarajućih programskih paketa, projektant može danas vrlo efikasno preispitati svaki detalj konstrukcije aplikacijom različitih uvjeta statičkog i dinamičkog opterećenja. To je jedna od bitnih razlika u odnosu na pristup od prije petnaestak godina, kada je projektiran najveći dio danas primjenjivanih stupova za 400 kV vodove.

6. ZAKLJUČAK

Ovaj rad, uz opći prikaz akcija na preispitivanju parametara novih 400 kV vodova, sadrži i detaljniji opis mogućnosti optimizacije glave stupa primjenom pojednostavljene statističke metode proračuna rizika preskoka u uvjetima pojave sklopnih prenapona.

Nova rješenja dalekovoda 400 kV trebalo bi da daju sljedeće osnovne prednosti u odnosu na dosadašnja:

- Manje težine stupova; dosadašnje analize pokazuju da bi se samim smanjenjem gabarita glave stupa dobio za otprilike 15% lakši stup, po nekim procjenama i do 30%.
- Točniji iznosi moći će se dobiti tek nakon detaljne razrade i projektne primjene novog stupa.
- Uže koridore trase voda za oko 5 m i adekvatno tome manje šumske prosjeke, manji troškovi održavanja itd.
- Povoljnije karakteristike stupa u uvjetima iznimnih statičkih i dinamičkih opterećenja.
- Bolje karakteristike izolacije u uvjetima aerozagađenja.
- Manju vjerojatnost direktnog udara groma u vodiče (razmak faza, kut zaštite!).
- Pобољшanje električnih karakteristika voda smanjenjem razmaka faza, manjim gubicima električne energije, povećanjem prirodne snage i strujne opteretivosti (1); razlike nisu tako znatne, ali u cjelokupnom sagledavanju ove problematike treba i to uzeti u obzir.
- Mogućnosti prihvatljivijeg estetskog oblikovanja s aspekta suvremenih kriterija za uklapanje dalekovoda u okolinu.

Navedene potencijalne prednosti morale bi biti dovoljno jak poticaj za odlučniju i konkretniju realizaciju cjelokupnog programa preispitivanja osnovnih parametara i razrade novih tehničkih rješenja vodova 400 kV. Pri tome bilo bi, s aspekta širih društvenih interesa, zaista štetno da se nova rješenja razvija-

ju bez prethodno usklađene osnovne koncepcije i kriterija za daljnju razradu.

U tom smislu treba i shvatiti ponovno nastojanje da se ovo pitanje riješi na razini JUGEL-a u okviru razvojnog programa u kome bi aktivno sudjelovale vodeće projektantske i izvođačke organizacije na području projektiranja i građenja dalekovoda u Jugoslaviji. Čak i u najskromnijim pretpostavkama financijske valorizacije naprijed navedenih pozitivnih efekata uštede višestruko nadmašuju sva dosadašnja i buduća ulaganja u razvoj novih 400 kV stupova. Drugo je pitanje same razrade na bazi prethodno usvojenih općih principa. To je rad koji bi trebalo da podrže prvenstveno one elektroprivredne organizacije koje su neposredno zainteresirane za primjenu određenih rješenja.

Neosporno je da »Elektroprivreda Hrvatske«, na bazi dosadašnjih pozitivnih iskustava, ima interes za razradu novih rješenja 400 kV stupova tipa Y i »bačva«, pa je »Dalekovod« Zagreb načelno prihvatio obavezu aktivnog učešća u razvoju novih stupova, posebno imajući u vidu specifične uvjete i potrebe na području prijenosne mreže ZEOH-a. Ista logika i isti princip bi se primijenio i u okviru drugih elektroprivrednih organizacija.

Na kraju, treba istaći da ne bi bilo zabune da je sve što se kani napraviti na razvoju nove koncepcije još uvijek u granicama konvencionalnih rješenja dalekovoda.

Daljnji pomak radikalnijim zahvatima u smislu kompaktiranja vodova pretpostavlja primjenu nekih, za našu praksu potpuno novih detalja, kao što su izolacijske konzole, međufazni rastojnici, ZnO odvodnici na dalekovodima itd.

Međutim, to su pitanja koja će vrijediti razmotriti tek kada apsolviramo prvu stepenicu, a ona se u ovom slučaju odnosi na unapređenje konvencionalnog rješenja vodova 400 kV.

LITERATURA

- [1] DŽ. MUFTIĆ, D. KREMER: »Optimizacija izolacije visokonaponskih vodova«, Stručne informacije »Dalekovod« 31/81
- [2] DŽ. MUFTIĆ, D. KREMER: »Neka aktualna pitanja dimenzioniranja izolacije visokonaponskih nadzemnih vodova«, XVI Savjetovanje CIGRE, Opatija 1983.
- [3] P. PAVLOVIĆ: »Kontrola sigurnosnih razmaka na glavama stupova po novom pravilniku o tehničkim normativima za izgradnju nadzemnih elektroenergetskih vodova«, Stručne informacije »Dalekovod«, 34/83

- [4] C. GARY, N. DUFOURNET, F. POURBAIX: »400 kV line of reduced size« CIGRE, Report 22. 12, Paris 1984.
- [5] »Evaluation of the switching impulse strength of external insulation«, Working Group 03 of Study Committee 33-Overvoltages and Insulation Coordination »Elektra« 94/84
- [6] A. R. HILEMAN: »Weather and its effect on air insulation specification«, IEEE Trans., Vol. PAS — 103, No. 10/84
- [7] Ž. TIMIĆ, G. BOGDANOVIĆ: »Električne i mehaničke karakteristike izolatorskih lanaca oblika V«, XVII. Savjetovanje CIGRE, Struga 1985
- [8] »Stub YN4 Smanjenih dimenzija«, Idejna dokumentacija, »Energoinvest«, 1986. g.

ELEKTRISCHES DIMENSIONIEREN DES OBERTEILES DER NEUEN 400 kV STÄNGEN

Durch die Änderung der Bedingungen und Kriterien für das Dimensionieren der oberen Teile der 400 kV Stangen und durch die Änderung der bestimmten Vorschriften, kommt man zu wesentlich rationelleren Lösungen mit einer größeren Zuverlässigkeit der 400 kV Leitungen.

ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЗМЕРОВ ВЕРХУШЕК НОВЫХ ОПОР 400 кВ

Изменением условий и критериев определения размеров верхушек опор 400 кВ с изменением соответствующих правил достигаются гораздо более рациональные решения при повышенной надежности ЛЭП 400 кВ.

ELECTRICAL REQUIREMENTS FOR THE HEAD OF NEW 400 kV TOWERS

By change of criteria and conditions for measures of 400 kV tower head and by change of relevant standards that results in more rational solutions with increased reliability of 400 kV lines.

Naslov pisaca:

Dževad Muftić, dipl. inž.
Velimir Ilijanić, dipl. inž.
»Dalekovod«, 41000 Zagreb,
Proleterskih b. 37, Jugoslavija

Uredništvo primilo rukopis
 1986 — 02 — 27



elektrolux - rijeka

ELEKTROTEHNIČKA RADNA ORGANIZACIJA
 RIJEKA — ULICA ĐURE STRUGARA bb
 TELEGRAM: ELEKTROLUX — TELEFON: 516-333
 TELEX: 24374 YU ELUX

SVOJE POSLOVNE PARTNERE OBAVJEŠTAVAMO DA SMO SA »ELEKTROPRI-VREDOM« RIJEKA SKLOPILI UGOVOR NA MONTAŽI I POLAGANJU PODMORSKOG KABELA 110 kV NA LOKACIJI OSOR, POVEZIVANJE OTOKA CRES — LOŠINJ.

U ZAJEDNIČKOM PAKET-ARANŽMANU SUDJELUJU

- **I. K. S.** — SVETOZAREVO KAO PROIZVOĐAČ KABELA I KABELSKOG PRI-BORA
- **ELEKTROPROMET** — ZAGREB KAO VELETRGOVINA — ISPORUČILAC
- **ELEKTROLUX** RIJEKA KAO IZVOĐAČ RADOVA NA MONTAŽI I POLAGANJU KABELA

RO ELEKTROLUX

ZAHTJEVI NA KVALITETU REGULACIJE RAZINE VODE U BUBNJU

mr Boris Kalan, Zagreb

UDK 621.182

PREGLEDNI RAD

U članku su obrađeni zahtjevi za kvalitetu regulacije razine vode u bubnju generatora pare. Obradene su karakteristike objekta regulacije, zahtjevi na kvalitetu regulacije, kao i zahtjevi za mjerne pretvarače i izvršne uređaje.

Ključne riječi: termoelektrane, regulacija razine vode u bubnju generatora pare, pogonski zahtjevi na regulaciju razine.

1. UVOD

Poznavanje zahtjeva na kvalitetu regulacije osnovnih regulacijskih petlji generatora pare važno je u fazi ugovaranja novih termoenergetskih jedinica radi određivanja dinamičkih svojstava jedinica koje odgovaraju potrebama elektroenergetskog sistema, kao i kod utvrđivanja stanja i mogućnosti postojećih jedinica pri njihovoj modernizaciji.

U članku su obrađeni zahtjevi na kvalitetu regulacije razine vode u bubnju ili posudi odjeljivača pare od vode. Obradene su karakteristike objekta regulacije, zahtjevi na kvalitetu regulacije, osnovne sheme regulacije, kao i osnovni zahtjevi na mjerne pretvarače i izvršne uređaje.

Ovaj članak predstavlja nastavak na članak »Zahtjevi na kvalitetu regulacije temperature svježe pare« koji je objavljen u Energiji 6/1985. i u kome su objašnjeni neki osnovni pojmovi iz regulacije.

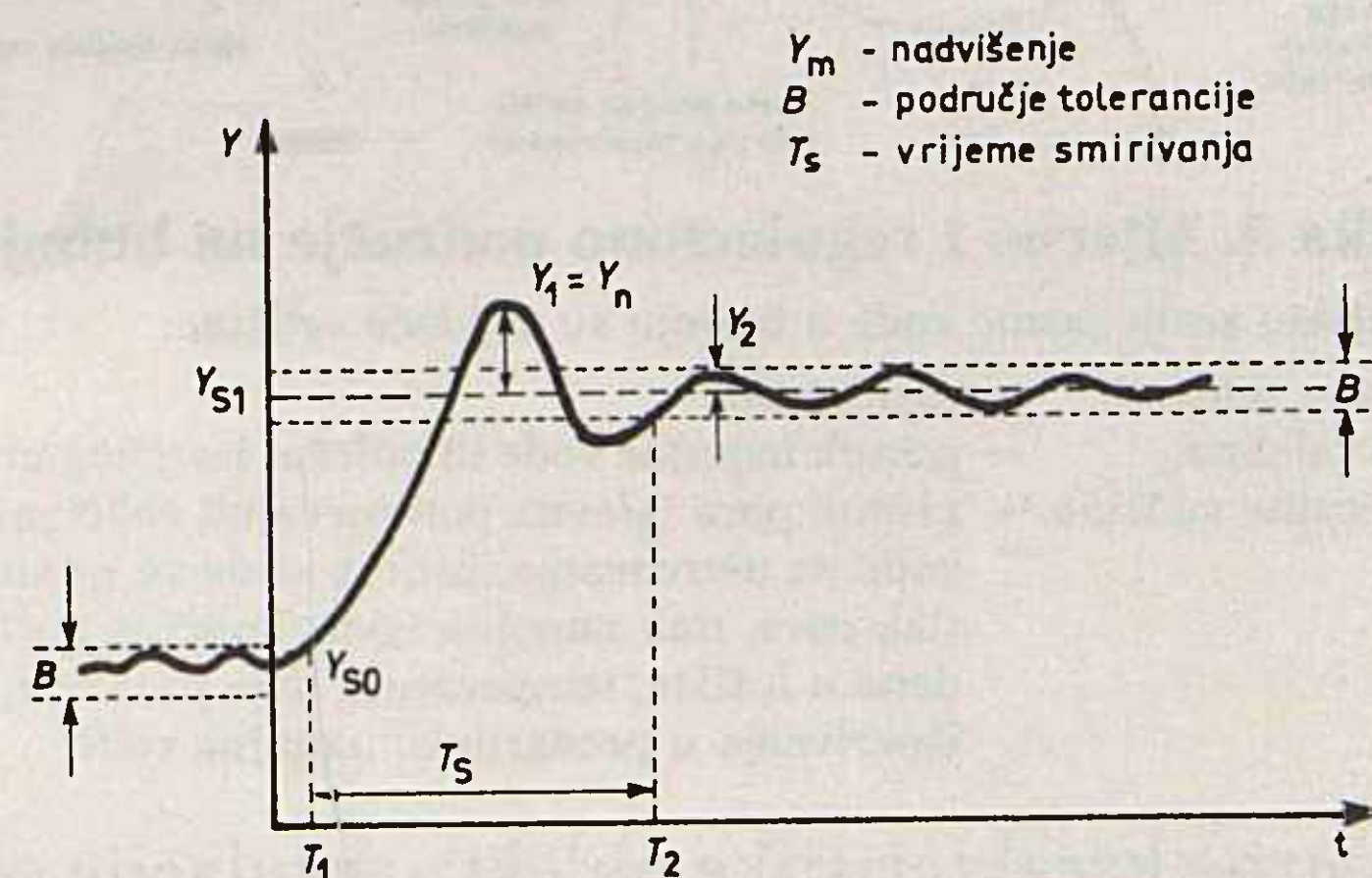
Radi objašnjenja osnovnih pojmova prikazana je na sl. 1. prijelazna karakteristika regulirane veličine Y kod skokovite promjene namještene vrijednosti, a također je potrebno napomenuti da su korišteni termini i definicije prema JUS standardu [1].

2. KARAKTERISTIKE OBJEKTA REGULACIJE

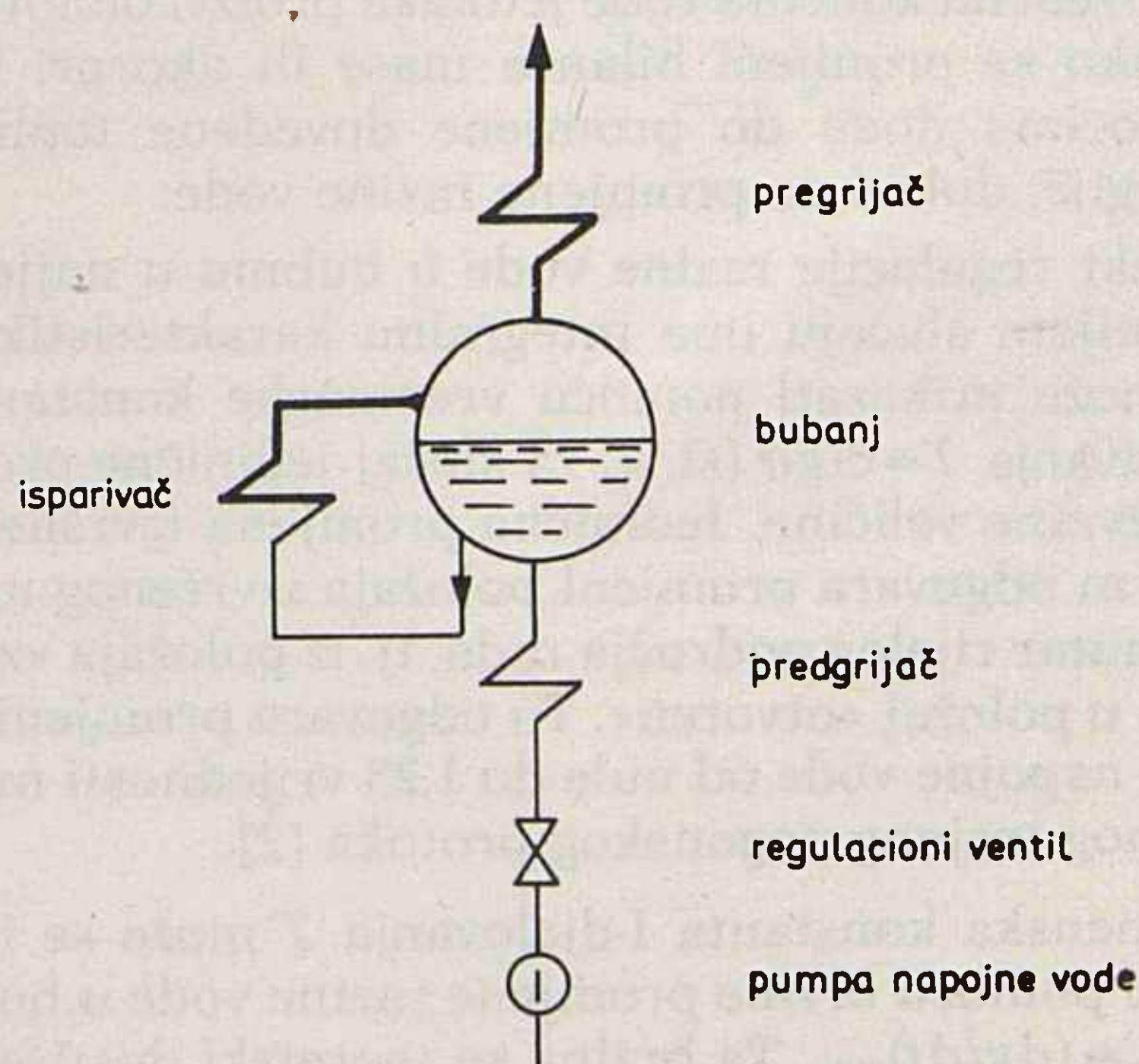
2.1. Stacionarne pojave

Kod generatora pare s bubnjem, regulacija razine vode ima ulogu održavanja materijalne ravnoteže između dodane napojne vode i odvedene pare. Naime, u krug cirkulacije bubanj – isparivač – bubanj (prirodni ili prisilni) dovodi se napojna voda, a odvodi se proizvedena para i voda odmuljivanja (sl. 2).

Bilo koja promjena tih veličina uzrokuje promjenu sadržaja sistema, što se najbolje očituje u promjeni razine vode u bubnju. Pri tome, promjena razine od-



Slika 1. Prijelazna karakteristika regulirane veličine Y kod skokovite promjene namještene vrijednosti



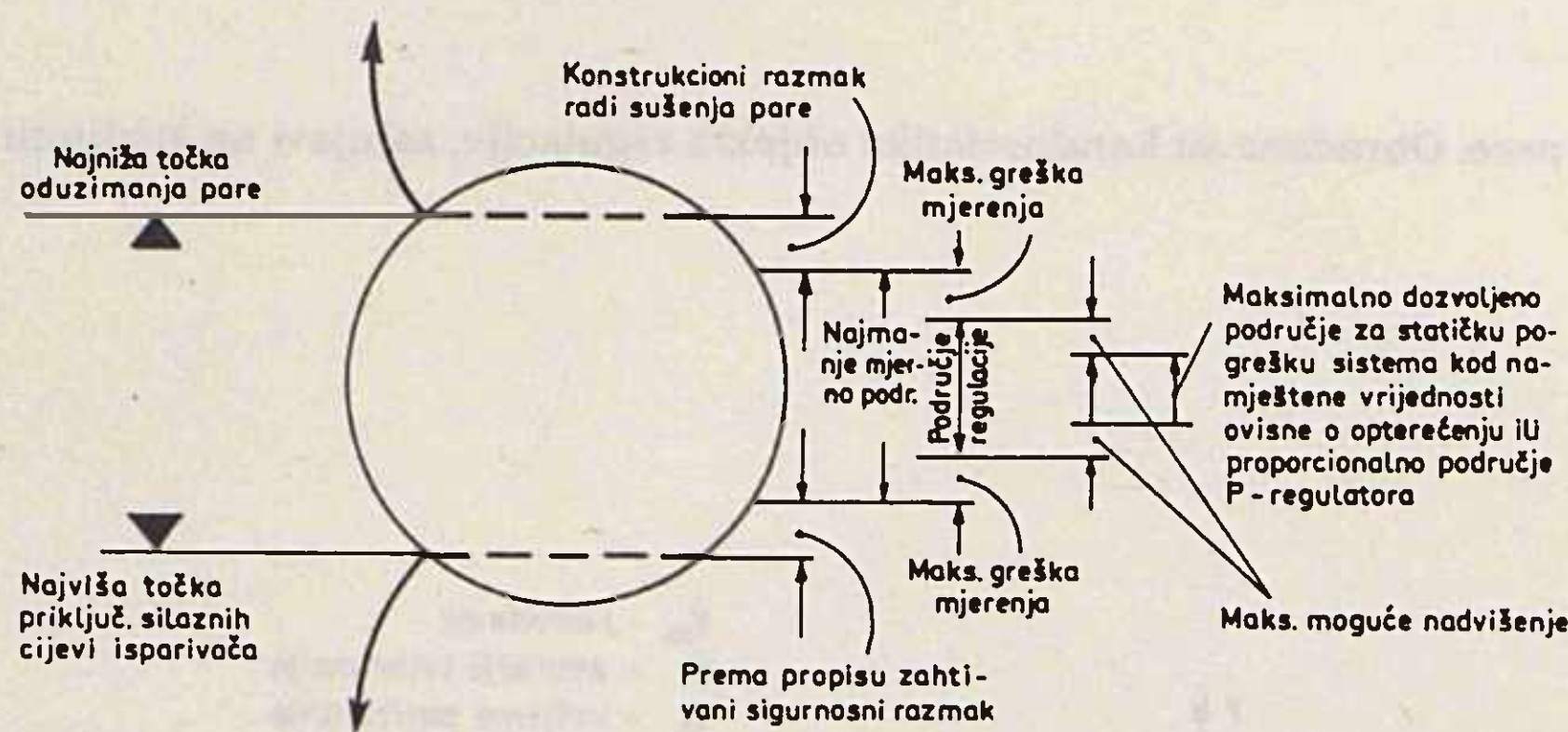
Slika 2. Shema generatora pare s bubnjem s prirodnom cirkulacijom

govara vremenskom integralu razlike dovedenih i odvedenih masa.

Regulacija razine vode prilagođuje protok napojne vode količini proizvedene pare uz održavanje razine vode u određenim granicama. Razina vode ne smije ni u kojem slučaju prijeći dozvoljenu donju niti gor-

nju granicu razine, jer može doći do pregaranja cijevi isparivača ako se u njima naruši cirkulacija vode, odnosno do taloženja soli u cijevima pregrijača zbog ulaska vode u pregrijač (sl. 3). Veličina bubnja određena je zahtjevom za odjeljivanje zasićene pare od vode. Budući da je kod generatora pare veće proizvodnje relativna veličina bubnja manja nego kod generatora pare manje proizvodnje, to su i zahtjevi na regulaciju razine stroži.

Također, regulacija razine vode ne smije uzrokovati velike promjene protoka napojne vode zbog većeg trošenja regulacionog ventila napojne vode i napojnih pumpi.



Slika 3. Mjerno i regulaciono područje na bubnju

U regulacijskoj petlji razine vode u bubnju su sljedeće veličine:

- regulirana veličina: — razina vode
- izvršna veličina: — protok napojne vode ili položaj izvršnog uređaja
- poremećajne veličine: — protok pare (glavna poremećajna veličina), protok vode za uštrcavanje, protok vode za odmuljivanje, tlak pare, tlak napojne vode, količina goriva dovedena u ložište, temperatura napojne vode, početak isparivanja u predgrijaču napojne vode.

Stacionarne karakteristike objekta regulacije ovise o konstrukcionim i termodinamičkim parametrima na koje se u izvjesnim granicama može utjecati.

Razina vode u bubnju je u stacionarnom stanju ako je dovedena količina vode jednaka proizvedenoj pari, no ako se promjeni bilanca mase ili ako pri istim protocima dođe do promjene dovedene toplinske energije, dolazi do promjene razine vode.

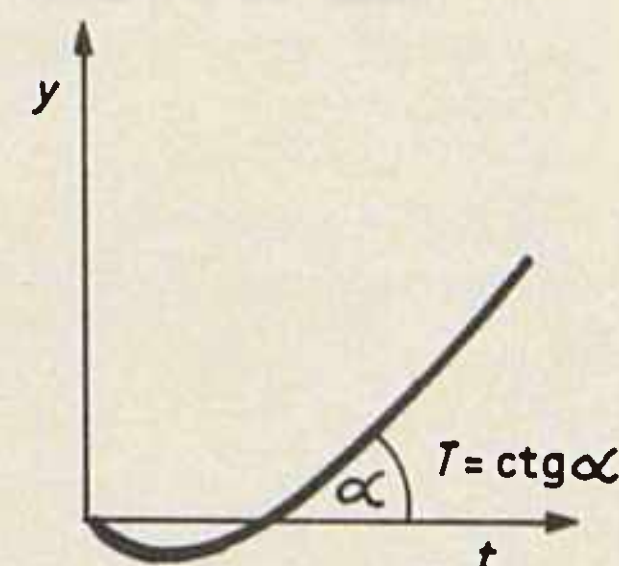
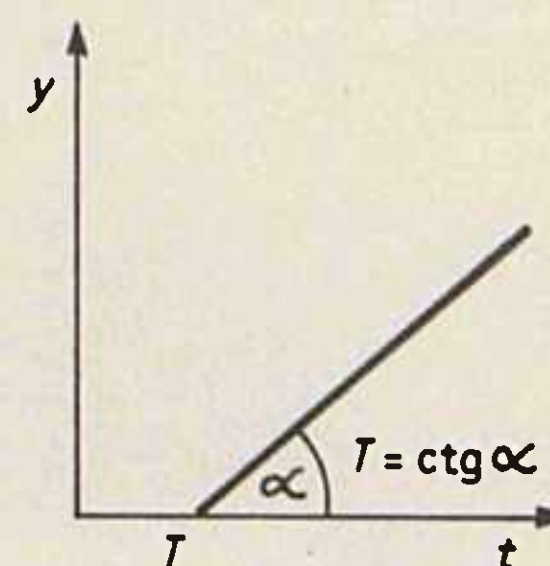
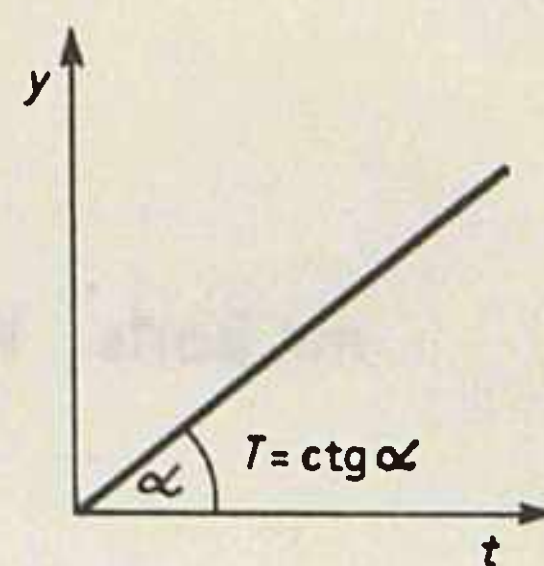
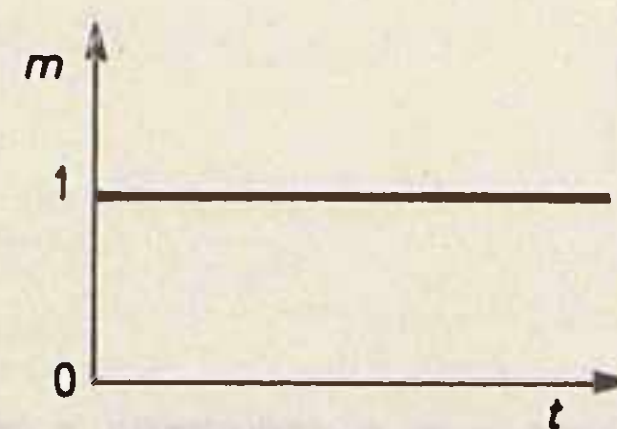
Objekt regulacije razine vode u bubnju u najjednostavnijem slučaju ima integralnu karakteristiku, te se može prikazati pomoću vremenske konstante I-djelovanja $T = \text{ctg } \alpha$ (sl. 4) za slučaj jedinične promjene izvršne veličine. Jedinična promjena izvršne veličine m odgovara promjeni položaja izvršenog uređaja unutar cijelog područja rada, tj. iz položaja »zatvoren« u položaj »otvoren«. To odgovara promjeni protoka napojne vode od nule do 1,25 vrijednosti maksimalnog trajnog pogonskog protoka [2].

Vremenska konstanta I-djelovanja T može se izračunati pomoću brzine promjene razine vode u bubnju $C_{\text{smax}} = (dy/dt)_{\text{max}}$. Ta brzina se teoretski dostiže kod srednje razine vode u bubnju i kod 1,25 vrijednosti maksimalnog trajnog pogonskog protoka, s time da se ne uzme u obzir sadržaj parnih mjehurića u cirkulacionom sistemu.

Dalje je:

$$C_{\text{smax}} = \frac{1,25 \text{ vrijednost maks. trajnog pog. protoka}}{\text{površina vode (m}^2\text{)} \times \text{spec. gustoća ključajuće vode (t/m}^3\text{)}} \quad (1)$$

Vremenska konstanta I-djelovanja je:



Slika 4. Prijelazna karakteristika razine vode u bubnju generatora pare pri promjeni izvršne veličine

Y — regulirana veličina, razina vode

m — izvršna veličina, protok napojne vode

T_k — vrijeme kašnjenja

a) idealna prijelazna karakteristika

b) prijelazna karakteristika u slučaju isparavanja u predgrijaču napojne vode

c) prijelazna karakteristika u slučaju kada nema isparavanja u predgrijaču napojne vode

$$T = 1/C_{\text{smax}}$$

U stvarnosti se objekt regulacije ne ponaša prema idealnoj integralnoj karakteristici jer se u bubnju i isparivaču nalazi mješavina ključajuće vode i pare koja je ovisna o tlaku, temperaturi i entalpiji. Za objašnjenje ponašanja objekta regulacije trebamo razlikovati dva slučaja, i to slučaj kada dolazi do isparavanja u predgrijaču napojne vode i slučaj kada napojna voda nije zagrijana na temperaturu ključanja u predgrijaču.

U prvom slučaju pri promjeni izvršne veličine dolazi prvo do popunjavanja predgrijača napojne vode i nakon toga s vremenskim kašnjenjem do promjene razine vode u bubnju (sl. 4–b). Ta se pojava može prikazati pomoću vremena kašnjenja T_k i vremenske konstante T (2).

U drugom slučaju pri promjeni izvršne veličine, povećanja protoka napojne vode, dolazi prvo do smanjenja razimne vode u bubnju, a zatim do integralnog porasta (sl. 4–c). Ta pojava može se objasniti na osnovi izraza za promjenu razine vode u bubnju [3]:

$$\Delta L = \frac{1}{\rho \cdot F} \Delta M - \frac{M}{\rho^2 \cdot F} \Delta \rho, \quad (2)$$

gdje je:

M — masa mješavine vode i pare u bubnju i isparivaču

ρ — srednja specifična težina mješavine vode i pare

F — površina vode u bubnju

L — razina vode u bubnju.

Prema navedenom izrazu proizlazi da promjena ΔL ovisi o promjeni mase ΔM vode i pare u sistemu i o promjeni srednje specifične težine. Prvi izraz pridonosi integralnom ponašanju reguliranog objekta, jer je promjena mase u bubnju jednaka integralu razlike dovedene i odvedene mase, dok drugi izraz pridonosi

proporcionalnom ponašanju koje djeluje suprotno integralnom ponašanju, jer pri promjeni protoka napojne vode dolazi do momentane promjene srednje specifične težine mješavine vode i pare. Naime, u tom se slučaju dio akumulirane topline u bubnju troši za zagrijavanje dodatne količine napojne vode pa se smanjuje sadržaj pare u isparivaču i bubnju.

Pri smanjenju protoka napojne vode dolazi najprije do kratkoročnog porasta razine vode u bubnju, te nakon toga do integralnog smanjivanja.

Takvo ponašanje reguliranog objekta uzrokuje praktične i teoretske poteškoće kod regulacije razine.

2.2. Prijelazne pojave

2.2.1. Prijelazna pojava izvršne veličine

Prijelazna pojava izvršne veličine određuje se pomoću prijelazne karakteristike, pri čemu je ulazni signal promjena izvršne veličine (promjena položaja izvršnog uređaja), a izlazni signal je vremensko ponašanje razine vode u bubnju.

U tablici I prikazane su preporučljive vrijednosti za prijelaznu pojavu izvršne veličine [7].

Tablica I.

Izvršna veličina	Prijelazna karakteristika razine nivoa vode u bubnju s prirodnom cirkulacijom	
	$T_t + T_k$	K_I
	s	mm/min
		10 % promjena protoka napojne vode
Protok napojne vode	10–40	5–30

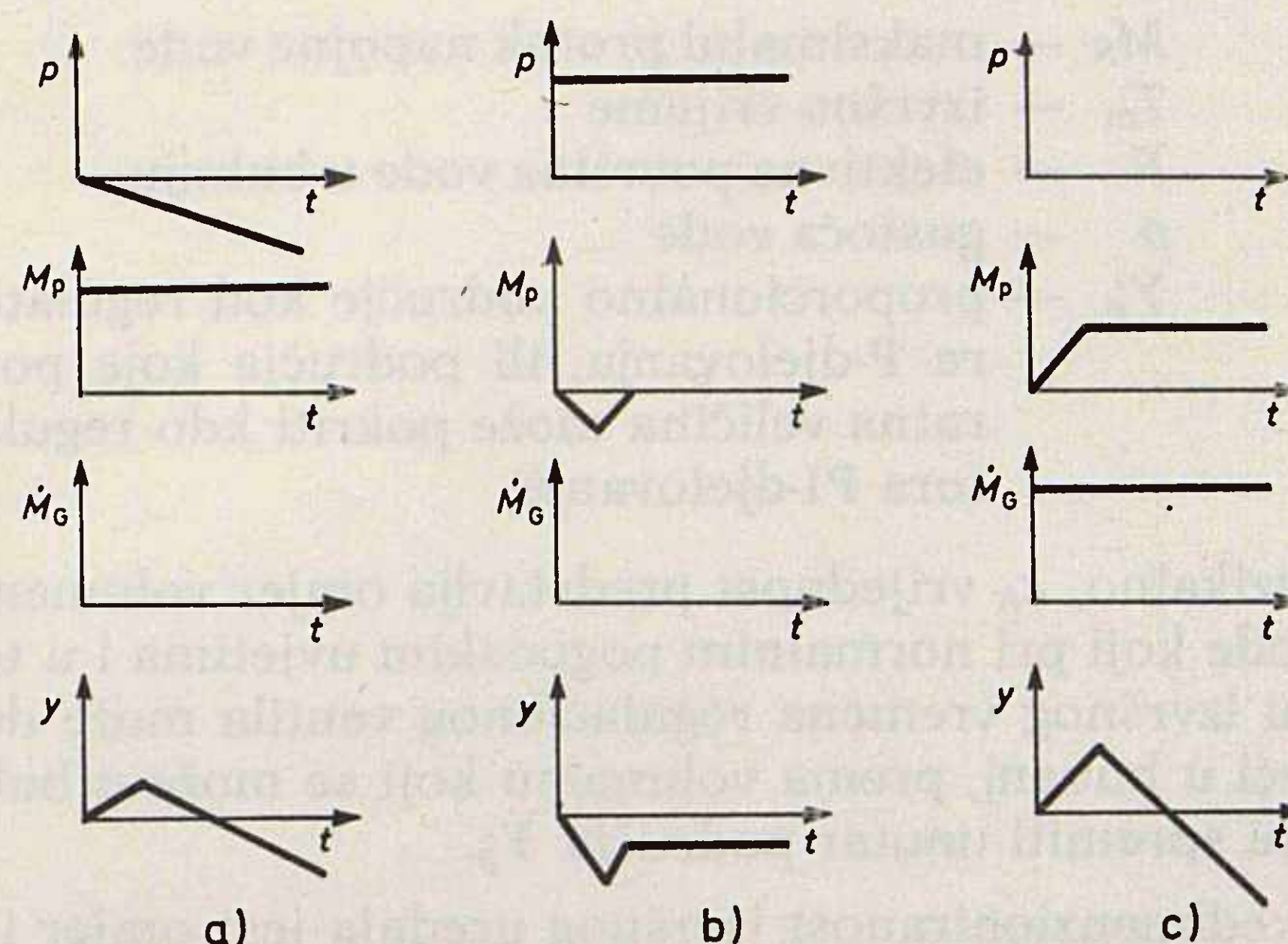
Male K_I vrijednosti (koeficijent I-djelovanja) se odnose na generatore pare male snage, dok se velike vrijednosti odnose na generatore pare velike snage.

2.2.2. Prijelazne pojave poremećajne veličine

Prijelazne pojave poremećajne veličine određuju se pomoću prijelazne karakteristike, pri čemu je ulazni signal promjena bilo koje poremećajne veličine, a izlazni signal je vremensko ponašanje razine vode u bubnju.

Glavna poremećajna veličina je promjena protoka pare. Na sl. 5. prikazane su prijelazne karakteristike razine vode za sljedeće poremećajne veličine:

- a) protok pare (M_p),
- b) tlak pare (P_p),
- c) količina goriva dovedena u ložište (M_G).



Slika 5. Prijelazna karakteristika (shematska) razine vode (Y) u bubnju za različite poremećajne veličine (objašnjenje u tekstu)

3. ZAHTJEVI NA REGULACIJU

Zadaća regulacije razine vode u bubnju jest prilagođivanje protoka napojne vode protoku proizvedene pare.

Stvarana razina vode ne smije ni u kojem slučaju prekoračiti donju prema propisima određenu razinu, niti gornju prema konstrukcionim zahtjevima određenu razinu (sl. 3), pa stoga mjerno područje najmanje jednog mjernog uređaja treba biti veće od navedenih dozvoljenih granica [2].

Prestrogi zahtjevi na kvalitetu regulacije razine vode u stacionarnom stanju djeluju loše na dinamičko i pogonsko ponašanje sistema (npr. varijacije protoka napojne vode). Kvaliteta regulacije očituje se u tome da kod prijelaznih pojava (npr. promjena opterećenja) ni u kojem slučaju nije nadvišenje veće od područja regulacije (sl. 3).

Promjene regulirane i izvršne veličine trebaju se odvijati prema kriterijima minimalne smetnje, tj. trebaju biti po mogućnosti periodične i prigušene. Statističke oscilacije (šumovi) nastale od mehaničkih oscilacija, oscilacije izvršnih uređaja itd. ne smiju djelovati unutar područja opterećenja s automatskom regulacijom napajanja, na protok napojne vode u iznosu većem od 2 % maksimalnog radnog protoka.

Prema istočnonjemačkom standardu [4] stabilnost regulacije je zadovoljavajuća ako je vrijeme smirivanja $T_s < 150$ s pri promjeni izvršne, zadane ili poremećajne veličine. Prema tome, ako nije drugačije dogovoreno, područje tolerancije β iznosi 80 % nadvišenja. Dinamičko ponašanje regulacijske petlje (nadvišenje i maksimalni broj poluvalova) ovisi o k_A vrijednosti i o predimenzioniranosti d izvršnog uređaja [5]. k_A vrijednost računa se prema izrazu:

$$k_A = \frac{\dot{M}_N \cdot T_m}{F \cdot \rho \cdot Y_p}, \quad (3)$$

gdje je:

k_A — karakteristika regulacijske petlje razine vode

- M_N — maksimalni protok napojne vode
 T_m — izvršno vrijeme
 F — efektivna površina vode u bubnju
 ρ — gustoća vode
 Y_p' — proporcionalno područje kod regulatora P-djelovanja, ili područje koje povratna veličina može pokriti kod regulatora PI-djelovanja.

Fizikalno, k_A vrijednost predstavlja omjer volumena vode koji pri normalnim pogonskim uvjetima i u toku izvršnog vremena regulacionog ventila može doći u bubanj, prema volumenu koji se može u bubnju spremiti unutar područja Y_p' .

Predimenzioniranost izvršnog uređaja jest omjer između područja izvršne veličine B_m i maksimalnog protoka napojne vode $\dot{M}_N$:

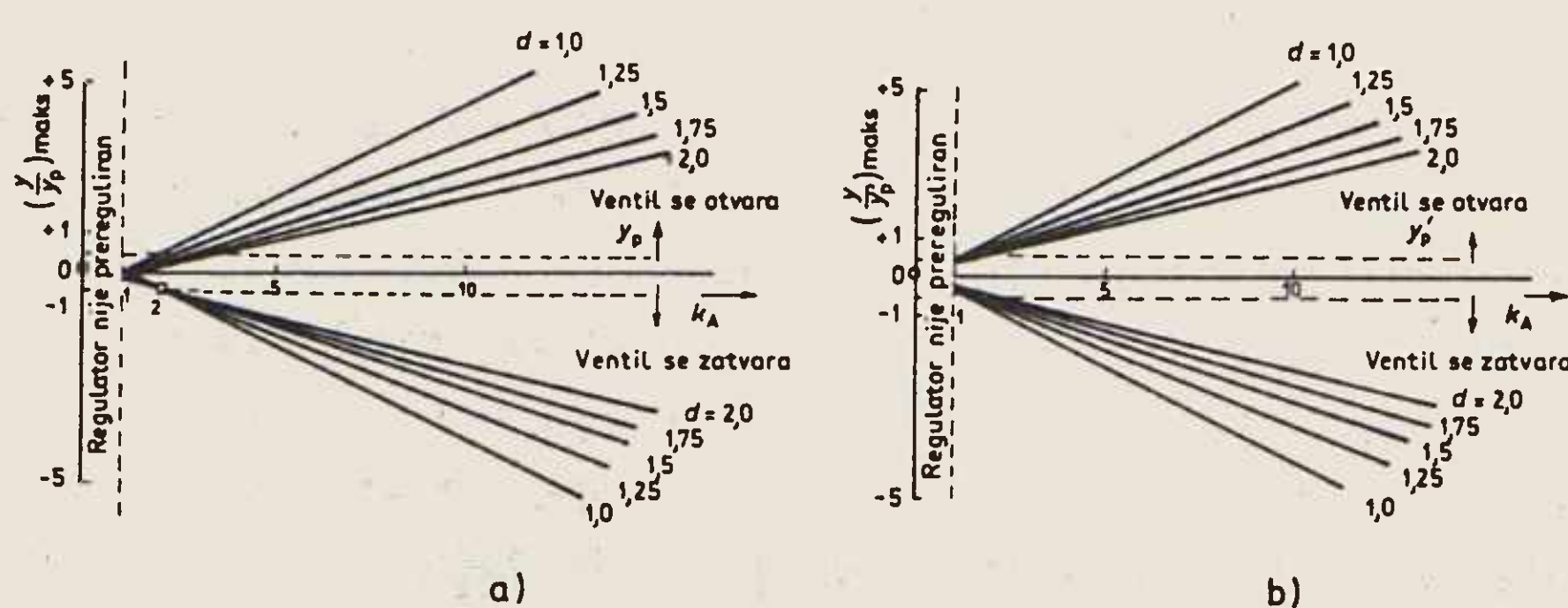
$$d = \frac{B_m}{\dot{M}_N}.$$

Predimenzioniranost treba biti veća od 1, ali ne nepotrebno velika. Uglavnom, ona ima vrijednost 1,25.

Ako je regulacijski ventil prevelike dimenzije ili servomotor prebrzog djelovanja, doći će do poteškoća u reguliranju, i to u slučaju kod brze i velike promjene poremećajne veličine, jer dolazi do bržeg prolaza razine vode kroz područje regulacije Y_p' nego što je potrebno za prolaz povratne veličine. U tom slučaju dolazi do oscilacija u sistemu.

Za idealni regulator vrijedi sljedeće:

- za $k_A < 1$ ne nastupaju oscilacije i regulator je bolji nego što treba biti,
- za $1 < k_A < 2$ može doći do prigušenih oscilacija, nadvišenje je za regulatore P-djelovanja unutar proporcionalnog područja te je regulator dobar,
- za $k_A > 2$ nadvišenje može biti veće od područja Y_p' .



Slika 6. Ovisnost nadvišenja $(Y/Y_p')_{\max}$ kod skokovite promjene poremećajne veličine o k_A vrijednosti i predimenzioniranosti d : a) regulator P-djelovanja, b) regulator PI-djelovanja

Uz pretpostavku da je promjena poremećajne veličine jednaka jedinici i da ne dolazi do promjene u razlici tlaka na izvršnom uređaju prije i nakon poremećaja, vrijede sljedeći izrazi za nadvišenje $(Y/Y_p')_{\max}$ [5]:

$$\left(\frac{Y}{Y_p'}\right)_{\max} = \pm \frac{1}{d} \frac{k_A}{2} - \frac{1}{2} \quad (4)$$

za regulator P-djelovanja, i

$$\left(\frac{Y}{Y_p'}\right)_{\max} = \pm \frac{1}{d} \frac{k_A}{2} \quad (5)$$

Za regulator PI-djelovanja za maksimalni broj poluvla n vrijede izrazi:

$$\text{za } k_A \geq \frac{2}{2-d} \quad n \geq \frac{d}{4} \cdot k_A \quad (6)$$

$$\text{za } k_A < \frac{2}{2-d} \quad n \geq \frac{k_A}{2} - \frac{1}{2} \quad (7)$$

Na slici 5. prikazana je ovisnost nadvišenja o k_A vrijednosti s parametrom d . Iz navedenog razmatranja vidljivo je da dinamička svojstva regulatora ovise o k_A vrijednosti, pa je stoga važno već u fazi ponude zahtijevati od proizvođača opreme podatke o k_A vrijednosti.

4. OSNOVNE SCHEME REGULACIJE

Postoji nekoliko shema regulacije razine vode u bubnju (jednokomponentna, dvokomponentna i trokomponentna regulacija), a koja će se shema regulacije primijeniti, ovisi o karakteristikama objekta regulacije i o zahtjevima na kvalitetu regulacije, kao što su prijelazna karakteristika objekta, zahtjevi na promjenu opterećenja generatora pare, promjena razlike tlaka na regulacionom ventilu napojne vode, odstupanja statičke karakteristike ventila, zahtjevi na konstantnost razine vode u bubnju itd.

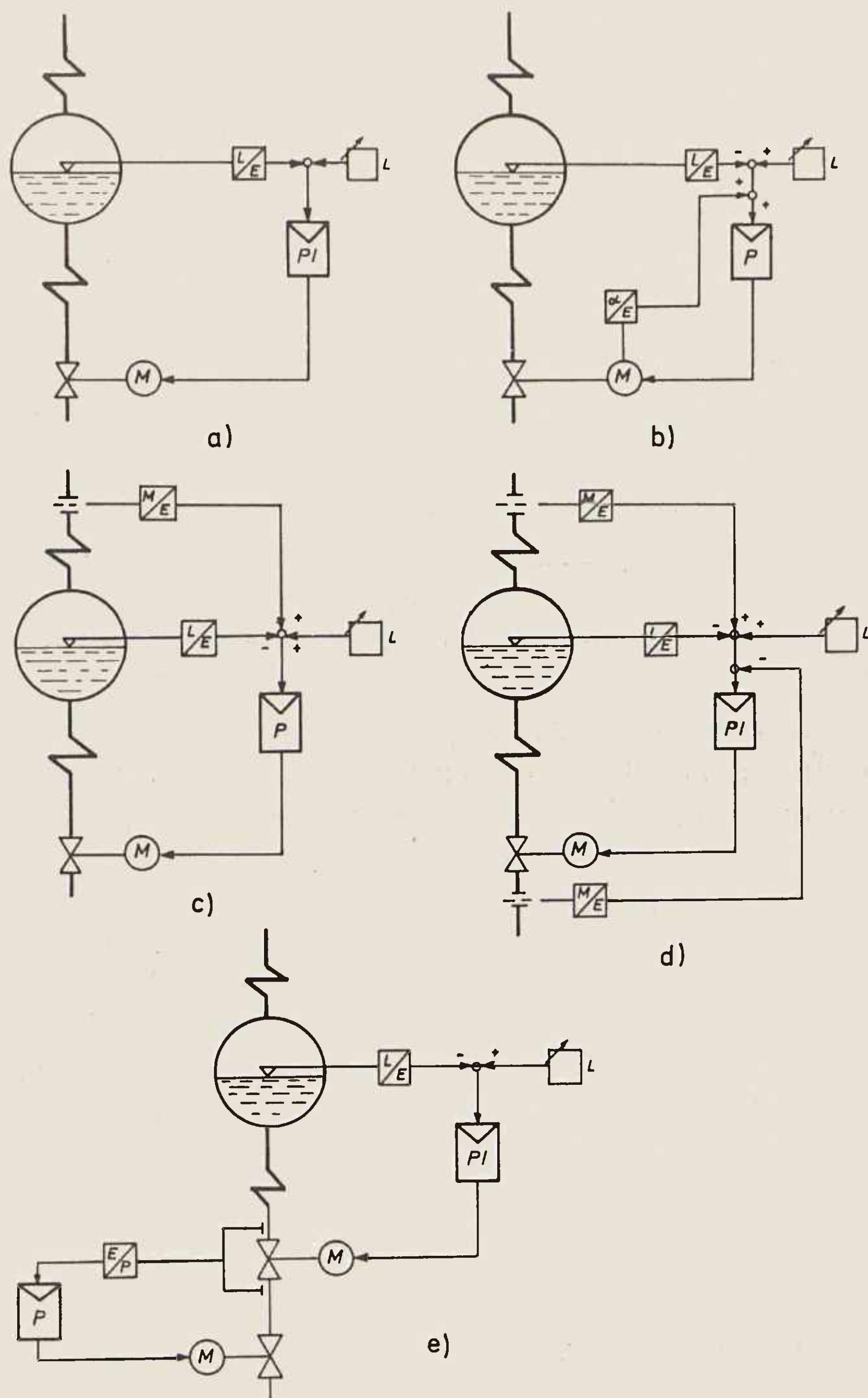
Kod generatora pare male proizvodnje koristi se regulacija na čvrstu vrijednost bez signala poremećajne veličine ili povratne veze, tzv. jednokomponentna regulacija (sl. 7.a).

Budući da objekt regulacije ima integralnu karakteristiku, koristi se regulator PI-djelovanja. Regulator I djelovanja se ne koristi zbog mogućih nestabilnosti, dok regulator P djelovanja ima ograničenu primjenu zbog statičke pogreške.

Ako na regulacijskom ventilu napojne vode nastaju velike promjene razlike tlaka (npr. kod malih opterećenja generatora pare), koristi se dodatna regulacijska petlja koja održava tu razliku tlaka na konstantnoj vrijednosti (sl. 7.e). Izvršno vrijeme regulatora razlike tlaka treba biti manje od izvršnog vremena regulatora protoka napojne vode, kako bi se promjene tlaka regulirale prije nego što dođe do promjene razine u bubnju. Kod linearne statičke karakteristike i konstantne razlike tlaka na regulacionom ventilu protok napojne vode je u linearnoj ovisnosti o položaju regulacionog ventila.

Kod generatora pare male proizvodnje, ali s većim zahtjevima na kvalitetu regulacije, koristi se dvokomponentna regulacija. Razlikuju se dvije sheme regulacije, i to regulacija sa signalom položaja regulacionog ventila napojne vode kao povratnom vezom (sl. 7b), te regulacija sa signalom protoka napojne vode ili pare kao poremećajnom veličinom (sl. 7c). U toj shemi regulacije koristi se regulator P-djelovanja.

Korištenjem signala povratne veze (npr. signala protoka napojne vode) korigira se utjecaj promjene razlike tlaka i nelinearnost statičke karakteristike regulacionog ventila na protok napojne vode.



Slika 7. Sheme regulacije razine vode u bubnju generatora pare

a) jednokomponentna regulacija, b) dvokomponentna regulacija sa signalom položaja ventila kao povratnom vezom, c) dvokomponentna regulacija sa signalom protoka pare kao povratnom vezom, d) trokomponentna regulacija, e) regulacija razlike tlaka na izvršnom uređaju

Međutim, dvokomponentna regulacija ne pruža veliko poboljšanje prema jednokomponentnoj regulaciji, pa se za regulaciju razine vode u bubnju najčešće koristi trokomponentna regulacija (sl. 7d). Kod te regulacije je razina vode u bubnju regulirana veličinama, a signali protoka napojne vode i pare su priključeni kao poremećajne veličine.

Takvom regulacijom korigira se protok napojne vode s obzirom na promjenu protoka pare, prije nego dolazi do promjene razine vode. Promjena protoka napojne vode neovisna je o statičkoj karakteristici izvršnog uređaja. U toj regulacionoj shemi se koristi PI-regulator, koji nema statičke pogreške, pa je razina vode u bubnju na namještenoj vrijednosti.

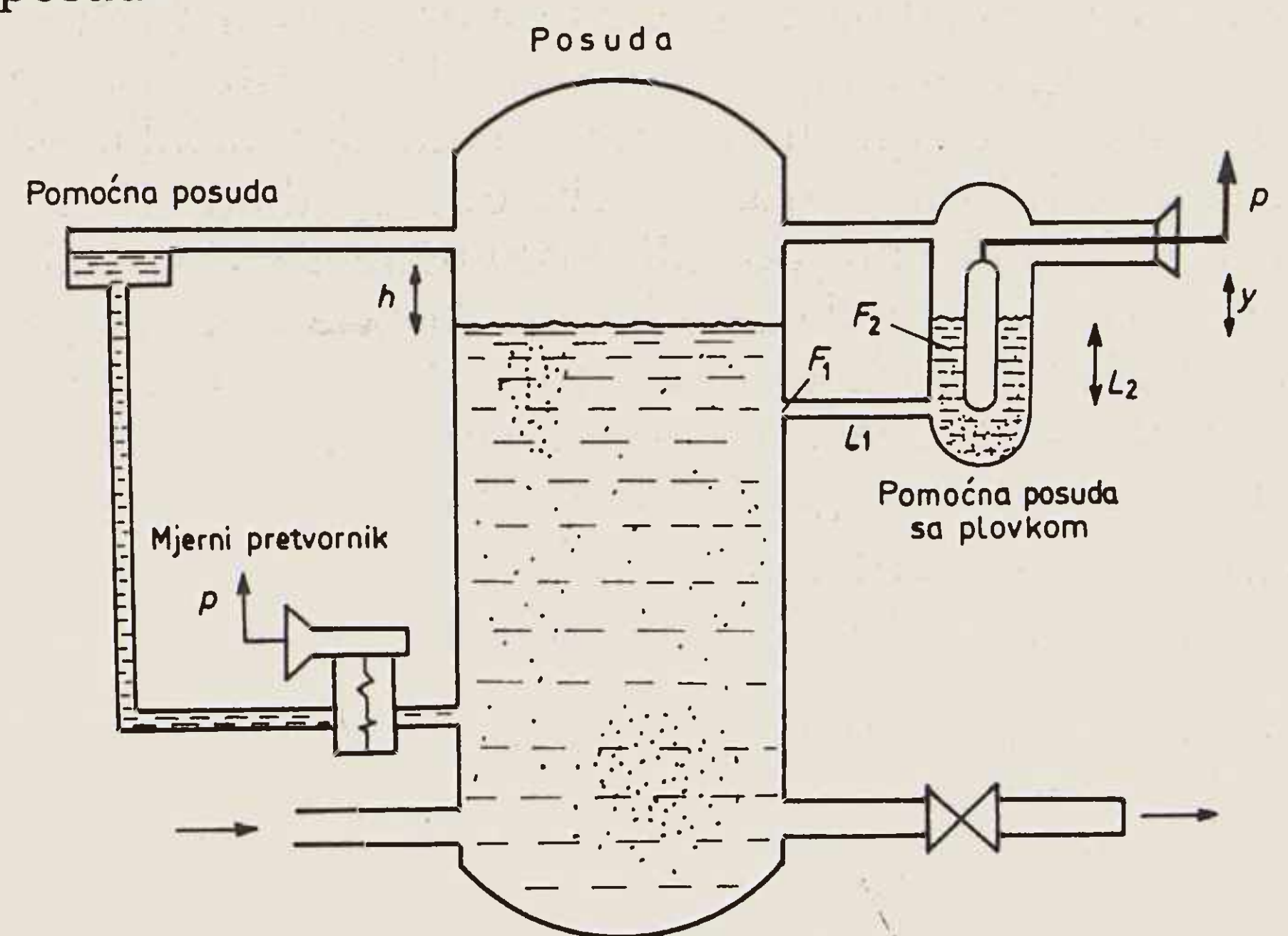
5. MJERNI UREĐAJI

5.1. Mjerenje razine vode u posudi (bubanj) ili odjeljivač vode od pare

Mjerenje razine vode u posudi ima specifičnosti koje utječu na sistematske greške mjerenja. Točna razina

vode ne postoji, pa se stoga mjernim davačima određuje prividni srednji položaj razine. Mjerenje razine vode uglavnom se osniva na dva principa: mjerenju razlike hidrostatskog tlaka između stupca vode konstantne visine i tlaka u posudi, mjerenju pomaka plovka uslijed uzgona, (sl. 8.). Postoje dva tipa mjernih pretvarača: i to pretvarači s kompenzacijom sile (indukcioni tip) i pretvarači s kompenzacijom pomaka (tip diferencijalnog transformatora).

Plovak za mjerenje razine ima cilindričan oblik i njegova dužina veća je od mjernog područja. Sila uzgona, koja djeluje na plovak, jednaka je produktu istisnutog volumena vode i specifične težine vode, te predstavlja mjeru za razinu vode. Plovak može biti smješten u posudi u kojoj se mjeri volumen, no zbog smetnji od turbulencije češće se nalazi u pomoćnoj posudi.



Slika 8. Mjerenje razine vode pomoću plovka ili razlike hidrostatskog tlaka

Pomoćna posuda spojena je pomoću dvije priključne cijevi s glavnom posudom, i to tako da je jedna cijev priključena u područje pare, a druga u područje vode. Stupac vode u pomoćnoj posudi može u toku prijelaznih pojava doći u oscilaciju s razinom vode u glavnoj posudi, što se odražava na stabilnost regulacijske petlje. Prirodne frekvencije w_n stupca vode može se izračunati iz izraza (8):

$$w_n^2 = g / (L_2 + L_1 \times F_2 / F_1),$$

gdje su:

g — konstanta gravitacije
 L_1, L_2 — dužine prema slici
 F_1, F_2 — površine prema slici.

Sa stajališta regulacije poželjno je da ta frekvencija bude što veća, a to se može postići sa smanjenjem dužine priključne cijevi L_1 . Za stabilnost mjerenja važno je da je omjer prigušenja h/y što veći. Taj omjer može se povećati ugradnjom restrikcije u priključnoj cijevi ispunjenoj vodom.

Razlika u specifičnoj težini pothladene vode u pomoćnoj posudi i vode u glavnoj posudi uzrokuje razliku u razinama vode. Ako je razlika specifičnih težina vode konstantna, odstupanje razine se u mjernom pretvaraču može korigirati, no ako dođe do promjena u razlici specifičnih težina, mogu nastati

značajne greške mjerenja. Te razlike mogu nastati zbog:

- gubitka topline iz pomoćne posude
- dovoda topline u pomoćnu posudu kondenzacijom zasićene pare
- dovoda topline u pomoćnu posudu uslijed dotoka vruće vode kod porasta razine
- promjene tlaka.

Greške mjerenja su manje ako je temperatura vode u pomoćnoj posudi bliža temperaturi u glavnoj posudi, a to se može postići dobrom izolacijom priključne cijevi u vodenom području ili intenzivnom kondenzacijom.

Mjera za razinu vode može biti i razlika hidrostatskog tlaka između stupca vode konstantne visine i stupca vode u posudi. Konstantna visina vode održava se pomoću kondenzacije u pomoćnoj posudi. Razina vode u pomoćnoj posudi treba biti nešto viša od najviše razine vode u glavnoj posudi, dok priključna cijev u vodenom području treba biti ispod najniže razine vode u glavnoj posudi. Priključne cijevi trebaju biti izvedene tako da se odražava konstantna temperatura, jer kod visokih tlakova male promjene temperature jako utječu na promjenu specifične težine vode, pa time i na greške mjerenja.

Važne karakteristike mjernog pretvarača razlike tlaka sa stajališta stabilnosti regulacijske petlje jesu:

- a) statičko pojačanje, uobičajeno iskazano mjernim područjem,
- b) dinamičke karakteristike.

S obzirom na mjerno područje mjernog pretvarača preporuča se da proporcionalno područje regulatora bude u inverznom odnosu prema mjernom području [6]. To znači da prilikom izbora između dvaju mjernih pretvarača, mjernog područja 5 i 100 mm H₂O, za prvi je mjerni pretvarač potrebno proporcionalno područje 20 puta veće nego za drugi.

Mjerni pretvarač predstavlja sistem prvog reda s prirodnom frekvencijom koja se mijenja u širokim granicama, te stoga nije moguće dati opće zaključke za utjecaj dinamičkih karakteristika na stabilnost regulacijske petlje.

U svakom slučaju, vremenski odziv mjernog pretvarača razlike tlaka, kao i mjernog pretvarača s plovkom, treba biti sa što manjim vremenom kašnjenja. Greška mjerenja treba iznositi najviše 10% područja regulacije (sl. 3) u slučaju promjene razine sa najvećom mogućom brzinom $c_{\text{max}}(1)/2$. Na točnost mjerenja razine vode najviše utječu tzv. sistematske greške. Naime, mjerni pretvarači razine projektirani su za određeno radno područje i pri odstupanju od tog radnog područja (npr. upuštanje generatora pare) dolazi zbog razlika u specifičnoj težini vode i vodene pare do značajnih grešaka u mjerenju. U takvim stanjima potrebno je korigirati mjerni signal. Mjerni signal razine vode korigira se prema izrazu:

$$h = K \cdot \Delta P \cdot P, \quad (9)$$

gdje je

- h — korigirana razina
- K — konstanta
- ΔP — razlika hidrostatskog tlaka
- P — tlak u posudi.

5.2. Mjerenje protoka (napojne vode, pare)

Za mjerenje protoka napojne vode i pare koriste se uobičajena mjerna osjetila, npr. prigušnice i sapnice.

Mjerni pretvarači treba da imaju veliku osjetljivost i malu histerezu. Vremenski odziv mjernih pretvarača treba odgovarati promjenama brzine protoka pare ili vode, tj. vrijeme uspona mjernog uređaja treba biti to manje što je manje vrijeme uspona objekta regulacije.

S obzirom na promjene pogonskog stanja, potrebno je obaviti korekciju mjernih signala protoka pare ili napojne vode. Korekcija se vrši prema izrazu:

$$\dot{M} = K \sqrt{\frac{\Delta P \cdot P}{T}}, \quad (10)$$

gdje je:

- $\dot{M}$ — protok pare ili napojne vode
- K — konstanta
- ΔP — razlika tlaka na mjernom pretvaraču
- T — temperatura
- P — tlak.

6. IZVRŠNI UREĐAJI

6.1. Opće karakteristike

Napojne pumpe dobavljaju potrebnu količinu napojne vode iz spremnika napojne vode preko visokotlačnog pregrijača do ulaza u generator pare. Napojna voda na ulazu u generator pare mora biti pod odgovarajućim tlakom, koji ovisi o tkalu pare na izlazu iz generatora pare, o geodetskoj razlici visina između izlaza i ulaza u generator pare i o padu tlaka unutar generatora pare zbog trenja u cijevima. Tlak napojne vode na ulazu u generator pare uobičajeno je viši od potrebnog tlaka, a ta razlika tlaka prigušuje se u regulacionom ventilu napojne vode.

Protok napojne vode regulira se pomoću prigušivanja na regulacionom ventilu ili pomoću promjena brzine vrtnje napojnih pumpi. Često se kod generatora pare velike proizvodnje primjenjuje kombinacija regulacije prigušivanjem i promjenom brzine vrtnje, koja je naročito pogodna za puštanje i rad na malim opterećenjima protočnih generatora pare.

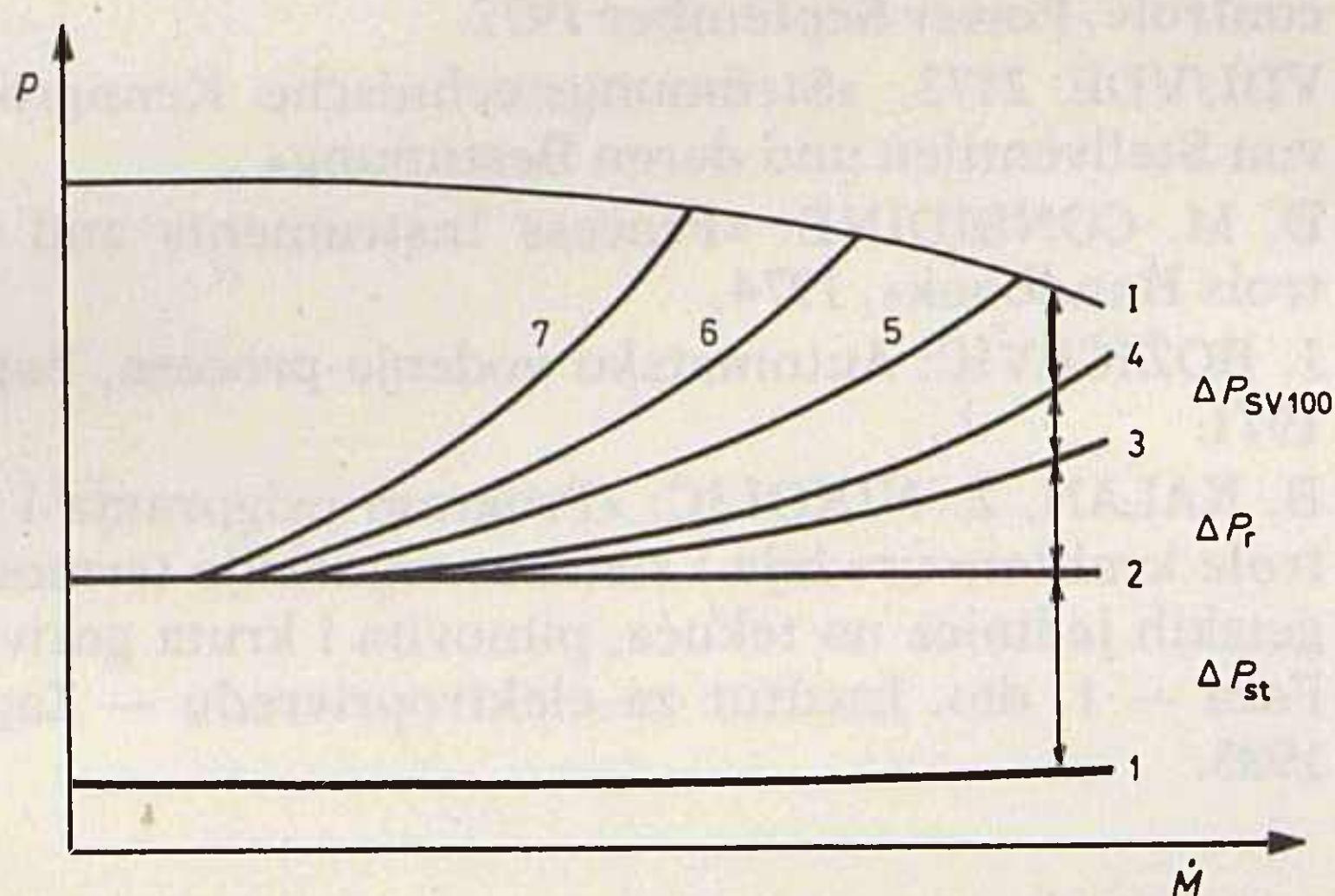
Na sl. 9. prikazane su statičke karakteristike napojnih pumpi i generatora pare pri konstantnoj brzini vrtnje napojnih pumpi. Statičke karakteristike generatora pare sastoje se od konstantnog iznosa ΔP_{st} , koji odgovara razlici tlaka pare na izlazu iz generatora pare, i tlaka vode u spremniku napojne vode, uzevši u obzir geodetsku razliku visina mjernih mjesta, zatim od promjenljivog dijela ΔP_r , koji predstavlja pad tlaka u cijevima, i dijela ΔP_{sv100} , koji predstavlja

pad tlaka na potpuno otvorenom regulacionom ventilu.

Mjesto konstantnog tlaka, krivulja 2, jest tlak pare na izlazu iz generatora pare kod režima rada s konstantnim tlakom pare.

Krivulja 1 predstavlja statičku karakteristiku napojnih pumpi, tj. ovisnost tlaka napojne vode na izlazu iz napojne pumpe u ovisnosti o protoku napojne vode, a pri konstantnoj brzini vrtnje napojnih pumpi. Taj se tlak sastoji od tlaka na ulazu u pumpu i povećanja tlaka zbog rada same pumpe. Protok napojne vode $\dot{M}$ sastoji se od protoka kroz pumpu umanjeno za protok vode za uštrcavanje te protoka recirkulacije napojnih pumpi radi održavanja minimalnog protoka.

Razlika između krivulja 1 i 4 predstavlja pad tlaka zbog prigušivanja na regulacionom ventilu.



Slika 9. Statičke karakteristike napojnih pumpi i sistema pri konstantnoj brzini vrtnje

6.1.1. Područje izvršne veličine

Područje izvršne veličine treba biti unutar sljedećih granica:

- Ako postoji posebna armatura za upuštanje i zaustavljanje generatora pare, onda minimalni protok treba biti 20% manji od protoka za minimalno opterećenje generatora pare koji se još može regulirati.
- Ako ne postoje navedene armature, pomoću izvršnog uređaja treba se protok smanjiti do nule.
- Najveći protok treba kao najmanje odgovarati maksimalnom trajnom opterećenju generatora pare.

6.1.2. Statičke karakteristike izvršnog uređaja

Statičke karakteristike izvršnog uređaja predstavljaju ovisnost protoka napojne vode o položaju izvršnog uređaja kod određene razlike tlaka na izvršnom uređaju. Statičke karakteristike treba da budu u području od minimalnog do maksimalnog opterećenja generatora pare, po mogućnosti linearne.

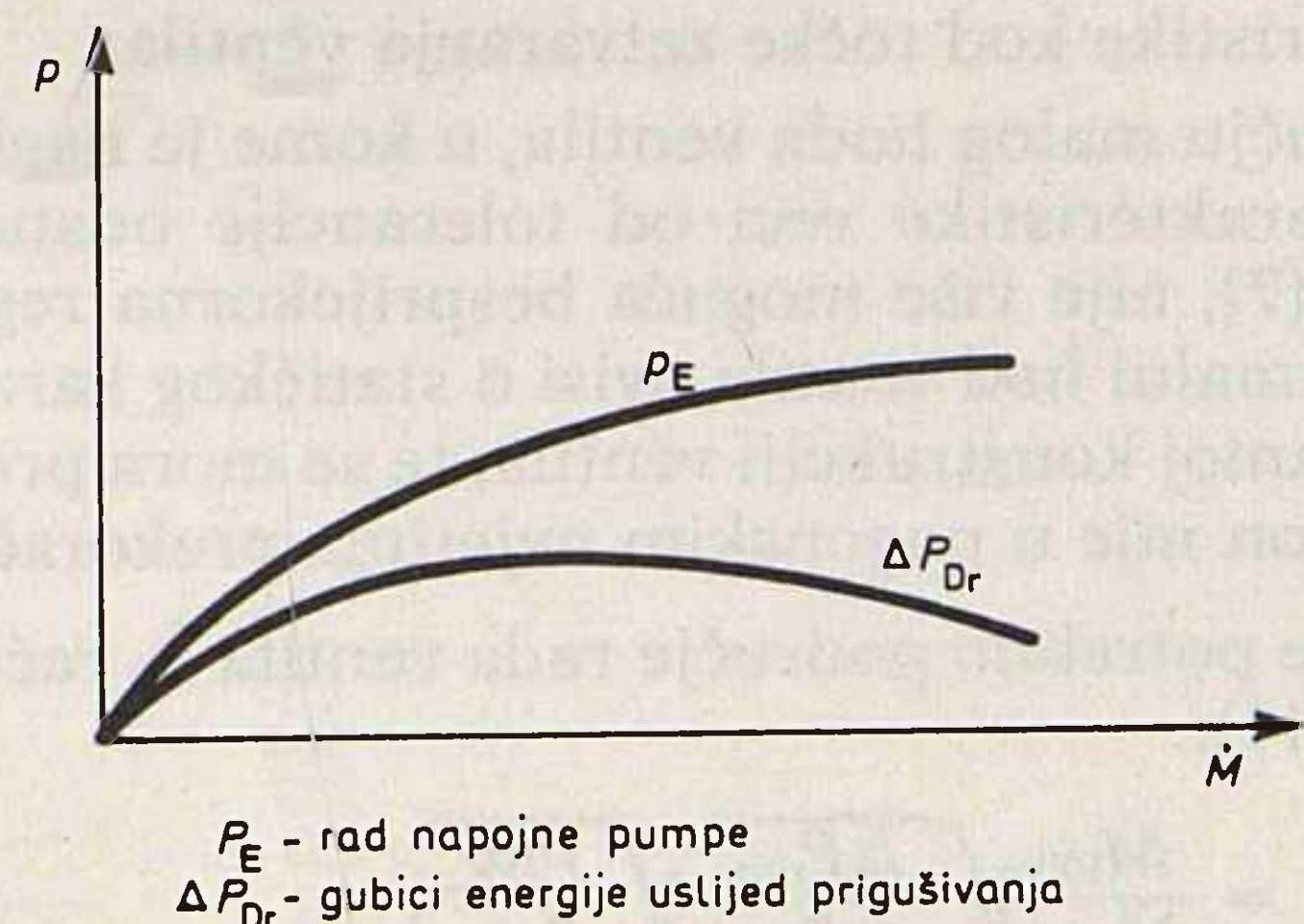
6.1.3. Izvršno vrijeme

Izvršno vrijeme treba prilagoditi brzini promjene poremećajne veličine s obzirom na vrijeme uspona T_u objekta regulacije. Preporuča se da izvršno vrijeme nije kraće od 30 s /2/.

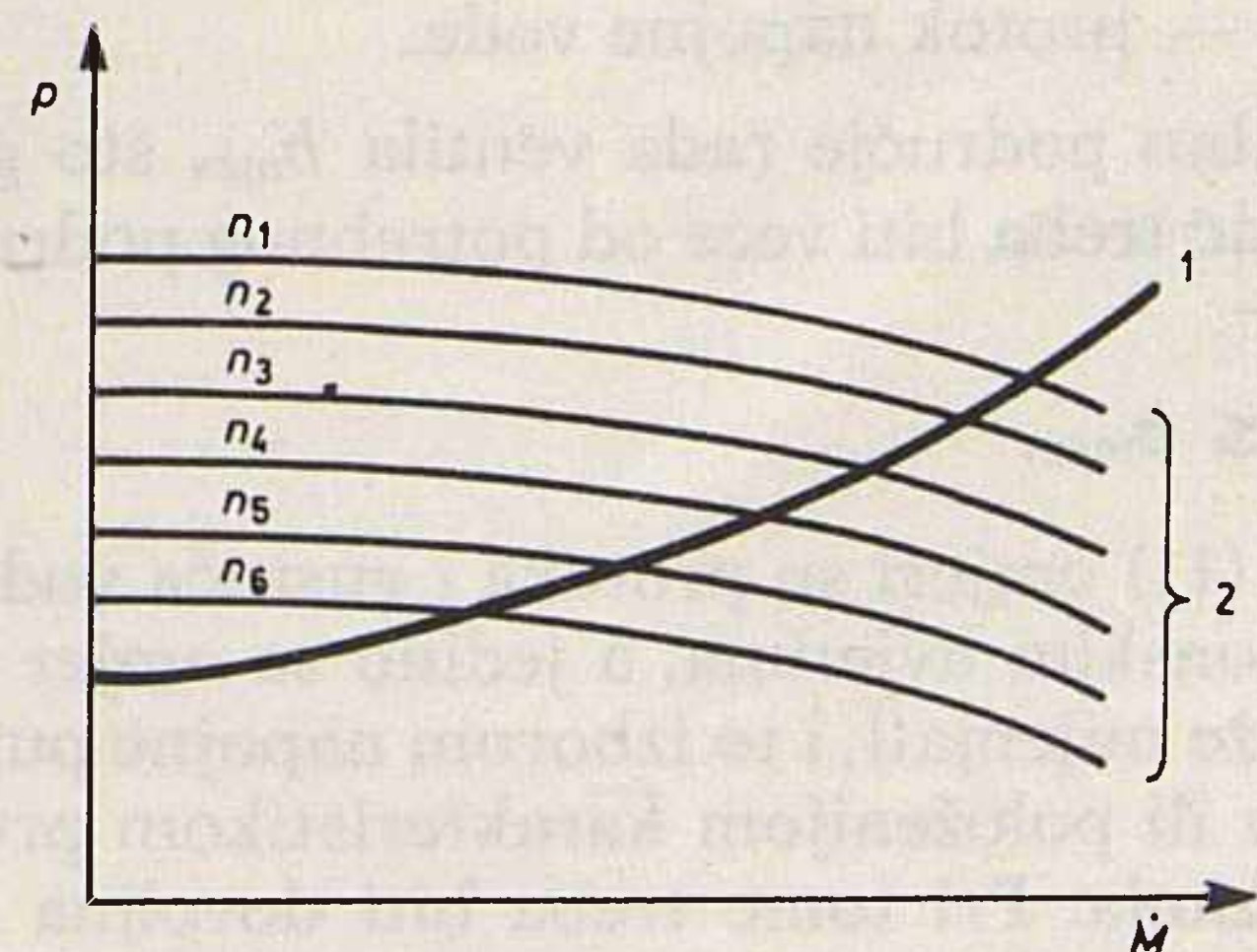
6.2. Regulacija pomoću promjena brzine vrtnje napojnih pumpi

Pri regulaciji protoka pomoću prigušivanja dolazi do gubitka energije. Na sl. 10. prikazani su gubici energije zbog prigušivanja na regulacionom ventilu.

Radi smanjenja gubitaka energije uobičajeno se protok napojne vode regulira promjenom brzine vrtnje napojnih pumpi. Pri toj regulaciji mijenja se brzina vrtnje n sve dok statička karakteristika napojnih pumpi 2 ne presijeca statičku karakteristiku sistema 1 kod potrebnog protoka napojne vode (sl. 11).



Slika 10. Statička karakteristika rada napojne pumpe pri konstantnoj brzini vrtnje



Slika 11. Statička karakteristika napojnih pumpi i sistema pri promjenljivoj brzini vrtnje n

Statička karakteristika napojne pumpe, tj. ovisnost protoka napojne vode o položaju izvršnog uređaja, uglavnom nije linearna. To je zbog nelinearnosti između izvršnog položaja i brzine vrtnje napojne pumpe pri odgovarajućem opterećenju. Statičke karakteristike moguće je poboljšati pomoću:

- priključenog grebena između izvršnog uređaja i pogonskog motora napojnih pumpi
- povratne veze odgovarajuće veličine (npr. protok napojne vode, položaj izvršnog uređaja).

6.3. Regulacija pomoću prigušivanja

Razlika tlaka između napojne pumpe i ulaza u predgrijač napojne vode prigušuje se na regulacionom ventilu tako da promjenljiva statička karakteristika sistema 4–7 presicjeka statičku karakteristiku napojne pumpe I kod potrebnog protoka napojne vode (sl. 9)

S obzirom na protok napojne vode kod određene razlike tlaka na ventilu, ovisnost između hoda i otvorenosti ventila treba biti takva da statička karakteristika ventila bude linearna. Kod različitih konstrukcija ventila, statička karakteristika je linearna u ograničenom području, pa se stoga unutar linearnog područja trebaju nalaziti regulirano minimalno i trajno maksimalno opterećenje generatora pare.

Pad tlaka na potpuno otvorenom regulacionom ventilu napojne vode uvjetovan je konstrukcijom, jer kod zadanog presjeka priključnih cijevi otvoreni presjek ventila ne može biti proizvoljno veliki. Statička karakteristika entila naročito odstupa od linearne karakteristike kod točke zatvaranja ventila.

U području malog hoda ventila, u kome je nagib statičke karakteristike veći od tolerancije odstupanja nagiba [7], nije više moguća besprijekorna regulacija. Minimalni hod ventila ovisi o statičkog karakteristici i samoj konstrukciji ventila, te se mora provjeriti da li on nije u pogonskim uvjetima prekoračen.

Stoga se potrebno područje rada ventila b_e računa iz izraza (11):

$$b_e = \frac{\dot{M}_{100}}{\dot{M}_{\min}} \sqrt{\frac{\Delta P_{\min}}{\Delta P_{100}}} \sqrt{\frac{\rho_{100}}{\rho_{\min}}}, \quad (11)$$

gdje je:

ρ — gustoća napojne vode

ΔP — razlika tlaka

$\dot{M}$ — protok napojne vode.

Maksimalno područje rada ventila $b_{\max}$ što ga daje proizvođač treba biti veće od potrebnog područja rada b_e , tj.

$$b_e \leq b_{\max}, \quad (12)$$

U izrazu (11) omjeri su protoka i gustoća vode određeni pogonskim uvjetima, a jedino se omjer razlike tlaka može mijenjati, i to izborom napojne pumpe sa strmijom ili položenijom karakteristikom protoka i visine dizanja. Pri tome treba biti dovoljna razlika tlaka ΔP_{100} ; uobičajeno ona iznosi oko 5 % maksimalnog radnog tlaka ububnju kod generatora pare s bubnjem.

Odabere li se veća rezerva tlaka, to se lakše proces izregulira, no to ide na štetu većeg gubitka energije.

Ako generator pare treba raditi i na malim opterećenjima, potrebno je da regulacioni ventil ima veliko radno područje b_e , ili da je na punoj snazi veliki pad tlaka ΔP_{100} , ili da postoji dodatna regulacija pada tlaka na ventilu napojne vode.

Dodatnom regulacijom pada tlaka (slika 7e) na regulacionom ventilu napojne vode moguće je održavati malu vrijednost pada tlaka kod svih opterećenja, pa

je stoga smanjeno potrebno radno područje b_e ventila ($\Delta P_{\min}$ je jednako ΔP_{100}).

LITERATURA

- [1] JUS N. AO. 351, »Automatsko upravljanje«, Termini i definicije, 1983.
- [2] VDI/VDE 3502, Dampferzeuger-Regelung: »Trommelwasserstand-Regelung«, 1962.
- [3] G. KLEFENZ: »Die Regelung von Dampfkraftwerken«, Bibliographisches Institut, 1971.
- [4] TGL 27604, DDR Fachbereichstandard: »Stationäre Dampferzeugungsanlagen«, Regelungen, 1973.
- [5] U. SAUERBECK: »Der k_A -Wert von Wasserstandreglern«, Regelungstechnische Praxis« 3 (1961)
- [6] G. D. ANDERSON: »Stability — key to liquid — level control«, Power September 1972.
- [7] VDI/VDE 2173, »Strömungstechnische Kenngrößen von Stellventilen und deren Bestimmung«
- [8] D. M. CONSIDINE: »Process Instruments and Controls Handbook«, 1974.
- [9] J. BOŽIČEVIĆ: Automatsko vodenje procesa, Zagreb, 1971.
- [10] B. KALAN, Ž. NIKOLIĆ: »Program osiguranja i kontrole kvalitete uređaja i sistema regulacije termoelektričnih jedinica na tekuća, plinovita i kruta goriva«, I Faza — 1. dio, Institut za elektroprivredu — Zagreb, 1983.

QUALITY ASSURANCE REQUIREMENTS FOR CONTROL OF WATER LEVEL IN DRUM

In the article are elaborated quality assurance requirements for control of water level in boiler drum. Analyzed are characteristics of controlled object, requirements for control as well as requirements for measuring transmitters and final control devices.

QUALITÄTSANSPRUCHE AN DIE REGULIERUNG DES WASSERSTANDES IN DER TROMMEL

Im Artikel werden die Qualitätsansprüche an die Regulation des Wasserstandes in der Trommel des Dampfgenerators bearbeitet. Besprochen werden die Charakteristiken des Regulationsobjektes, die Qualitätsansprüche an die Regulation sowie Ansprüche an die Messumwarten und die Ausführungseinrichtungen.

ТРЕБОВАНИЕ КАЧЕСТВЕННОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ УРОВНЯ ВОДЫ В ПАРОГЕНЕРАТОРАХ

В статье разработаны требования, касающиеся качества регулирования уровня воды в барабанах парогенератора. Обработаны характеристики объекта регулирования, требования качества регулирования, а также и требования к преобразователям измеряемых величин и выполняющим устройствам.

Naslov pisca:

mr Boris Kalan, dipl. inž.
Institut za elektroprivredu
41000 Zagreb, Proleterskih b. 37
Jugoslavija

Uredništvo primilo rukopis
1986 — 03 — 18

ORGANIZACIJA PLANIRANJA I PRAĆENJA STUDIJSKO-ISTRAŽNIH I PROJEKTNIH RADOVA ELEKTROPRIVREDE HRVATSKE KORIŠTENJEM KOMPJUTORA

Slavica Barta-Koštrun i mr Ivan Čauš, Zagreb

UDK 621.31:681.326

STRUČNI RAD

Opisana je organizacija i proces planiranja i praćenja studijsko-istražnih i projektnih radova elektroprivrede Hrvatske, te tok obrade podataka za izradu plana i izvještaja na kompjutoru. Globalna rješenja prikazana su dijagramima, slikama i tablicama.

Ključne riječi: planiranje i praćenje projekata računalom, dokumentacija, kompjutorizacija, elektroprivreda

1. UVOD

Osnovni je zadatak elektroprivredne djelatnosti da osigura trajnu i kontinuiranu opskrbu električnom energijom, što zbog stalnog porasta potrošnje električne energije zahtijeva kontinuirano povećanje elektroenergetskih kapaciteta, odnosno kontinuirani razvoj elektroenergetskog sistema.

Za utvrđivanje razvojne koncepcije elektroenergetskog sistema potrebno je obaviti niz studijsko-istražnih i projektnih radova. Konkretizacija razvojne koncepcije počinje pripremom investicijskih projekata. U fazi koncipiranja investicijskog projekta obavljaju se studijski i istražni radovi kako bi se prikupili podaci za izradu idejnog projekta i investicijskog programa, za izradu idejnog projekta i investicijskog programa, te radovi vezani za pribavljanje građevinskog zemljišta. Na osnovi idejnog projekta i investicijskog programa obavlja se izbor objekata koji će se graditi. Da bi se aktivnosti na utvrđivanju i konkretizaciji razvojne koncepcije uspješno izvele, donosi se u ZEOH-u plan njihova izvođenja — Plan studijsko-istražnih i projektnih radova elektroprivrede Hrvatske.

U ovom radu prezentirana je organizacija studijsko-istražnih i projektnih radova elektroprivrede Hrvatske uspostavljena u toku 1984. i 1985. godine u skladu sa Samoupravnim sporazumima usvojenim 1983. godine. Opisan je uspostavljeni proces planiranja i praćenja studijsko-istražnih i projektnih radova, te tok obrade za izradu plana i izvještaja na kompjutoru.

2. TEORIJA SISTEMA I ORGANIZACIJA PLANIRANJA I PRAĆENJA STUDIJSKO-ISTRAŽNIH I PROJEKTNIH RADOVA

Za elektroenergetski sistem vrijedi općenito kao za svaki sistem da se input (materija, energija i infor-

macije) transformira u output (materija, energija i informacije) u toku procesa koji se u sistemu zbivaju. Kao svaki sistem, i elektroenergetski sistem se može raščlaniti na niz podsistema, koji se mogu također promatrati kao sistemi i dalje raščlanjivati. Na taj način dolazi se do podsistema planiranja i praćenja studijsko-istražnih i projektnih radova koji se promatra također kao sistem sastavljen od elemenata međusobno povezanih informacijskim vezama.

U ovom radu razmatra se sistem planiranja i praćenja studijsko-istražnih i projektnih radova kao informacijski sistem relevantan za donošenje odluka o pravcima razvoja elektroenergetskog sistema Hrvatske.

Sistem planiranja i praćenja studijsko-istražnih i projektnih radova u toku svog životnog vijeka prolazi kroz faze oblikovanja plana, izrade plana i realizacije plana, koje međusobno djeluju interaktivno preko informacija. Također, na njih interaktivno djeluje i okolina (priroda i društvo). Efikasnost funkcioniranja sistema planiranja i praćenja ovisi o uspostavljenim informacijskim procesima unutar sistema i između sistema i okoline.

Na osnovi ulaznih podataka i informacija plan studijsko-istražnih i projektnih radova može se oblikovati na dva načina:

- da se utvrde karakteristike svakog elementa plana, te plan dobije njihovim sabiranjem
- da se na osnovi ograničenja unutar sistema i ograničenja izvan sistema primjenom metoda optimizacije utvrde elementi i struktura plana kao optimalna varijanta.

2.1. Organizacija planiranja i praćenja

Općenito, svaki plan bi trebao sadržavati:

- ciljeve, koje kao sistem u određenom vremenskom razdoblju treba ostvariti

- popis sredstava, načina i procesa potrebnih za ostvarenje tih ciljeva
- popis organa koji će kontrolirati ciljeve, utvrditi odstupanja i donositi na osnovi povratnih informacija korektivne odluke u smislu poboljšanja postizanja ciljeva.

Plan studijsko-istražnih i projektnih radova sadrži ciljeve, tj. naslovni popis radova s potrebnim sredstvima, koje je potrebno u planskom periodu realizirati.

Sredstva, način, procesi i organi koji će kontrolirati postizanje ciljeva utvrđeni su samoupravnim sporazumima i normativnim aktima ZEOH-a.

Na osnovi toga, za organizaciju studijsko-istražnih i projektnih radova, primijenjen je model matrične organizacije s kombiniranom strukturom, jer realizacija ovih zadataka zahtijeva istodobno angažiranje više funkcionalnih službi (sektori u RZ ZEOH-a, službe razvoja u RO proizvodnje i prijenosa, stručni radnici u OOUR-ima prijenosa), te više stručnih radnih tijela (stručni odbori, komisije, savjeti, radne grupe).

Na slici 1. prikazan je makromodel organizacije studijsko-istražnih i projektnih radova, koji čine Poslovni odbor ZEOH-a, direktor Sektora razvoja, Odbor za studije i istraživanja ZEOH-a, Radna grupa, Voditelj: VSS za naučno-istraživački rad, stručni radnici iz RZ ZEOH-a, viši stručni suradnik

za naučnoistraživački rad, te izvršioци pojedinih aktivnosti u procesu planiranja i praćenja studijsko-istražnih i projektnih radova. Odbor za studije i istraživanja ZEOH-a imenuje Skupština ZEOH-a sa zadatkom da na temelju ulaznih podataka i informacija od stručnih službi ZEOH-a i naloga Poslovnog odbora ZEOH-a ili Skupština RSIZ-a i ZEOH razradi elemente potrebne za odlučivanje iz područja studijsko-istražnih i projektnih radova.

Radnu grupu je imenovao direktor Sektora razvoja u RZ ZEOH-a, a čine je direktor Sektora razvoja, rukovodioci razvoja RO proizvodnje i prijenosa, viši stručni suradnik za naučnoistraživački rad iz Sektora razvoja te stručni radnici iz RZ ZEOH-a. Ona ima zadatak da zajedno sa stručnim službama ZEOH-a pripremi sve relevantne podatke i informacije o studijskim, istražnim i projektnim radovima, prijeko potrebne Odboru za studije i istraživanja ZEOH-a za razradu elemenata potrebnih skupštinama RSIZ-a i ZEOH-a za donošenje odluka.

Voditelj neposrednog izvođenja zadataka na rješavanje problema iz područja studijsko-istražnih i projektnih radova po funkciji je viši stručni suradnik za naučnoistraživački rad iz Sektora razvoja.

3. PROCES OBLIKOVANJA PLANA I IZVJEŠTAJA O REALIZACIJI PLANA

Plan studijsko-istražnih i projektnih radova obuhvaća sljedeće grupe radova:

- istraživanja ugljena
- istraživanja urana
- studije iz općeg značenja i zajedničkog interesa za elektroprivredu kao sistem
- studijsko-istražne i projektne radove za objekte proizvodnje električne energije
- studijsko-istražne i projektne radove za objekte prijenosa električne energije
- opremu, ispitne i mjerne uređaje.

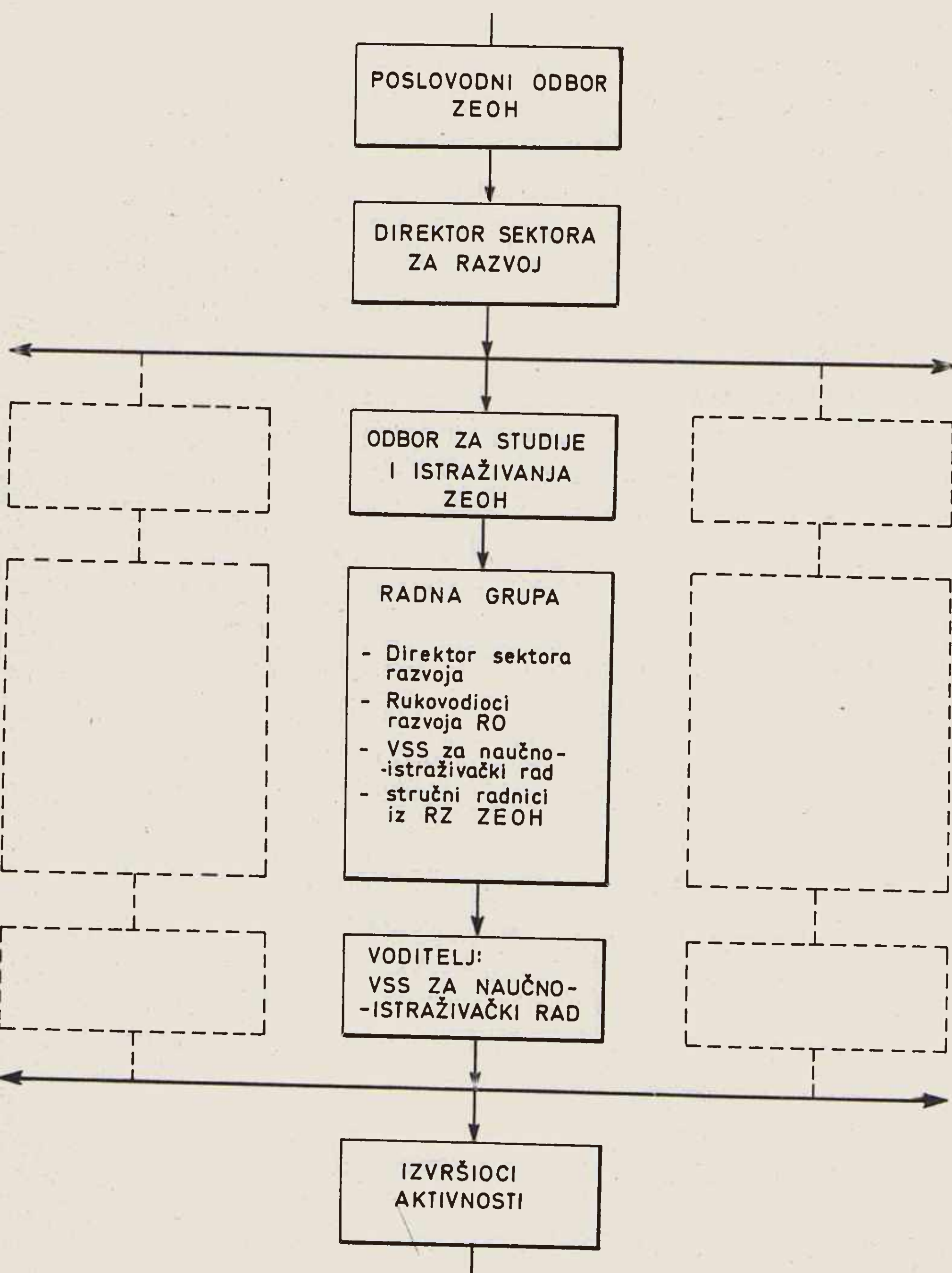
Za proces oblikovanja plana i izvještaja o realizaciji plana karakteristični su:

- izvori ulaznih podataka i informacija
- količina i vrsta ulaznih podataka i informacija
- komunikacije, tj. način prijenosa podataka i informacija od izvora odnosno mjesta njihovog nastajanja do Sektora razvoja u RZ ZEOH-a
- metoda za planiranje i praćenje
- sredstva za izradu plana i izvještaja
- nosioci i oblik izlaznih informacija — detaljiziranost plana i izvještaja.

3.1. Izvori ulaznih podataka i informacija

Izvori ulaznih podataka i informacija neophodnih za oblikovanje plana studijsko-istražnih i projektnih radova jesu:

- elektroprivredne organizacije, za studijske, istražne i projektne radove za objekte proizvodnje i prijenosa, te za istraživanje ugljena i urana



Slika 1.

- RZ ZEOH-a, za studije od općeg značenja i zajedničkog interesa za elektroprivredu kao sistem, te za opremu, ispitne i mjerne uređaje.

Izvori ulaznih podataka i informacija za oblikovanje izvještaja o realizaciji plana jesu:

- Interna banka elektroprivrede Hrvatske za studije od općeg značenja i zajedničkog interesa za elektroprivredu kao sistem, te za opremu, ispitne i mjerne uređaje,
- elektroprivredne organizacije za studijske istražne i projektne radove za objekte proizvodnje i prijenosa, te za istraživanja ugljena i urana
- odgovorne stručne osobe (nadzorni organi, nosioci studija) za podatke i informacije o gotovosti planiranih radova.

3.2. Količina i vrsta ulaznih podataka i informacija

Količina i vrsta ulaznih podataka i informacija (numeričkih i tekstualnih) za oblikovanje plana i izvještaja utvrđena je:

- a) za plan:
 - KSCE-obrascima, koji sadrže naziv rada, kategoriju rada (studije, istražni ili projektni radovi), kratak sadržaj rada, ciljeve koji će se postići realizacijom rada, očekivane efekte od realizacije navedenih ciljeva, ime odgovorne stručne osobe, prema tablici 1.
 - studijskim i projektnim zadacima i programima istražnih radova,
 - naslovnim popisom radova, koji kandidiraju za plan s iznosom potrebnih sredstava.
- b) za izvještaj:
 - POIZ-obrascima čiji je sadržaj prikazan na tablici 2.
 - INFOS-obrascima, čiji je sadržaj prikazan na tablici 3.
 - obrazloženjima, koja dostavljaju elektroprivredne organizacije za studijsko-istražne i projektne radove.

3.3. Komunikacije

Komunikacije, tj. prijenos podataka i informacija od mjesta njihovog nastajanja do Sektora razvoja u RZ ZEOH-a obavlja se na obrascima KSCE, POIZ, INFOS, te pisanim dokumentima kao tekst ili tablice putem pošte. Komunicira se telefonski ili direktno na dogovorima.

3.4. Metoda za planiranje i praćenje

Općenito uzevši, za metodu za planiranje i praćenje studijsko-istražnih i projektnih radova može se reći da ima algoritamski karakter, što je prikazano na slici 2. a i b pomoću grubog dijagrama toka.

Proces počinje iniciranjem i pripremom studijskih i projektnih zadataka, te programa istražnih radova, u skladu s dugoročnim i srednjoročnim planom razvoja elektroenergetskih objekata. Njihova verifikacija se obavlja na nivou ZEOH-a, što obavljaju posebno imenovane Komisije za recenzije.

Na osnovi verificiranih studijskih i projektnih zadataka, te programa istražnih radova, na osnovi podataka o raspoloživim financijskim sredstvima, podacima o nerealiziranim radovima iz prethodne godine i podacima o raspoloživim kapacitetima izvođača radova stručne službe ZEOH-a rade naslovni popis radova i potrebnih financijskih sredstava. Ovaj prijedlog prolazi samoupravnu proceduru i usvajaju ga Skupštine RSIZ-a i ZEOH-a.

Tablica 1.

Naziv rada: Ispitivanje programa generatora pare uz uvjete naturalnog i kontinuiranog kondicioniranja napojne vode

Obrazac: KSCE
Poz. plana: 34

Kategorija rada: Studija
Kratki sadržaj rada Nakon obrade predmetne teme s teoretskog stanovišta i prikupljanja dostupnih podataka iz stručne strane literature izvršit će se prema postavljenom programu preliminarna ispitivanja tzv. »neutralnog« i »kombiniranog« načina kondicioniranja vodno parnog trakta visokotlačnih generatora pare, umjesto sadašnjeg »alkalnog« načina kondicioniranja za koji se troše skupe uvozne kemikalije. Praktična pogonska ispitivanja sa svim potrebnim pratećim analizama i istraživanjima provest će se u generatoru pare bez bubnja u TE Sisak i na generatoru pare s bubnjem u TE-TO Zagreb, a istraživanja studijskog karaktera će se obaviti u vezi s mogućnosti primjene »suhih« rashladnih tornjeva bez vode koji imaju ugrađene elemente za hlađenje iz aluminijskih u kojima se hladi turbinski kondenzat za EL-TO Zagreb i TE Jertovec. Na temelju rezultata dobivenih u preliminarnim istraživanjima razradit će se odgovarajući konkretni pogonski propisi i upute za rad i rukovanje za primjenu ovog novog načina kondicioniranja u pogonima naših termoelektrana.
Postavljeni cilj Uvođenje u normalni pogon »neutralnog« ili »kombiniranog« načina kondicioniranja vodno-parnog trakta visokotlačnih generatora pare s domaćim kemikalijama umjesto sadašnjeg »alkalnog« načina, te primjena za suhe rashladne tornjeve s AL-elementima
Očekivani efekti Treba očekivati dobre rezultate, uštedu deviza i niže dinarske eksploatacione troškove na temelju stranih iskustava, uz zadovoljavajuću antikorozivnu zaštitu u uvjetima visokih pritisaka i temperature. Uvodi se prvi put u Jugoslaviji.

Odgovorni stručni radnik:
(Milutin Hotko, dipl. inž.) v. r.
(ime i prezime)

Tablica 2.

Realizacija plana studijsko-istražnih i projektnih radova
za razdoblje od 1. 1. 1985. do — 1985. godine

Investitor: ZEOH
Objekat:
ozn. 1019
poz. 343

Studije od općeg značaja i zajedničkog interesa

Obrazac: POIZ
strana 1/1
1000 din

Ispitivanje pogona generatora pare uz uvjete neutralnog i kontinuiranog kondicioniranja napojne vode (TE Sisak)

Plan: 1.210

Oznaka	O p i s	U g o v o r i				
1.	Ugovori					
1.1	Specifikacija rada	Ispitivanje pogona generatora pare — 3 dio	Ispitivanje pogona generatora pare — 2 dio			
1.2	Nadzorni organ investitora	Hotko Milutin	Hotko Milutin			
1.3	Izvođač	Jadrank. Rijeka	Jadrank. Rijeka			
1.4	Broj	Aneks 10/84	I.3.3/31			
1.5	Datum sklapanja	5/85	-/83			
1.6	Rok izrade	11/85	12/83			
1.7	Vrijednost ugovorenih radova	710	800/500			
2.	Izvori financiranja	RSIZ	RSIZ			
3.	Zahtjev za izdavanje instrumenata plaćanja					
3.1	Datum	5/85	-/83			
3.2	Iznos	710	800/500			
4.	Izdani instrumenti plaćanja					
4.1	Naziv	Jamstvo	Jamstvo			
4.2	Broj	J-106/85	J-686/83			
4.3	Datum	5/85	-/83			
4.4	Iznos	710	800/500			
5.	Utrošena sredstva					
6.	Vrijednost ugovorenih radova (ukupno za poziciju plana)					1.210
7.	Ukupno izdana vrijednost instrumenata plaćanja					1.210
8.	Utrošena sredstva (ukupno)					0
9.	Neutrošena sredstva (ukupno) (plan minus utrošena sredstva)					1.210
10.	Neangažirano (ukupno) (plan minus ugovorena vrijednost radova)					0

Tablica 3.

Informacija o stanju radova na izradi studije

Hotko Milutin
1019 34./1985.
Ispitivanje pogona generatora pare uz uvjete neutralnog i kontinuiranog kondicioniranja napojne vode (TE Sisak)
101901 Ispitivanje pogona generatora pare — 3 dio

Obrazac: INFOS

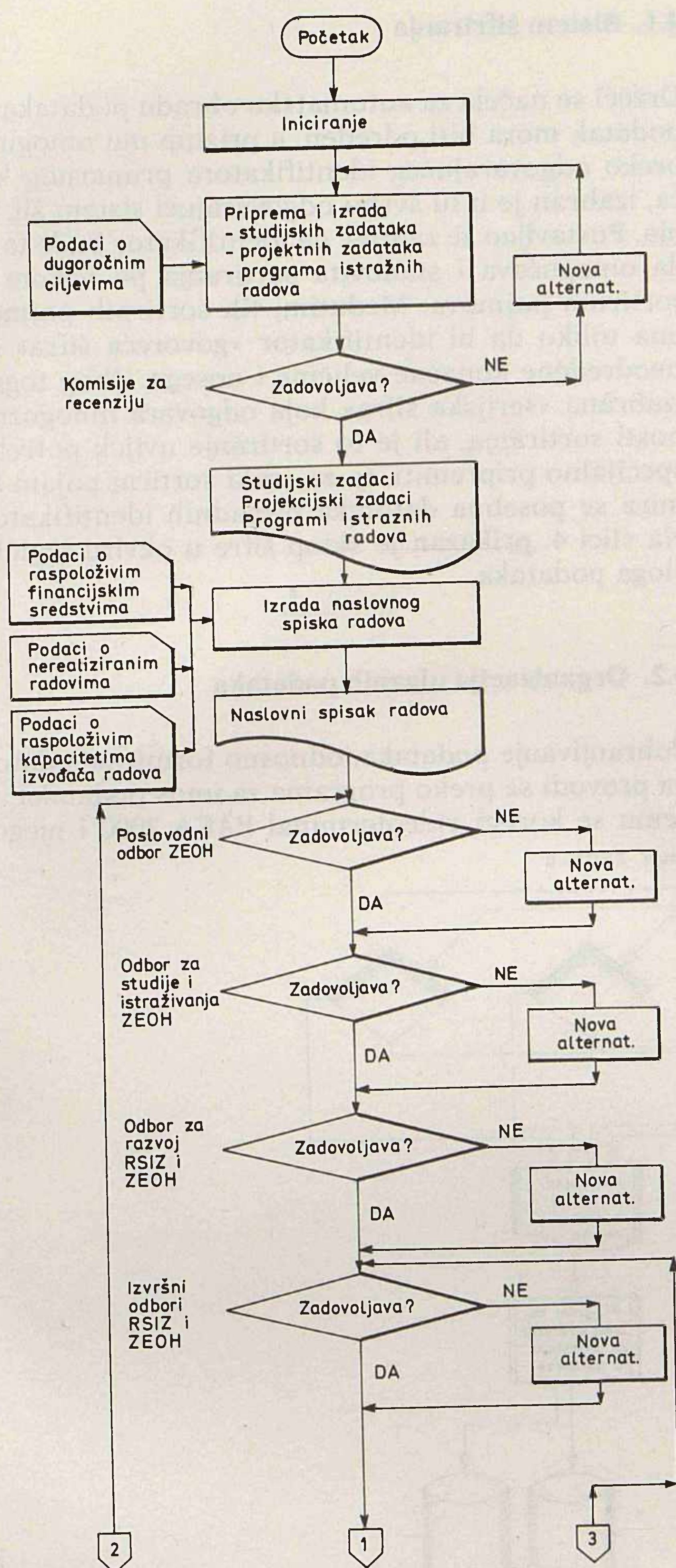
1. Da li je studija ugovorena: (zaokružiti)	A) Da	B) Ne
2. Razlog da nije ugovorena je: (zaokružiti)	A) Neusaglašen studijski zadatak sa obrađivačem studije po opsegu radova B) Neusaglašena cijena radova iz studijskog zadatka sa obrađivačem studije C) Ugovor nije pripremljen D) Ne smatra se prioritetom te se neće ugovarati E) Ostali razlozi kako slijedi (navesti ukratko)	

3. Planirani radovi se nalaze u fazi (zaokružiti)	A) Pripreme prethodnih rezultata istraživanja B) Dovršenja studije C) Radovi su završeni
4. Procjena roka završetka planiranih radova je (mjesec/godina)	12/86.
5. Radovi nisu završeni u ugovorenom roku zbog: (zaokružiti)	A) Kašnjenja ugovaranja B) Kašnjenja u dobivanju instrumenata plaćanja C) Zauzetosti kapaciteta obrađivača studije D) Ostalo (navesti ukratko)

Predviđena ispitivanja u TE Sisak se nisu mogla obaviti u cjelini zbog stajanja pogona u 1985. god. ukupno oko 6 mjeseci radi nedostatka mazuta i diskontinuiranog rada blokova. Radi toga se preostala ispitivanja moraju nastaviti i završiti do konca 1986. god.

Datum: 20. 1. 1986.

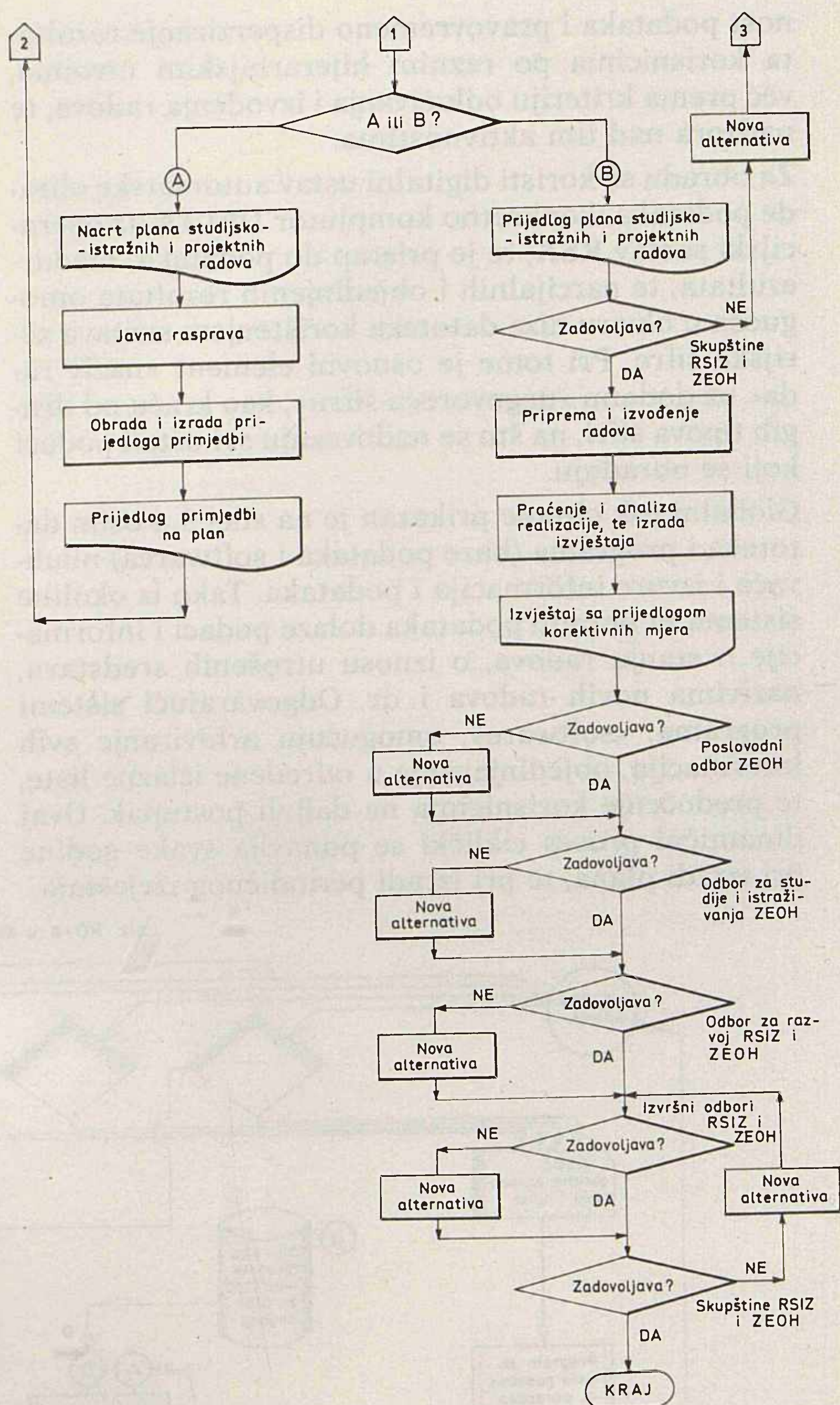
Potpis
odgovorne stručne osobe
Milutin Hodko, dipl. ing.



Slika 2.a

Nakon toga prilazi se pripremi i realizaciji plana studijsko-istražnih i projektnih radova i programa istražnih radova. U toku izvođenja radova, prati se i analizira realizacija, te rade izvještaji s prijedlozima korektivnih mjera u smislu poboljšanja realizacije. Izvještaj i prijedlozi korektivnih mjera prolaze samoupravnu proceduru, nakon čega ih usvajaju Skupštine RSIZ-a i ZEOH-a.

Ovaj proces se ponavlja kontinuirano svake godine. Naime, kontinuirana i trajna opskrba potrošača električnom energijom zahtijeva kontinuirano povećanje elektroenergetskih kapaciteta, odnosno kontinuirani razvoj elektroenergetskog sistema koji treba koncipirati i realizirati.



Slika 2.b

4. GLOBALNI TOK OBRADJE PODATAKA NA KOMPJUTORU

Velika količina podataka koju treba obraditi u vrlo kratkom vremenu da bi se oblikovao plan studijsko-istražnih i projektnih radova elektroprivrede Hrvatske, a isto tako i česte korekcije podataka koje nastaju tokom samoupravne procedure uvjetovale su hitnu primjenu savremenijih sredstava za obradu podataka, tj. kompjutora. Ovdje su djelomično zadržani isti postupci rada kao kod ručne obrade podataka, jer su se nastojali automatizirati poslovi masovne obrade podataka. Budući da je idejni projekt jedinstvenog informacijskog sistema ZEOH-a tek u izradi, ovo parcijalno rješenje je bila nužnost dok se ne realizira jedinstveni informacijski sistem ZEOH-a.

Koncepcija primjene obrade podataka prilagođena je cikličkom dinamičkom procesu, što ga predstavlja proces planiranja studijsko-istražnih i projektnih radova. Sve to postavlja specifične zahtjeve na ažur-

nost podataka i pravovremeno disperziranje rezultata korisnicima po raznim hijerarhijskim nivoima, već prema kriteriju odlučivanja i izvođenja radova, te nadzora nad tim aktivnostima.

Za obradu se koristi digitalni ustav automatske obrade podataka, konkretno kompjutor DELTA uz operacijski sustav RSX, te je pristup do podataka, međurezultata, te parcijalnih i objedinjenih rezultata omogućen u okviru niza datoteka korištenjem sustava serijske šifre. Pri tome je osnovni element »naziv rada« uz dodanu »negovoreću šifru«, kao kraću od drugih tipova šifri, na što se nadovezuju svi ostali podaci koji se obrađuju.

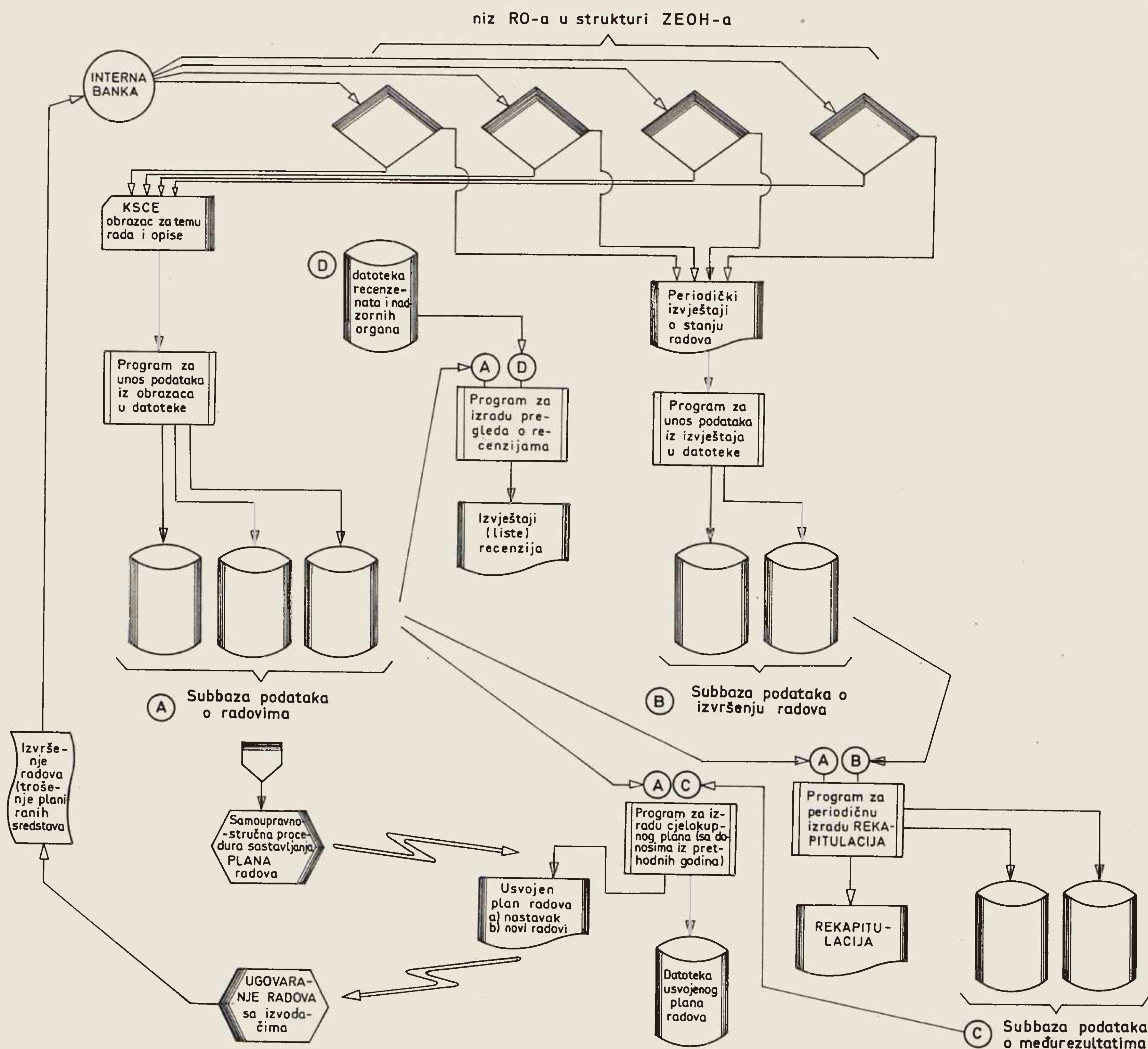
Globalni tok obrade prikazan je na slici 3, i osim datoteka i programa (baze podataka i softwarea) obuhvaća i izvore informacija i podataka. Tako iz okoline sistema za obradu podataka dolaze podaci i informacije o stanju radova, o iznosu utrošenih sredstava, nazivima novih radova i dr. Odgovarajući sistemi programa, »software«, omogućuju arhiviranje svih informacija, objedinjavanje u određene izlazne liste, te predocjenje korisnicima na daljnji postupak. Ovaj dinamični proces ciklički se ponavlja svake godine pri izradi plana, te pri izradi periodičnog izvještaja.

4.1. Sistem šifriranja

Držeći se načela za automatsku obradu podataka, da podatak mora biti određen, a pristup mu omogućen preko odgovarajućeg identifikatora primarnog ključa, izabran je u tu svrhu odgovarajući sistem šifriranja. Postavljao se zahtjev da identifikator bude takav da omogućava i stanovita sortiranja po nekom od sortirnih pojmova. Međutim, tih sortirnih pojmova ima toliko da bi identifikator »govoreća šifra« bio neodređene konačne veličine i opsega. Zbog toga je izabrana »serijska šifra« koja odgovara mnogoznačnosti sortiranja, ali je to sortiranje uvijek potrebno specijalno pripremiti, tj. za svaki sortirni pojam formira se posebna datoteka pripadnih identifikatora. Na slici 4. prikazan je sklop šifre u okviru logičkog sloga podataka.

4.2. Organizacija ulaznih podataka

Pohranjivanje podataka, odnosno formiranje datoteka provodi se preko programa za unos podataka, pri čemu se koristi videoterminal PAKA 2000 i njegove



Slika 3.

Šifra	Godina	Podatak
↓	↓	↓
----	----	-----
0023	1985	294256
0024	1985	762850
0025	1985	25000
0026	1985	9023
0027	1985	813
0028	1985	3529
0041	1985	58032
0042	1985	52930
0043	1985	60600
0044	1985	96066
0100	1985	4342
0101	1985	130410
0102	1985	175764

Slika 4. Sklop šifre u okviru logičkog sloga podataka

SVU85L.TMP	←	naziv datoteka
(2(4A1, 1X), 17)	←	format logičkog sloga podataka
7	←	broj mjesta predviđen za podatak

0001	1985	1791885
0002	1985	267628
0003	1985	57308
0004	1985	1051890
0011	1985	95000
0012	1985	34210

logički slogovi s podacima

Slika 5. Početak datoteke SVU85L.TMP

mogućnosti oko izrade slike. Interaktivnim radom operatera, koji utipkava podatke preko tastature terminala i kolacionira ih odmah na pripadnom ekranu, prenosi se i arhivira svaki uneseni podataka u izabranu datoteku. Na slici 5. prikazan je početak takve jedne datoteke pod nazivom SVU85L.TMP sa svim potrebnim specifikacijama prema slici 4. Takva struktura zadržana je i za novoformirane datoteke međurezultata, odnosno stupaca, koji će tvoriti izlaznu listu pripremljenu za tisak posredstvom printera.

Za razliku od ulaznih datoteka, koje se pune preko terminala, izlazne datoteke »puni« poseban dio u odgovarajućem softwareu.

4.3. Izrada algoritma

Iz slike 3. proizlazi neophodnost za izradom više algoritama obrade jer postoji interaktivni unos podataka, automatska obrada tih podataka za više namjena (izvještaj, plan, rekapitulacije, pregledi, itd.). Osim toka obrade u globalu nužno je raspolagati s nekoliko modula koji imaju posebne namjene (arhiviranje podataka, njihovo pronalaženje, algebarske operacije unutar jedne datoteke, te među datotekama, konverzija brojčanih podataka u oblik prikladan za tisak).

4.4. Tok kompjutorske obrade

Kompjutorska obrada prema slici 3. započinje programom za unos podataka. Radi se o dva tipa pro-

grama: unošenju podataka o radovima (iz KSCE obrazaca), te periodičkom ažuriranju izvještaja o stanju radova i utrošenim sredstvima, pomoću kojih se podaci pohranjuju u »A« i »B« subbazu podataka. Tu su aktivno uključene u rad elektroprivredne organizacije, RZ ZEOH i Interne banke elektroprivrede Hrvatske, koji su izvori podataka i informacija jer prate izvršenje već prethodno ugovorenih radova periodično, a ujedno i daju prijedloge za nove radove koji bi trebali steći planski status.

Kompjutorska obrada je u potpunosti prilagođena toku obiju spomenutih informacija, tj. obradi plana i izvještaja, kao i objedinjavanju plana i izvještaja u konačni plan radova, koji nakon usvajanja na skupštinama RSIZ-a i ZEOH-a postaje osnova za ugovaranje radova sa predloženim izvođačima. Time je ciklus zaključen i odvijanje obrade nastavlja se ažuriranjem datoteka izvještaja (subbaza »B« podataka o izvršenju radova), te pripremom datoteka plana krajem godine (subbaza »A« podataka o radovima koji se planiraju za sljedeću godinu).

Osim spomenute dvije osnovne subbaze podataka »A« i »B«, izrađene su još dvije — »C« i »D«. Svi potrebni međurezultati pohranjuju se u subbazu »C«, a u »D« podaci o recenzentima i nadzornim organima. Posebnim programima, prema potrebi, izrađuju se i odgovarajuće rekapitulacije, odnosno izvještajne liste o recenzijama.

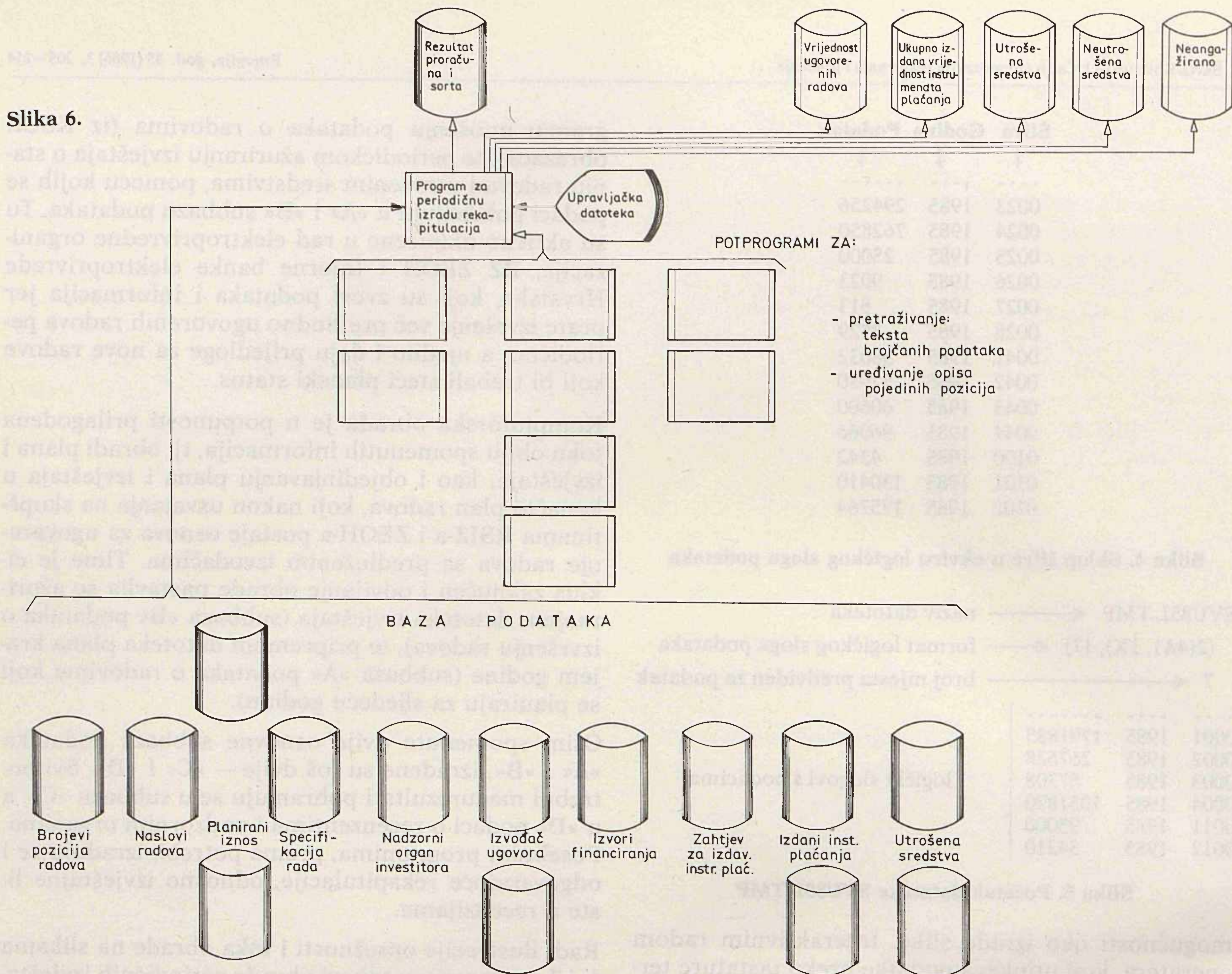
Radi ilustracije opsežnosti i toka obrade na slikama 6. i 7. prikazani su tokovi obrade periodičnih izvještaja, te objedinjavanje plana i izvještaja u konačni plan studijsko-istražnih i projektnih radova za 1985. godinu.

Pri tome, cikličkom dinamičkom procesu odgovara konačan broj programa, koji su uvijek upravljani preko informacija što iz sadrže datoteke o mjestima pohranjivanja ulaznih podataka, međurezultata, te konačnih rezultata pripremljenih za tisak, odnosno za prikaz na videoterminalu. Takav pristup cjelokupnoj obradi za korisnika je značajna prednost jer ga rasterećuje kod primjene nužne koncentracije. Naime, jednom sredene datoteke vrijede i kod naknadnih ažuriranja subbaza podataka.

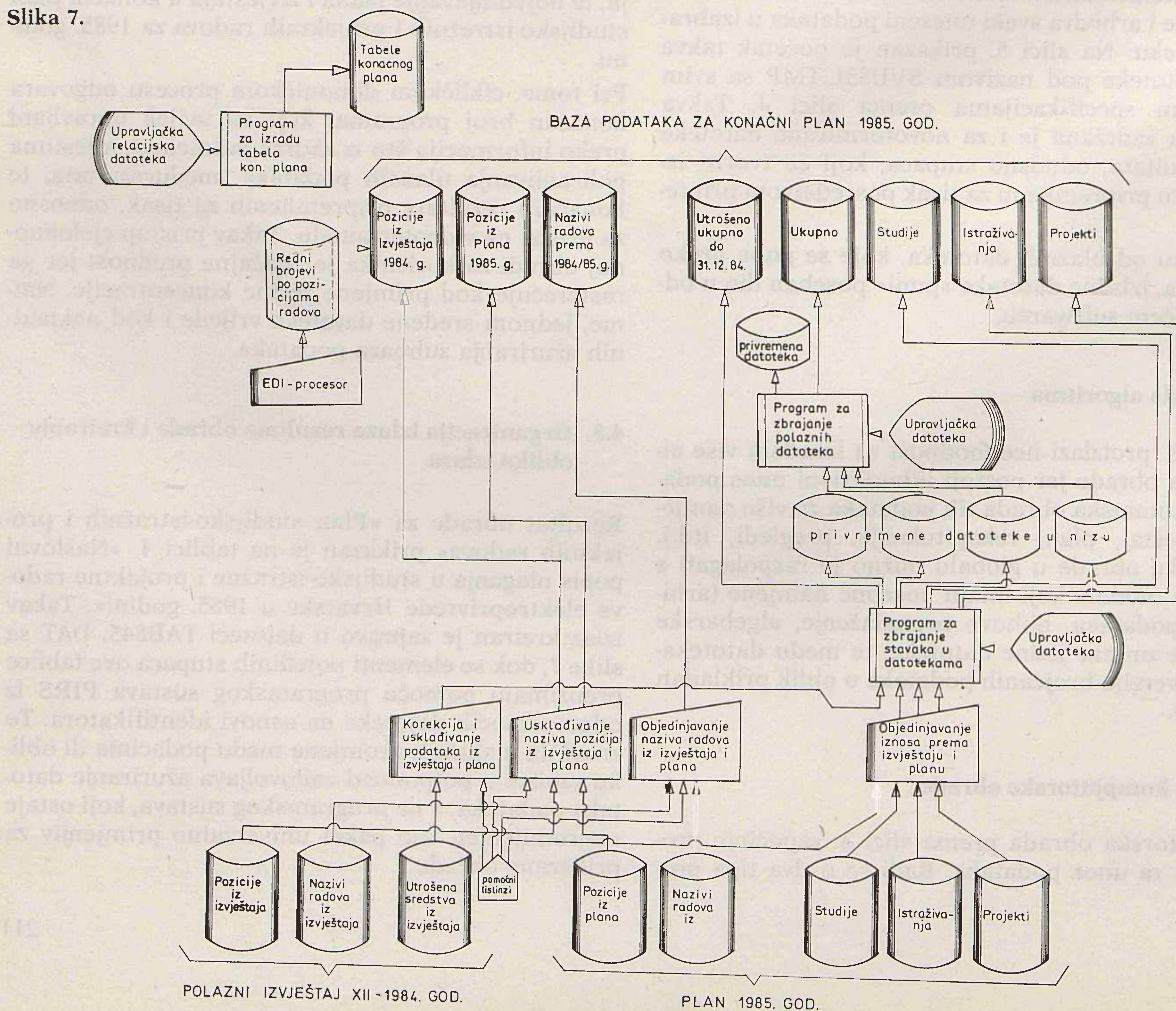
4.5. Organizacija izlaza rezultata obrade i kreiranje oblika izlaza

Rezultat obrade za »Plan studijsko-istražnih i projektnih radova« prikazan je na tablici 4. »Naslovni popis ulaganja u studijsko-istražne i projektne radove elektroprivrede Hrvatske u 1985. godini«. Takav izlaz kreiran je zapravo u datoteci TAB845. DAT sa slike 7, dok se elementi pojedinih stupaca ove tablice preuzimaju pomoću programskog sustava PIRS iz odgovarajućih datoteka na osnovi identifikatora. To znači da u slučaju promjena među podacima ili obliku tablice u potpunosti zadovoljava ažuriranje datoteka podataka, a ne programskog sustava, koji ostaje nepromijenjen kao paket univerzalno primjenjiv za prikazane obrade.

Slika 6.



Slika 7.



Tablica 4.

Naslovni popis ulaganja u studijsko-istražne i projektne radove elektroprivrede Hrvatske u 1985. god.

000 din

Pozicije plana	Naziv radova	Donos iz 1984	Planirano u 1985.				Sveukupna ulaganja u 1985. (3 + 4)
			Ukupno (5 + 6 + 7)	Studi-je	Istraživanja	Projekti	
1	2	3	4	5	6	7	8
II	Plan studijsko-istražnih i prethodnih radova za objekte prenosa	53.028	214.600	26.700	16.900	171.000	267.628
1	Elektroslavonija Osijek	13.732	44.300	1.500	12.900	29.900	58.032
1.1	Studije i istraživanja	6.921	17.300	1.500	12.900	2.900	24.221
	A) Nastavak radova u 1985. god.	6.921	13.150	1.500	8.750	2.900	20.071
137.	Problematika paralelnog rada sa Iskrinim regulatorima	300	0	0	0	0	300
138.	Idejni projekt sanacije sinkronskog kompenzatora 50 MVAR u TS 220/110 kV Đakovo	523	0	0	0	0	523
139.	Mjerenje sklopnih prenapona u 400 kV mreži u TS Ernestinovo	847	2.500	0	2.500	0	3.347
140.	Istraživanja uzemljivača TS 35 kV napajanih iz VCI, Slavonski Brod, VK i Đakovo	1.500	0	0	0	0	1.500
141.	Mjerenje isključivanja prigušnice 50 MVAR u TS Ernestinovo	840	1.550	0	1.550	0	2.390
142.	Inducirani naponi u sekundarnim krugovima u TS Ernestinovo	840	1.100	0	1.100	0	1.940
143.	Studije projekt tipizacije nadzemnih DV 110 kV	1.171	1.400	0	0	1.400	2.571
144.	Istraživanje uzemljivača TS 35/10 kV napajanih iz TS 110/35 kV Županja, Našice, Slavonska Požega	0	3.000	0	3.000	0	3.000
145.	Sufinanciranje elaborata o neelastičnom izduženju vodiča (na nivou Jugel-a)	400	600	0	600	0	1.000
146.	Studija-projekt tipska TS 110/X kV	0	1.500	0	0	1.500	1.500
147.	Izrada dugoročnog plana razvoja prenosne mreže	500	1.500	0	0	0	2.000

Drugi tip izlaza odgovara nizu tablica »Izvještaja o realizaciji pojedinačne pozicije plana« — POIZ obrazac (iz tablice 2) za poz. 34. Takav izlaz kreiran je u posebnoj datoteci I85KEL. REL sa slike 6, a elementi za sve stupce i redove kopiraju se iz »baze« podataka, tj. iz odgovarajućih datoteka pomoću posebnog programskog sustava KRIZ na osnovi identifikatora. I ovaj način organizacije obrade i izlaza omogućava efikasno provođenje ažuriranja datoteka ne mijenjajući programski sustav.

5. ZAKLJUČAK

Efikasnost i racionalna izgradnja elektroenergetskog sistema ovisi između ostalog i o efikasno i racionalno obavljenim studijsko-istražnim i projektnim radovima i opravdano je definiranje sistema planiranja i

praćenja studijsko-istražnih i projektnih radova elektroprivrede Hrvatske. Budući da ovi radovi obuhvaćaju pripremu i definiranje strategije razvoja elektroenergetskog sistema, dio pripreme faze za izgradnju elektroenergetskih objekata i postrojenja direktno utječu na pripremljenost dokumentacije neophodne za donošenje odluke o izgradnji, kao i za donošenje planskih dokumenata.

Organizacija planiranja i praćenja studijsko-istražnih i projektnih radova elektroprivrede Hrvatske na navedenim principima primijenjena je u toku 1985. godine. Iako je kompjutor korišten samo za masovnu obradu podataka, omogućen je kvalitetniji pristup oblikovanju plana studijsko-istražnih i projektnih radova. Budući da su izvori podataka dislocirani u odnosu na lokaciju sistema obrade podataka, poteškoće, koje su se pojavile pri tom jesu dobivanje pravovremenih relevantnih informacija.

Primjena projektirane programske podrške uvjetuje da se aktivnosti vezane uz podatke i informacije (prikupljanje podataka, obrada podataka, pohranjivanje podataka i informacija, te dostavljanje podataka i informacija korisnicima) odvijaju kontinuirano.

Daljnji zadaci vezani za korištenje kompjutera odnose se na projektiranje sistema informacija — odlučivanje, tj. korištenje kompjutera za pripremanje odluka.

LITERATURA

- [1] A. VILA: »Teorija i praksa funkcioniranja organizacije«, Informator, Zagreb, 1983.
- [2] A. HAUC: »Organiziranje projekata«, Informator, Zagreb 1982.
- [3] V. FERIŠAK: »Organizacija elektroničke obrade podataka«, Informator, Zagreb 1984.
- [4] M. BUBLE: »Primjena projektne organizacije u samoupravnim uvjetima«, Informator, Zagreb 1979.
- [5] N. BILČAR i Z. MILONJA: »Dugoročni plan razvoja elektroprivrede Hrvatske«, Institut za elektroprivredu, Zagreb, 1983.
- [6] Samoupravni sporazumi ZEOH, Zagreb, 1983.

ORGANISATION FOR PLANING AND FOLLOWING OF STUDY-SCIENTIFIC AND DESIGN WORKS IN ELEKTROPRIVREDA HRVATSKE BY USE OF COMPUTER

In the article is described organisation for planing and following of study-scientific and design works in Elektroprivreda Hrvatske as well as flow diagram and computer results.

ORGANISATION DES PLANENS UND BEOBACHTENS DER STUDIENFORSCHUNGS UND PROJEKTARBEITEN DER ELEKTROWIRTSCHAFT KROATIENS DURCH DEN COMPUTERGEBRAUCH

Beschrieben wird die Organisation und der Planungs und Beobachtungsprozess der Studien — Forschungs und Projektarbeiten der Elektrowirtschaft Kroatiens sowie der Ablauf der Datenverarbeitung für die Ausarbeitung der Pläne und Berichte auf dem Computer.

ОРГАНИЗАЦИЯ ПЛАНИРОВАНИЯ И НАБЛЮДЕНИЯ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ И ПРОЕКТНЫХ РАБОТ ЭЛЕКТРОХОЗЯЙСТВА ХОРВАТИИ ПРИ ПОМОЩИ ЭВМ

Описываются организация и процесс планирования и наблюдения научно-исследовательских и проектных работ электрохозяйства Хорватии, а также ход обработки данных для разработки плана и сообщений при помощи ЭВМ.

Naslov pisaca:

**Barta-Koštrun Slavica, dipl. inž.
RZ ZEOH
41000 Zagreb, Proleterskih
brigada 37.
mr Čauš Ivan, dipl. inž.
Institut za elektroprivredu
41000 Zagreb, Proleterskih
brigada 37.**

Uredništvo primilo rukopis
1986 — 02 — 26

OSJEČKI ČASOPIS »PRIVREDA« O RAZVOJU SLAVONSKO-BARANJSKE ENERGETIKE I O EFIKASNOSTI KORIŠTENJA ENERGIJE U TOKU SVOG TRIDESETOGODIŠNJEG IZLAŽENJA

Osječki časopis »Privreda«, koji izdaje Privredna komora Slavonije i Baranje, obilježava ove godine tridesetogodišnjicu kontinuiranog izlaženja. U tom razdoblju »Privreda« je bila realan i redovan pratilac svih relevantnih privrednih kretanja na području slavonsko-baranjske regije sa stručnog društveno-ekonomskog, tehničko-tehnološkog i znanstvenoistraživačkog aspekta. Ovisno o aktualnosti tekućeg poslovanja ili razvojnih pitanja, a svakako u okvirima privredne strukture ovog područja, »Privreda« je na svojim stranicama svakog mjeseca donosila niz vrijednih radova privrednika — od stručnjaka iz pojedinih oblasti i privrednih rukovodilaca do znanstvenoistraživačkih radnika s područja regije, često i autora izvan Slavonije i Baranje, a ponekada i izvan naše zemlje. Sigurno je da su pitanja poljoprivredne proizvodnje i problematika prehrambene, tekstilne, drvne, metalne i kožarsko-prerađivačke industrije bila najviše zastupljena na stranicama ovog časopisa, kao i pitanja iz drugih oblasti industrije, šumarstva, građevinarstva, trgovine i saobraćaja. No, uredništvo časopisa je u svojoj uređivačkoj politici dalo značajan prostor i ostalim kompleksnim pitanjima razvoja poslovanja, kao što su pitanja organizacije poslovanja, pravna pitanja, primjena informatike, pa i složenim pitanjima izgradnje i korištenja infrastrukture — među kojima se ističu pitanja energetskog razvoja i efikasnosti korištenja energije na području regije.

PUNA PAŽNJA PROBLEMIMA ELEKTRIFIKACIJE REGIJE

Već od prvog svog broja časopis »Privreda« bavi se, između ostalog, i pitanjima energetske osnove razvoja privrede na području regije. U prvom broju za 1957. godinu Sergije MARAVIĆ objavljuje rad **U čemu leži rješenje elektro-energetskih problema**, a u broju 2 tiskan je redakcijski članak **Gubići električne energije u Osijeku i njihovo ekonomsko značenje**. Te godine objavljena su još tri rada iz područja elektroenergetike: Vojin MUDRINIĆ objavljuje u trećem broju časopisa rad **Privredna važnost izgradnje 30 kV dalekovoda na našem području** i u broju pet **Elektroenergetska situacija grada Osijeka**, a Dimitrije VERIĆ (u broju četiri) razmatra tarifni sistem u radu **Primjena jedinstvenih tarifa električne energije na području Slavonije i Baranje**. U iduće dvije godine (1958. i 1959) o pitanjima razvoja energetike u »Privredi« se ne piše u posebnim radovima, već se ova oblast nalazi obrađena u odgovarajućim sumarnim analizama o poslovanju privrede ili o pitanjima razvoja regije. U 1960. godini u broju 2 Vladimir ZLOKOVIĆ piše rad **Problemi elektrifikacije poljoprivrede**, a u okviru rubrike »Potreti privrednih organizacija« u broju 7/1961. redakcija objavljuje privrednu reportažu »Nagli razvoj poduzeća Elektroslavonija«. U razdoblju od 1962. do 1966. godine u časopisu ne nalazimo stručne radove iz područja energetike. Slijedi rad Vladimira POZNIĆA **Elektroenergetska bilanca srednjeročnog plana Elektroslavonije** (9/1966) i rad Petra MAĐARIĆA **Analiza neusklađenosti kapaciteta uslužnog pogona energane i kapaciteta proizvodnog pogona** (8/1968).

U ovom razdoblju srećemo i nekoliko radova i napisa u kojima se govori o informiranju radnika u poduzećima elektroprivrede, anketi i izboru direktora u »Elektroslavoniji«, izgradnji novog pogona pomoćnih djelatnosti »Elektroslavonije« ili programu razvoja AOP-a, kao i redakcijske ko-

mentare na temu deficitarnosti električne energije (9/1966) i pitanje energije i cesta (4/1969). Elektrifikacija područja regije u osnovi je provedena, krajem 1972. godine u oblasti energetike, pored elektroenergetskih pitanja, počinju se javljati i radovi iz sektora naftne privrede.

SLAVONSKA NAFTA

Početak eksploatacije nafte na području Slavonije redakcija časopisa »Privreda« zabilježila je u redakcijskim komentarima »Slavonska nafta« (7/1972) i »Nafta« (10/1972), a Stjepan ŽINIĆ radom **Naftno polje Beničanci — jedno od najboljih polja Nafta-plina** (10/1972). Elektroenergetska pitanja na području regije u ovom razdoblju dobivaju svoju kompletnu dimenziju u časopisu u radovima Jakoba FRANJICA i Alojza ČEPLA **Pravci rješavanja elektroenergetike u srednjoročnom planu razvoja Slavonije** (8/1972), Vladimira TOMIĆA **Veći naponi za osiguranje energetskih izvora** (4/1973), stručne službe »Elektroslavonije« — **Vodoprivredno rješenje rijeke Drave** (12/1973), redakcijskom komentaru u broju 8 časopisa za 1974. godinu »Slavonski energetski izvori« i dva rada Alojza ČEPLA — **Problematika izgradnje termoelektrane »Slavonija« u Slavonskom Brodu** (12/1973) i **Dopuna rebalansa plana izgradnje elektro-energetskih objekata i postrojenje za period 1971 — 1975.** (8/1974).

Pronalaženje i početak eksploatacije nafte na slavonskim poljima označio je i početak eksploatacije prirodnog plina — najprije kaptažnog (iz naftnih bušotina), a onda i zemnog plina (iz plinskih nalazišta). Od 1976. godine u »Privredi« se objavljuju i radovi koji razmatraju kompleksna pitanja korištenja zemnog plina. Alojz ČEPL objavljuje rad **Osijek u sklopu plinifikacije Hrvatske i SFRJ** (1/1976), a u tom broju objavljen je i prijevod napisa iz strane štampe »Energija '85«. U narednim brojevima o problemima plinifikacije Ivan BALIČEVIĆ objavljuje tri rada: **Stupanj plinifikacije Slavonije i perspektive za naredno razdoblje** (3/1976), **Komparativna prednost upotrebe prirodnog plina i neke mogućnosti korištenja u privredi Slavonije** (11/1976) i **Vrste, ispravnost, mjesta postavljanja i kriteriji za izbor plinomjera** (8/1977). U broju 8 časopisa za 1977. godinu Đorđe JAKŠIĆ objavljuje rad **Izgradnja mreže 380 kV u Slavoniji i Baranji**, a u broju 3 od 1978. godine objavljen je referat iz radne organizacije »Elektroslavonija« na X susretu samoupravljača Crveni barjak u Kragujevcu pod naslovom »Uvjeti stjecanja dohotka, raspoređivanje dohotka i raspodjela sredstava za osobne dohotke i zajedničku potrošnju«. Iz strane štampe objavljen je prijevod napisa »Energija — posljednji naponi na zemlji« (4/1978), pa zatim dva rada Ivana BALIČEVIĆA iz oblasti plinifikacije — **Proces uvođenja prirodnog plina na nova područja** (11/1978) i **Dinamika plinifikacije Slavonije i Baranje** (12/1978). Nafta se opet našla na stranicama »Privrede« u radu Stjepana GALUŠIĆA **Novo naftno polje Štekovica** (7/1979).

ENERGETSKA KRIZA I KOMPLEKSNA REGIONALNA ENERGETSKA POLITIKA

Krajem sedamdestih godina počinju se u cijeloj zemlji, pa tako i na području slavonsko-baranjske regije predosjećati poteškoće energetske opskrbe, što se na stranicama časopi-

sa »Privreda« ogleđa u nizu stručnih i znanstvenoistraživačkih radova kojima je cilj sagledavanje kompleksnih pitanja energetskog razvoja zemlje i Republike u odgovarajućim parametrima koji se odnose na područje slavonsko-baranjske regije. U tim godinama objavljeno je dvadesetak radova.

Nakon održavanja III znanstvenog sabora Slavonije i Baranje (Vukovar, listopada 1980) uredništvo časopisa »Privreda« izdaje tematski broj (1/1981) u kojem su objavljeni sažeci izlaganja voditelja pojedinih tematskih područja na Znanstvenom saboru. U tom broju objavljen je i izvještaj akademika Hrvoja Požara za tematsku skupinu energetika u okviru kojeg je prezentiran sažetak rada Ivana BALIČEVIĆA **Razvoj energetike područja Zajednice općina Osijek kao limitirajućeg faktora razvoja privrede i referat akademika Hrvoja POŽARA Aktuelni problemi opskrbe energijom SR Hrvatske**. U širem kontekstu energetike može se iz ovog tematskog broja časopisa spomenuti i sažetak rada Ante ERSLANA i Milana IVANOVIĆA **Sekundarne sirovine kao činilac razvoja Slavonije i Baranje**. U broju 8 časopisa te, 1981. godine susrećemo još jedan redakcijski komentar na temu energetike i rad Ivana BALIČEVIĆA, Jove BUDIMIRA i Milana IVANOVIĆA **Stanje i problemi energetike u Slavoniji i Baranji**, a u broju 10 rad Milana IVANOVIĆA **Prilog koncepcije energetske politike na području Zajednice općina Osijek u srednjoročnom planskom razdoblju 1981 – 1985**. U 1982. godini objavljena su dva rada — Marijana KALEA **25 godina električne energije u Slavoniji i Baranji** i Vojislava MAJSTOROVIĆA **Za kompleksno rješenje uz Dravu**.

Početkom osamdesetih godina na području slavonsko-baranjske regije završavaju se i prvi magistarski radovi iz oblasti energetike regije, što je zabilježeno i na stranicama »Privrede«. Tako Milan Ivanović objavljuje prikaze dva magistarska rada iz ove oblasti — Ivana BALIČEVIĆA **Mogućnost i opravdanost uvođenja prirodnog plina na područje Zajednice općina Osijek** (4/1982) i Darka MARASA **Analiza temeljnih činilaca tržišta tekućeg naftnog plina u SFRJ do 1980. godine** (4/1983).

U tematskom broju časopisa o sekundarnim Sirovinama (4/1984) s konkretnijeg energetskog aspekta izdvajamo dva rada — Milana IVANOVIĆA **Sekundarne sirovine na području Slavonije i Baranje** i Josipa MAJDANIĆA **Briketiranje drvenih otpadaka u SOUR-u Kombinat Belišće**. U toj godini

iz oblasti energetike susrećemo još nekoliko radova. Đuro HAMM, Stanislav SEVER i Vlado GOLJA pišu članak **Neki problemi korištenja iverja u energetske svrhe** (10 – 11/1984), Milan IVANOVIĆ i Stjepan BEG članak **Energetska bilanca i temeljni činioci energetske politike na području Zajednice općina Osijek** (10 – 11/1984) a tu su i tri rada u kojima se razmatra primjena elektroničkih računala u elektroprivredi — Svetislava KITANOVA **Programski sistem za vođenje elektroenergetskog sistema »Elektroslavonije« u realnom vremenu** (12/1984), Ranka KOTRLJANOVIĆA **Primjena mikroračunala u vođenju elektroenergetskog sistema »Elektroslavonije«** (12/1984) i Vinka VINKOVIĆA **Sistem daljinskog vođenja elektroenergetskog sistema »Elektroslavonije« Osijek**. U 1985. godini objavljena su dva stručna priloga: Ivana BALIČEVIĆA **Štednja energije na postavljenim plinskim ložištima naknadnom ugradnjom automatskih dimovodnih zaklopki** u broju 11, i prilog KALEA Marijana sa savjetovanja »Organizacija znanstvenoistraživačkog rada u razvoju Zajednice općina Osijek« na temu **Energetske osnove razvoja privrede Slavonije i Baranje** u broju 12.

DOPRINOS EFIKASNIJEG POVEZIVANJA ZNANOSTI, STRUKE I PRAKSE U OBLASTI ENERGETIKE

U protekla tri desetljeća, kako smo prikazali, objavljeno je pedesetak stručnih radova, prikaza i znanstvenoistraživačkih priloga tridesetak autora u oblasti energetike, čime je časopis »Privreda« umnogome pridonio efikasnijem povezivanju znanosti, struke i prakse u oblasti energetike na području slavonsko-baranjske regije. U isto vrijeme časopis je na ovaj način bio i ogledalo regionalnih stručnih snaga i potencijala u oblasti energetike. Istina, može se zamjeriti nizu dokazanih stručnjaka — energetičara u privrednim organizacijama — što nisu u časopisu prezentirali svoja uspješna stručna rješenja u praksi, čime bi svakako pomogli svojim kolegama u drugim privrednim organizacijama. No, vrijeme nosi nove stručne izazove, a časopis »Privreda« u idućem razdoblju svog djelovanja bit će još otvoreniji i spremniji za suradnju u svim područjima, pa tako i u području energetike. Nadamo se uspješno kao u proteklom razdoblju.

mr Milan IVANOVIĆ

VIJESTI IZ ELEKTROPRIVREDE

MOGUĆNOST IZGRADNJE MALIH HIDROELEKTRANA U SR HRVATSKOJ

U SR Hrvatskoj do 2000. godine struktura proizvodnje električne energije bazirat će se na proizvodnji hidroelektrana, nuklearnih elektrana i klasičnih termoelektrana, birajući od svih mogućnosti optimalno rješenje, pri čemu treba računati i s malim hidroelektranama, tj. njihovim tehničkim, energetskim i ekonomskim karakteristikama.

Prema ranijim procjenama, mogućnosti proizvodnje malih hidroelektrana u SR Hrvatskoj, računajući s malim hidroelektranama do 1 MW, kretala se 400 do 500 GWh. Novije procjene, dakle radi se još uvijek o procjenama, govore o mogućoj proizvodnji od 800 do 1000 GWh i snazi 250 do 280 MW ako se obuhvate male hidroelektrane od 50 kW do 10 MW, odnosno oko 600 GWh ako se obuhvate male hidroelektrane od 50 kW do 1 MW. U SR Hrvatskoj akcijom koju vodi i financira elektroprivreda pristupljeno je izradi katastra malih HE. U početku 1983. godine završen je prvi dio te studije, koju je izradio »Elektroprojekt« iz Zagreba: »Metodologija i smjernice za projektiranje i izgradnju malih hidroelektrana u Hrvatskoj«, na temelju koje je utvrđen pristup realizaciji malih hidroelektrana.

Zajednica elektroprivrednih organizacija Hrvatske ugovorila je s »Elektroprojektom«, Zagreb izradu drugog dijela studije: »Katastar malih vodnih snaga u SR Hrvatskoj«.

Zadaća studijskog elaborata pod gornjim nazivom je da na temelju raspoloživih topografskih, meteoroloških, hidroloških i geoloških podloga dobiju informacije o mogućnostima korištenja energetskog potencijala malih vodotoka u svom prirodnom stanju.

Uvidom u pregledne topografske situacije definirano je 130 vodotoka koji svojim osnovnim hidrološkim i topografskim karakteristikama upućuju na mogućnost energetskog korištenja.

Izbor tipova postrojenja

Posebno treba naglasiti da je zadaća izrađene studije da se istaknu vodotoci i dijelovi vodotoka povoljni za izgradnju malih hidroelektrana određenog kapaciteta, a eliminiraju oni potezi koji svojim prirodnim karakteristikama nisu zanimljivi za energetsko korištenje. Pri tome je ustanovljen zajednički kriterij, postrojenje derivacijskim kanalom ($L = 500$ m) i kratkim tlačnim cjevovodom, bez brane, osim u iznimnim slučajevima kada postoje izuzetno morfološki povoljne okolnosti.

Rezultati studije poslužit će kao osnova za izradu elaborata pod nazivom »Katastar malih hidroelektrana u SRH«. U ovom elaboratu će se potezi korištenja detaljnije analizirati sa stajališta topografskih, hidroloških i geoloških osobina, te u pogledu mogućnosti višenamjenskog korištenja.

Definirat će se tipovi postrojenja i građevinskih objekata, te agregata i ostale elektrostrojarske opreme. Na bazi ove tipizacije tipizirat će se tehnički uvjeti izvedbe, te uvjeti za vezu elektrana i konzuma. Na kraju će se provesti način ekonomskog opravdanja, što će se rezultirati konačnim popisom lokacija po prioritetu za građenje.

U obrađenoj studiji obuhvaćene su i definirane granice sliva pojedinih vodotoka, granica do vodomjernih profila, te do energetskih profila, odnosno profila za korištenje.

Područje SR Hrvatske podijeljeno je generalno na uvjetno usvojene slivove: sliv Drave, Save, Kupe, krša i sliv Jadranskog mora.

Posebno je dan tabelarni prikaz određenih vodotoka s naznakom pripadajućeg sliva i popisom vodomjernih stanica. Tabelarno su prikazane i površine, te srednji protoci po pojedinim vodotocima za odabrane energetske profile.

Hidrološka obrada obuhvaća srednje mjesečne i godišnje protoke za unaprijed definirano 10-godišnje razdoblje (1969–1978) i krivulje trajanja dnevnih protoka.

Za formiranje rada ovih stanica korišteni su svi dostupni podaci, a to su uglavnom hidrološki godišnjaci i elaborati izrađeni u »Elektroprojektu«.

Studija »Katastar malih vodnih snaga u SR Hrvatskoj« završena je krajem 1985. godine, a obrađeni materijal poslužit će za izradu projektne dokumentacije i program izgradnje malih hidroelektrana na području Hrvatske. U rješavanju ove problematike glavni nosilac je elektroprivreda Hrvatske, a u rad će se uključiti i proizvođači opreme naše strojogradnje i elektroindustrije.

I. R.

SUPSTITUCIJA SKUPIH ENERGENATA

Republički komitet za energetiku, industriju, rudarstvo i zanatstvo raspisao je natječaj za financiranje istraživanja ugljena, nafte i plina, te otvaranje ili proširenje ugljenokopa a također i preorijentaciju s tekućih goriva na ugljen i nekonvencionalne izvore energije, kao i racionalno korištenje energije.

Nedavno je završen četvrti po redu natječaj na koji je pristiglo 79 zahtjeva s ukupno traženim iznosom od 12,7 milijardi dinara. No republički fond raspolagao je sredstvima od 2,9 milijardi dinara tako da je udovoljeno samo jednom dijelu podnesenih zahtjeva.

Od raspoloživih sredstava najveći dio je izdvojen za istraživanje i otvaranje ugljenokopa (oko 1,5 milijardi dinara).

Pomoć će dobiti proizvođači građevne i drvne industrije, poljoprivreda, turizam i dr.

U industriji građevnog materijala radi se na supstituiranju mazuta ugljenom. Zapaženi su dobri rezultati u RO Ilovac Karlovac, cementarama Pula i »Lipa« Novi Marof. U istarskim ciglanama namjeravaju koristiti dimne plinove i zamijeniti mazut ugljenom jalovinom.

Prerađivači u grupi drvne industrije umjesto mazuta preorijentirat će se na korištenje drvnog otpada. Iz republičkih sredstava pomoć su dobile tvornice namještaja u Otočcu, Pakracu i Delnicama. Domaća strojogradnja planira organizirati proizvodnju posebnog tipa kotlova za korištenje drvnog otpada.

Sredstva četvrtog natječaja dijelom su odvojena i za programe korištenja sunčane energije za hotele na području Zadra, Dubrovnika, Cavtata i dr. U našoj zemlji uglavnom koristimo Sunčevu energiju za zagrijavanje vode. I u nas ima oko 20 tvornica koje proizvode kolektore za tu svrhu. Prema podacima za 1984. godinu u nas je radilo 170 postrojenja za zagrijavanje vode Sunčevom energijom. Ukupno je bilo instalirano 38000 prostornih metara kolektora u društ-

venom sektoru i 49000 prostornih metara u privatnim kućama.

Među prihvaćenim programima su i projekti korištenja energije vjetra, uljnih škrljevaca itd.

Da bi se što bolje iskoristile energetske rezerve, treba osigurati još veća ulaganja kako bi se mnogi programi supstitucije skupih energenata brže i uspješnije realizirali.

I. R.

SANACIJA ŠTETE U RHE OBROVAC

U RHE Obrovac 12. listopada 1985. na motor-generatoru br. 2 došlo je do havarije u vrijeme prve revizije agregata. Agregat je bio pokrenut u mehaničku vrtnju i u toku zaustavljanja agregata ručno je uključeno električno kočenje, nakon čega je došlo do havarije. Pregledom je ustanovljeno da zaštitni limovi oko sistema za kočenje nisu bili montirani ni spojeni vijcima nego odloženi dijelom na rukama donjeg križa, a dijelom na donjem pokrovu.

Uključenjem električnog kočenja limovi su povučeni magnetskim poljem i podignuti u prostor motor-generatora, zbog čega su mehanički oštećeni dijelovi statora i rotora.

Rješenjem glavnog direktora RO »Elektroprivreda Dalmacije« formirana je komisija sa zadatkom da izvrši pregled nastalih oštećenja i napravila »Tehnički izvještaj o uzrocima kvara, visini štete, potrebnim radovima na sanaciji štete i orijentacionim rokovima popravka«. U radu komisije osim stručnjaka elektroprivrede sudjelovala su i dva profesora Elektrotehničkog fakulteta iz Zagreba, te predstavnici tvornice »Rade Končar«.

Radovi na sanaciji oštećenja agregata povjerena je stručnjacima SOUR-a »Rade Končar«, a završeni su sredinom ožujka ove godine.

Oštećeni agregat br. 2 sinhroniziran je na mrežu 19. ožujka 1986. i nakon kontrolnih ispitivanja uključen je u redovnu proizvodnju. Ukupni troškovi na sanaciji nastale štete u RHE Obrovac iznose oko 364 milijuna dinara, bez troškova vlastite radne snage.

Potrebna sredstva osigurala je elektroprivreda i Zajednica osiguranja »Croatia«.

I. R.

POČETAK GLAVNIH RADOVA NA HE DUBRAVA

Polaganjem kamena temeljca 3. travnja 1986. je dr Josip Zmaić, predsjednik Sabora SR Hrvatske označio početak glavnih radova na HE Dubrava. Svečanosti su prisustvovali predstavnici općina Čakovec i varaždin, članovi Izvršnog vijeća Sabora SRH i drugi predstavnici društveno-političkih organizacija, vodoprivrednih poduzeća iz NR Mađarske, SAP Vojvodine i SR Slovenije, te elektroprivrednih i izvođačkih poduzeća.

HE Dubrava je poslije HE Varaždin i HE Čakovec treća u nizu sedam elektrana na toku rijeke Drave u SR Hrvatskoj. HE Dubrava, instalirane snage 77,8 MW i s godišnjom proizvodnjom 410 milijuna kWh električne energije, bit će sličnih karakteristika kao i dvije prethodne dravske elektrane. Izgradnjom i treće elektrane energetski potencijal Drave u SR Hrvatskoj bit će iskorišten 46 posto.

RO »Elektroprivreda«, Zagreb, kao investitor ove hidroelektrane, zaključila je nabaviti opremu od domaćih proizvođača. Tvornica »Rade Končar« isporučit će generatore, transformatore i drugu elektroopremu.

»Litostroj« će proizvesti dvije cijevne turbine, crpke i ostalu hidromehaničku opremu. Isporuka metalnih konstrukcija prepuštena je poduzeću »Metalna« Maribor a dio strojarne opreme izradit će »Đuro Đaković« iz Slavonskog Broda.

Između Poslovne zajednice INGRA Zagreb i investitora potpisan je ugovor izvedbe glavnih građevnih radova na pojedinim objektima. To su Ingrine članice SOUR »Industrogradnja i GRO »Vladimir Gortan« iz Zagreba, građevni kombinat »Međimurje«, Čakovec, radit će i ekipe »Geotecnika« i organizacija vodoprivrede »Dunav – Drava« iz Osijeka. Za izgradnju i opremu HE Dubrava uložiti će se oko 57,3 milijarde dinara, a utvrđen je rok puštanja u pogon elektrane sredinom 1990. godine.

I. R.

IZBOR LOKACIJA ZA NUKLEARKE

Dugoročnim planom Jugoslavije za razvoj i primjenu nuklearne energije do 2000. godine programirana je gradnja četiriju nuklearnih elektrana. U okviru zacrtanog plana organiziran je rad na izboru lokacija budućih nuklearki i deponija za otpad istrošenog nuklearnog goriva. Pri izboru lokacije na određenom području moraju se utvrditi geološke, geomehaničke i sve druge karakteristike.

Pri tome se moraju uvažavati preporuke Međunarodne agencije za atomsku energiju i postupati u skladu s propisima koji vrijede u drugim zemljama s većim iskustvima u gradnji nuklearnih objekata.

Na području od Zagreba do Dugog Sela razmotreno je čak devet lokacija. Ispitivanja su pokazala da je najbolja lokacija Prevlaka, kod Ivanić-Grada. Duž Save obavljana su i druga preliminarna istraživanja, pa se tako došlo i do lokacije na području Županje, te u Erdutu, a razmatra se nekoliko lokacija u području Osijeka. Pokazani su dobri rezultati za lokaciju Tenje, istočno od Osijeka.

Uz Prevlaku to je jedna od najpovoljnijih lokacija. Daljnja istraživanja pokazuju da u red pogodnih lokacija ulaze Pag, Vir i Rogoznica. Ispitivanjem na otoku Krku utvrđeno je da tamo nema povoljnih lokacija. Unatoč dobrim istražnim ispitivanjima još ni jedna spomenuta lokacija nije potpuno istražena da bi se donijela konačna odluka. Organiziran je i rad na ispitivanju lokacija za deponiranje nuklearnog otpada.

U raznim područjima provode se ispitivanja, ali još nema konačnog izbora lokacije. U prvu najpovoljniju grupu uvršteni su: Slovenjgradec, Visoko, Slunj i Lopare – Zloselo. Prema istim geološkim i seizmološkim kriterijima u drugoj grupi našle su se makrolokacije Krivolak-Štip, Kričko polje, Novsko Brdo (zapadno od Psunja), Bihać i Velenje. Među lokacijama koje su na temelju dosadašnjih istraživanja ne preporučuju su područje Čačka, Glina – Topusko – Vrginmost, te Fruška gora, Novo Mesto i Prokuplje.

Program istraživanja nastavlja se i u 1986. godini.

I. R.

SPORAZUM O GRADNJI TE PLOMIN II

Poslije dugotrajnih rasprava i dogovaranja konačno su delegati Vijeća udruženog rada Sabora SRH prihvatili zaključke gradnje TE Plomin II. U prihvaćenim zaključcima utvrđeno je da do puštanja elektrane u pogon treba ugraditi uređaje za odsumporavanje.

Unatoč opredjeljenju za izgradnju TE Plomin II Vijeće ocjenjuje da je potrebno do puštanja elektrane u eksploataciju poduzeti sve mjere i stvoriti uvjete da se odsumporavanjem eliminiraju štetni utjecaji za zdravlje ljudi, zaštita čovjekove okoline, kao i razvoj drugih djelatnosti. Pri tome se treba oslanjati na rezultate naučnih dostignuća te maksimalno podržavati razvoj i primjenu vlastitih tehnologija na tom području.

Vijeće obavezuje elektroprivredu da o realizaciji svih obaveza koje proizlaze iz izdatih uvjeta obavještava Zajednicu općina Rijeka. Zajednica elektroprivrednih organizacija Hrvatske i RSIZ – potrošača električne energije na održanoj zajedničkoj sjednici 27. ožujka ove godine usvojili su zaključke Vijeća udruženog rada o gradnji TE Plomin II. Elektroprivreda Hrvatske prihvaća obavezu da sagrađi uređaj za odsumporavanje, te da će rok gradnje tog objekta nastojati maksimalno približiti datumu puštanja u pogon termoelektrane.

Poslije postignutog sporazuma s radovima gradnje TE Plomin II nastavlja se po već utvrđenom programu.

Investitor je dosad uložio u gradnju objekata i izradu projektne dokumentacije oko 9 milijardi dinara.

I. R.

SEMINAR »PLANIRANJE I IZGRADNJA TIPSKIH TS 110/35 kV«

Elektrotehničko društvo Zagreb u suradnji s Elektroenergetskom inspekcijom SRH, Zajednicom elektroprivrednih organizacija Hrvatske, »Elektroprenosom« Zagreb i SOUR »Rade Končar« organiziralo je seminar »Planiranje, izgradnja i koncepcija tipskih TS 110/35, 20, 10 kV« održan u Zagrebu 10. do 13. ožujka 1986.

Seminar je namijenjen stručnjacima iz organizacije elektroprivrede i velikih potrošača električne energije, koji grade ili će u perspektivi graditi TS 110/35, 20, 10 kV. Sudionici seminara su stručnjaci elektroprivrede, prijenosnih i distributivnih organizacija, kao i stručnjaci projektnih i proizvodnih poduzeća.

U više referata sudionici seminara upoznati su s osnovnim karakteristikama tipske stanice, informirani su o mogućno-

sti industrijske proizvodnje opreme i modula za navedene stanice, a dan je i kritički osvrt na uočenu problematiku u toku zasnivanja, projektiranja i izgradnje jedne tipske TS 110/35 kV.

O svim referatima vođene su opširne diskusije na osnovi kojih su doneseni i odgovarajući zaključci.

Završetkom seminara organiziran je obilazak TS 110/35 kV Virje kod Đurđevca (Podravina) koja se nalazi u završnoj fazi izgradnje, a prototipna je izvedba tipske TS 110/x kV u elektroenergetskom sistemu Hrvatske.

I. R.

POVEĆANA PROIZVODNJA NAFTE

Ostvareni rezultati proizvodnje SOUR-a INA – Naftaplin u 1985. godini vrlo su uspješni. Proizvedeno je 3 020 milijuna tona nafte na domaćim naftonosnim poljima i oko 36 500 tona u Angoli.

Proizvodnja prirodnog plina je 1,45 milijarda m³, tekućeg plina oko 123 300 tona, etana 25 milijuna m³ i etilena 24 377 tona.

Iz SSSR-a uvezeno je 728,3 milijuna m³ plina. U protekloj godini pušteno je u rad naše najveće plinsko polje Molve, dovršena je platforma »Labin« i stigle su prve tone nafte iz Angole. To je dio zajedničke proizvodnje INA-Naftaplina i Naftagasa s angolskim partnerima.

Uz ove uspješne proizvodne rezultate obavljani su i veliki istražni radovi, sagrađeni brojni investicijski objekti i nabavljena razna sredstva rada.

S povećanom proizvodnjom i istražnim radovima nastaviti će se i u 1986. godini. Plan proizvodnje utvrđen je u ovim količinama: 2 951 000 tona nafte, od toga 77 000 tona u Angoli. Nadalje 135 000 tona kondenzata, 2 190 milijarde m³ prirodnog plina, 141 000 tona tekućih plinova, te 32,3 milijuna m³ etana, 32 000 tone etilena i 8 800 tona propilena.

U usporedbi s prošlogodišnjom proizvodnjom najpoznatiji je porast u proizvodnji prirodnog plina (oko 50 posto). Povećat će se i proizvodnja tekućih plinova za 14 posto i etilena 34 posto. Iz SSSR-a se planira uvesti 916 milijuna m³ plina, što je 25 posto više nego 1985. godine.

I. R.

SAVJETOVANJA I KONFERENCIJE

PROJEKTIRANJE ELEMENATA DISTRIBUTIVNE MREŽE

Savez elektrotehničkih inženjera i tehničara Hrvatske organizirao je savjetovanje: »Projektiranje i tipizacija elemenata distributivnih mreža u Portorožu 2. do 4. travnja 1986. Glavne teme savjetovanja:

- Projektiranje, izgradnja i održavanje električnih distributivnih mreža
- Tipizacija elemenata električnih distributivnih mreža, nadzemnih i kabelaških

— Dosadašnja iskustva u projektiranju, izgradnji i održavanju niskonaponskih mreža sa samonosivim kabelaškim snopovima

— Potrebe, mogućnosti i ekonomska opravdanost izgradnje srednjonaponskih mreža sa samonosivim kabelaškim snopovima

— Problematika električnih distributivnih mreža u praksi i u specijalnim uvjetima.

Na savjetovanju je održan 21 referat s diskusijom, u sklopu čega je detaljno obrađena problematika iz navedenih tema. Savjetovanju je prisustvovao velik broj stručnjaka distribu-

tivnih organizacija skoro iz svih republika. Usvojeni zaključci ovog savjetovanja bit će dostavljeni zainteresiranim organizacijama i stručnjacima.

I. R.

JUGOSLAVENSKI KOMITET MEĐUNARODNE KONFERENCIJE ZA VELIKE ELEKTRIČNE MREŽE (JUKO CIGRE)

Stručno-naučni skupovi u 1986/87. godini

A) SKUPOVI KOJE ORGANIZIRA JUKO CIGRE

Deseti simpozij o energetske kablama (mjesto još nije određeno)

6–9. oktobra 1986.

Simpozij ima za cilj razmjenu tehničkih informacija i saznanja iz područja konstrukcije, proizvodnje, ispitivanja i eksploatacije energetskih kabela, kablenskog pribora i kablenskih mreža.

Na simpoziju će se obrađivati slijedeće teme:

1. Konstrukcija kabela i kablenski materijali
2. Kablenski pribor i polaganje kabela
3. Eksploatacija kabela
4. Kablenske mreže
5. Standardi i propisi

Šesto stručno savjetovanje o upravljanju i informatici u elektroprivredi Jugoslavije

Cavtat — 4–7. novembra 1986.

Savjetovanje je posvećeno problemima razvoja, izgradnje i eksploatacije tehnoloških orijentiranih informaciono-upravljačkih sistema u jugoslavenskoj elektroprivredi. Osim bito će biti značajno iznošenje iskustva stečenih realizacijom projekata i rezultata analiza razrada rješenja u okviru projekta tehničkog sistema upravljanja jugoslavenskim elektroenergetskim sistemom, čija je realizacija u toku.

Razmatrana će biti slijedeća područja:

1. Opći problemi razvoja, izgradnje i eksploatacije tehničkih informacionih sistema u elektroprivredi Jugoslavije.
2. Vođenje elektroenergetskog sistema
3. Informativno-upravljački sistemi.
4. Telekomunikacioni sistem i oprema.

Osamnaesto savjetovanje elektroenergetičara Jugoslavije

Budva — 19–23. aprila 1987.

Dvogodišnja savjetovanja elektroenergetičara Jugoslavije u organizaciji JUKO CIGRE već su tradicionalna. Teme savjetovanja vezane su za probleme jedinstvenog jugoslavenskog elektroenergetskog sistema i njegovih elemenata, a raspravljaju se u tri sekcije i 14 grupa.

Naziv pojedine grupe označava i tematiku kojom se ona bavi.

- Grupa 11 — Rotacioni strojevi
- Grupa 12 — Transformatori
- Grupa 13 — Sklopni aparati

- Grupa 15 — Izolacioni materijali
- Grupa 21 — Energetski kablenski
- Grupa 22 — Nadzemni vodovi
- Grupa 23 — Razvodna postrojenja
- Grupa 31 — Planiranje prenosnih mreža
- Grupa 32 — Pogon, upravljanje i regulacija u prijenosnim mrežama
- Grupa 33 — Prenaponi i koordinacija izolacije
- Grupa 34 — Zaštita i automatika
- Grupa 35 — Komunikacije
- Grupa 36 — Perturbacije
- Grupa 39 — Distributivne mreže

B) INTERNACIONALNI SKUPOVI KOJE ORGANIZIRA CIGRE — Paris

Tridesetprvo generalno zasjedanje CIGRE 1986.

Pariz (Francuska) — 27. VIII do 4. IX 1986.

Oko 200 referata raspravljat će istaknuti stručnjaci iz svih krajeva svijeta po slijedećim grupama:

- Grupa 11 — Rotacioni strojevi
- Grupa 12 — Transformatori
- Grupa 13 — Sklopni aparati
- Grupa 14 — Istosmjerne veze
- Grupa 15 — Izolacioni materijali
- Grupa 21 — Kabeli visokog napona
- Grupa 22 — Nadzemni vodovi
- Grupa 23 — Stanice
- Grupa 33 — Prenaponi i koordinacija izolacije
- Grupa 34 — Zaštita
- Grupa 35 — Telekomunikacije i daljinsko upravljanje
- Grupa 36 — Perturbacije
- Grupa 37 — Planiranje i razvoj mreže
- Grupa 38 — Analiza i tehnika mreža
- Grupa 39 — Eksploatacija i pogon mreža

Novi i poboljšani materijali za elektrotehnologiju

Beč (Austrija) 5–7. maja 1987.

Na skupu će biti raspravljane slijedeće teme:

1. Najnoviji razvoj i poboljšanja izolacionih materijala
2. Najnoviji razvoj i poboljšanja magnetskih materijala i vodiča
3. Nov razvoj materijala za specijalne namjene
4. Nove metode za nadzor elektrotehničkog materijala u mrežama visokog napona kojima se omogućuje predviđanje kvarova, posebno onih koji imaju teške posljedice.

Međusobno djelovanje i usporedba trofaznog i istosmjernog prijenosa

Boston (SAD) — 28–30. septembra 1987.

Na skupu će biti raspravljane slijedeće teme:

1. Prikaz tehnike sistema
2. Analiza vezanog trofaznog i istosmjernog sistema
3. Upravljanje usmjerivača
4. Upravljanje reaktivnim snagama u trofazno-istosmjernom sistemu
5. Usporedba prijenosa trofaznim i istosmjernim sistemom.

NOVE KNJIGE

N. M. Sinev, B. B. Baturov: »EKONOMIKA ATOM-SKE ENERGETIKE — osnove tehnologije i ekonomike nuklearnog goriva«

»Energoatomizdat«, Moskva, 1984, 391 stranica, 148 slika i crteža, 73 tablice. Tvrdo ukoričeno, format 15×22, cijena 1,3 rublje.

U knjizi je izložena specifičnost tehnologije i odgovarajuće ekonomike osnovnih stadija i glavnih procesa proizvodnje prirodnog i obogaćenog urana, zatim proizvodnja toploprovodnih i toploizmjenivačkih uređaja, radiološko-kemijska regeneracija iskorištenog goriva i postupak s radioaktivnim otpacima. Dani su obračunski obrasci i tablice utroška nuklearnog goriva za nuklearne elektrane, kriteriji efikasnosti njihova iskorištavanja i cijene različitih varijanti. Ovo je drugo, prerađeno i dopunjeno izdanje (prvo 1980), a namijenjeno je studentima fakulteta za specijalnost »atomske elektrane i postrojenja« i »proizvodnja i montaža opreme atomskih elektrana«.

Knjiga ima ukupno 11 poglavlja:

1. Energija, potrošnja i izvori, uloga atomske energije
2. Gorivo — energetska kompleks i elektroenergetika SSSR-a; atomska energija u sistemu energetike zemlje,
3. Organska goriva, potrošnja i specifičnosti iskorištavanja,
4. Nuklearno gorivo, specifičnosti iskorištavanja, potrebe nuklearnih elektrana u nuklearnom gorivu,
5. Nuklearne elektrane i pogoni nuklearnog ciklusa, potrebe u nuklearnom gorivu s proračunima povrata,
6. Potrebe u nuklearnom gorivu i u snazi prerađivačkih kapaciteta koji razvijaju atomsku energetiku,
7. Prirodni uran,
8. Obogaćivanje urana,
9. Osnove tehnologije dobivanja obogaćenog urana,
10. Toploizmjenjivački elementi i uređaji reaktora,
11. Kemijska prerada iskorištenog nuklearnog goriva.

U općoj koncepciji ove knjige autori su počeli od niza principijelnih postavki koje karakteriziraju specifičnost ekonomike ove nove industrijske grane, što je uvjetovano specifičnostima iskorištavanja nuklearnog goriva u energetici.



ASTRA

**SPONZOR-SUORGANIZATOR
UNIVERZIJADE'87**

ZAGREB
JUGOSLAVIJA



Djelatnosti na vanjskom tržištu:

- izvoz-uvoz kompletnih objekata, postrojenja i opreme za sve grane industrije;
- izvoz-uvoz brodova i aviona;
- izvoz-uvoz poljoprivredno-prehrambenih proizvoda;
- međunarodno trgovinsko posredovanje;
- međunarodna trgovina putem mreže inozemnih firmi i predstavništava;
- zastupanje inozemnih firmi.

Djelatnosti na unutrašnjem tržištu:

- ugostiteljsko-hotelijska djelatnost putem vlastitih hotela, ugostiteljskih objekata, sportsko-rekreacijskih sadržaja, te prodaja avio-karata i aranžmana putem vlastite turističke agencije;
- prodaja, održavanje i popravak automobila iz programa VOLKSWAGEN-AUDI, te tehnički pregled svih vrsta vozila;

n. sol. o. OOUR-a

41000 ZAGREB, Varšavska 9

Telefon: 041/427-111

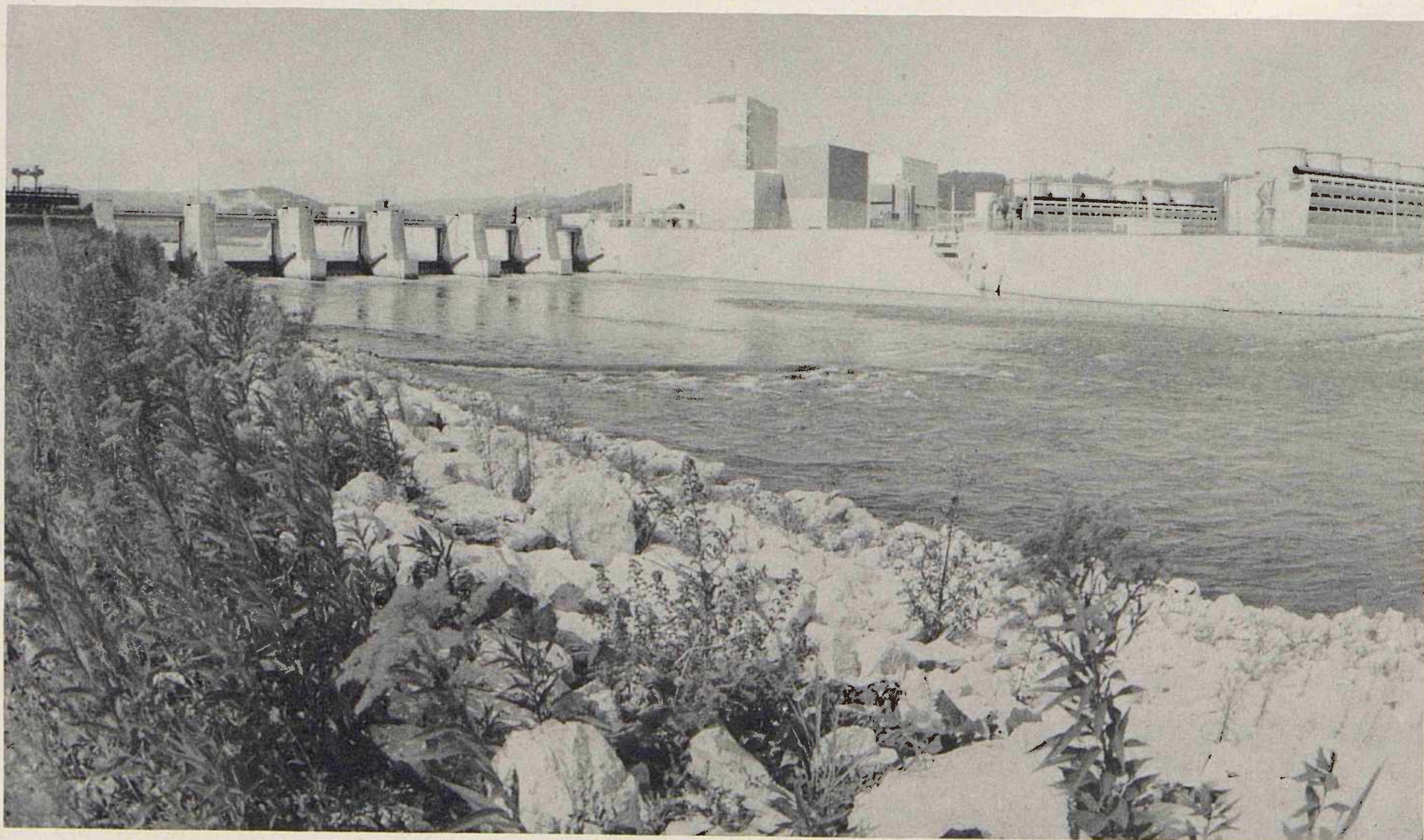
Telegram: ASTRA — ZAGREB

Telex: 21177, 21254 YU MASEX, 21125,
21281 YU ASTRA

- opskrba poljoprivrede sjemenskom robom, reprodukcijskim materijalom, strojevima i alatima;
- opskrba stranih brodova i jahti u domaćim lukama i marinama.

OSNOVNE ORGANIZACIJE UDRUŽENOG RADA:

- **OOUR ZASTUPSTVO INOZEMNIH FIRMI**, Zagreb, Gajeva 5
- **OOUR MEĐUNARODNA TRGOVINA**, Zagreb, Gajeva 5
- **OOUR MAŠINOIMPEX**, Zagreb Varšavska 9
- **OOUR ZA VANSJKU I UNUTRAŠNJU TRGOVINU POLJOPRIVREDNO-PREHRAMBENIH PROIZVODA**, Zagreb, Harambašićeva 19
- **OOUR AUTOMOBILNE DJELATNOSTI**, Velika Gorica, Zagrebačka bb
- **OOUR UGOSTITELJSTVO**, Stubičke toplice
- **OOUR UGOSTITELJSTVO TOPLICE**, Krapinske Toplice
- **OOUR UGOSTITELJSTVO KUMROVEC**, Tuheljske Toplice



NE KRŠKO za koju je veliki dio opreme uvezla R. O. Mašinoimpex

ČASOPIS ELEKTROPRIVREDE
HRVATSKE

energija

IZDAVAČI

Zajednica elektroprivrednih organizacija
Hrvatske

Institut za elektroprivredu, Zagreb

SIZ za znanstveni rad Hrvatske

IZDAVAČKI SAVJET

Dr Ivo Hrs, dipl. inž., Institut za elektroprivredu, Zagreb —
Josip Antić, dipl. inž., »Elektroprimorje« Rijeka — Anđelko
Modrčin, dipl. inž., »Elektroprivreda« Rijeka — Anđelko
Dujmović, dipl. inž., »Elektroslavonija« Osijek — Dragutin
Stanić, dipl. ecc., »Elektroprivreda Dalmacije« Split — mr
Damir Subašić, dipl. ecc., Elektroprivreda Zagreb — Zden-
ka Jelić, prof., Institut za elektroprivredu, Zagreb — Mla-
den Zeljko, dipl. inž., Institut za elektroprivredu, Zagreb

UREDNIČKI ODBOR

Glavni urednik: dr Zorko Cvetković, dipl. inž.
Urednik: Zdenka Jelić, prof.

Urednici rubrika: »Energetski sistemi«, Nikola Bilčar, dipl.
inž. — »Hidroelektrane«, Krunoslav Begović, dipl. inž. —
»Termoelektrane i Toplane«, Mladen Nadinić, dipl. inž. —
Prijenos električne energije, Zdenko Tonković, dipl. inž.,
Zagreb — »Razvod, distribucija i potrošnja električne ener-
gije«, Josip Antić i Mladen Ježić, dipl. inž., — »Ekonomika
elektroprivrednih poduzeća, ekonomskofinancijska i tarif-
na pitanja, te ekonomika poslovanja«, dr Jure Šimović, dipl.
oec. i Željko Vodopija, dipl. oec. — Tehnički urednik:
Branko Mališ — Lektor: Vladimir Strojny, prof. — Metro-
loška recenzija: Mladen Zeljko, dipl. inž.

Redakcija završena 1986 — 04 — 23

Godište 35 (1986)

Zagreb 1986

Br. 4

SADRŽAJ

<i>Kandžija V.</i> : Međunarodno naftno tržište (Pregledni rad)	247
<i>Ivanović M.</i> : Potrošnja električne energije u doma- ćinstvima izabranih zemalja Evrope i Jugoslavije (Prethodno priopćenje)	257
<i>Schenner R.</i> : Određivanje dnevnog dijagrama optere- ćenja grupe kućanstava pomoću modela (Originalni znanstveni rad)	265
<i>Jung M.</i> : Svrishodnost izravnih mjerenja opasnosti u dojavnim vodovima (Pregledni rad)	271
<i>Pavičić K.</i> : Teškoće u radu kompenzacijskog bazena Gusić Polje i njihovo uklanjanje (Stručni rad)	275
<i>Vuković V.</i> : Neke specifičnosti u projektiranju nuklear- nih elektrana (Stručni rad)	279
Rad Instituta za elektroprivredu u 1985. godini	291
Vijesti iz elektroprivrede	309
Iz strane stručne literature	310
Nove knjige	313
Oglasi	315

Časopis je oslobođen plaćanja poreza na promet rješenjem
Republičkog sekretarijata za prosvjetu, kulturu i fizičku kul-
turu SR Hrvatske broj 886/1-1979.

Uredništvo i uprava:

Zagreb, Ulica Proleterskih brigada 37

Pošt. pretinac 293, telefoni 511-455, 513-822 (328)

Godišnje izlazi 6 brojeva. Godišnja pretplata za pojedince iznosi 1200
dinara, a za poduzeća i ustanove 4000 dinara. Cijena pojedinog
broja u prodaji 600 (za studente 200) dinara.

Za inozemstvo \$ 90 godišnje.

Tekući račun kod Narodne banke, Zagreb

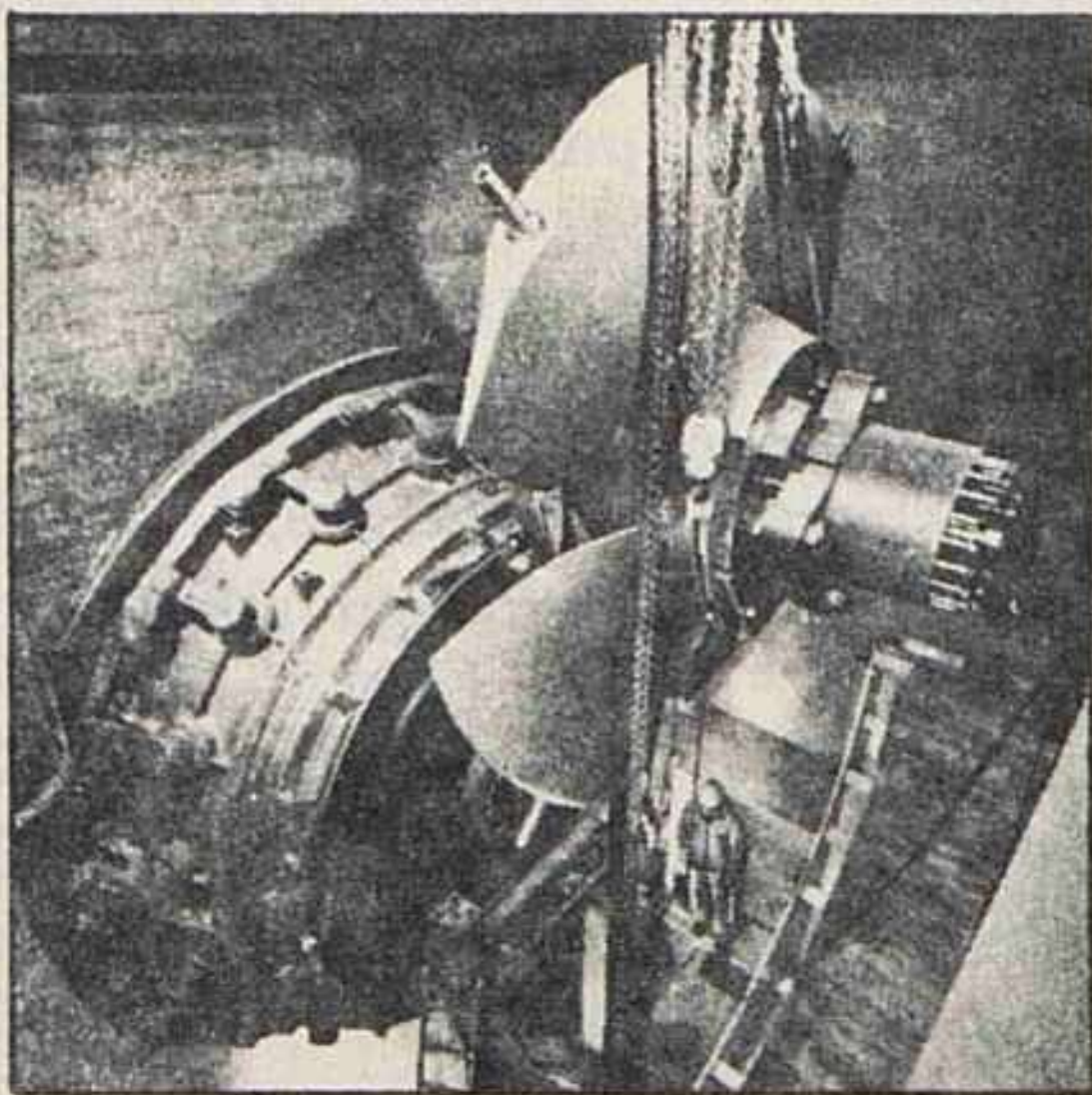
Institut za elektroprivredu (za »Energiju«) broj 30101-603-565

Tisak i klišej: RO »Zrinski« TIZ, Čakovec

Bez obzira da li se govori o postrojenjima za proizvodnju pare, komponentama nuklearnih centrala, pumpama, cijevnim armaturama i regulacijakim sistemima, kombiniranim postrojenjima s plinskim turbinama i parnim postrojenjem, plinskim turbinama, vodenim turbinama, postrojenjima za rekuperaciju topline itd.

Sulzer je mjerodavan za energetska tehniku

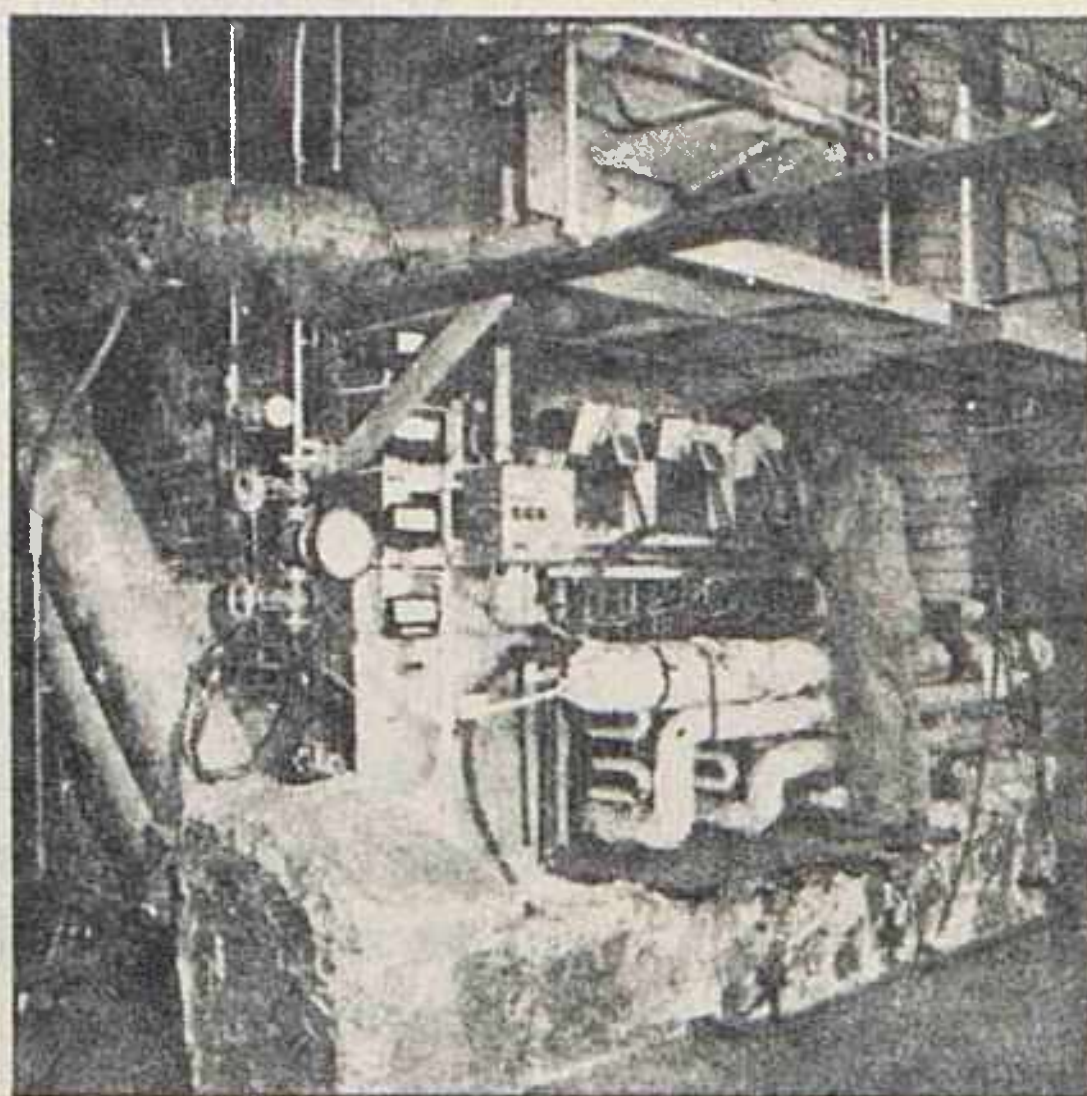
Evo tri primjera koji to i potvrđuju:



Straflo®-turbine za »Annapolis Royal« prvu elektranu na plimu i oseku u Sjevernoj Americi.

U već postojećoj pregradnji jednog zaljeva u Kanadi izgrađena je elektrana na morske mijene s velikim Straflo-turbinama, koja služi i kao pilotno postrojenje za projekt »Bay of Fundy«.

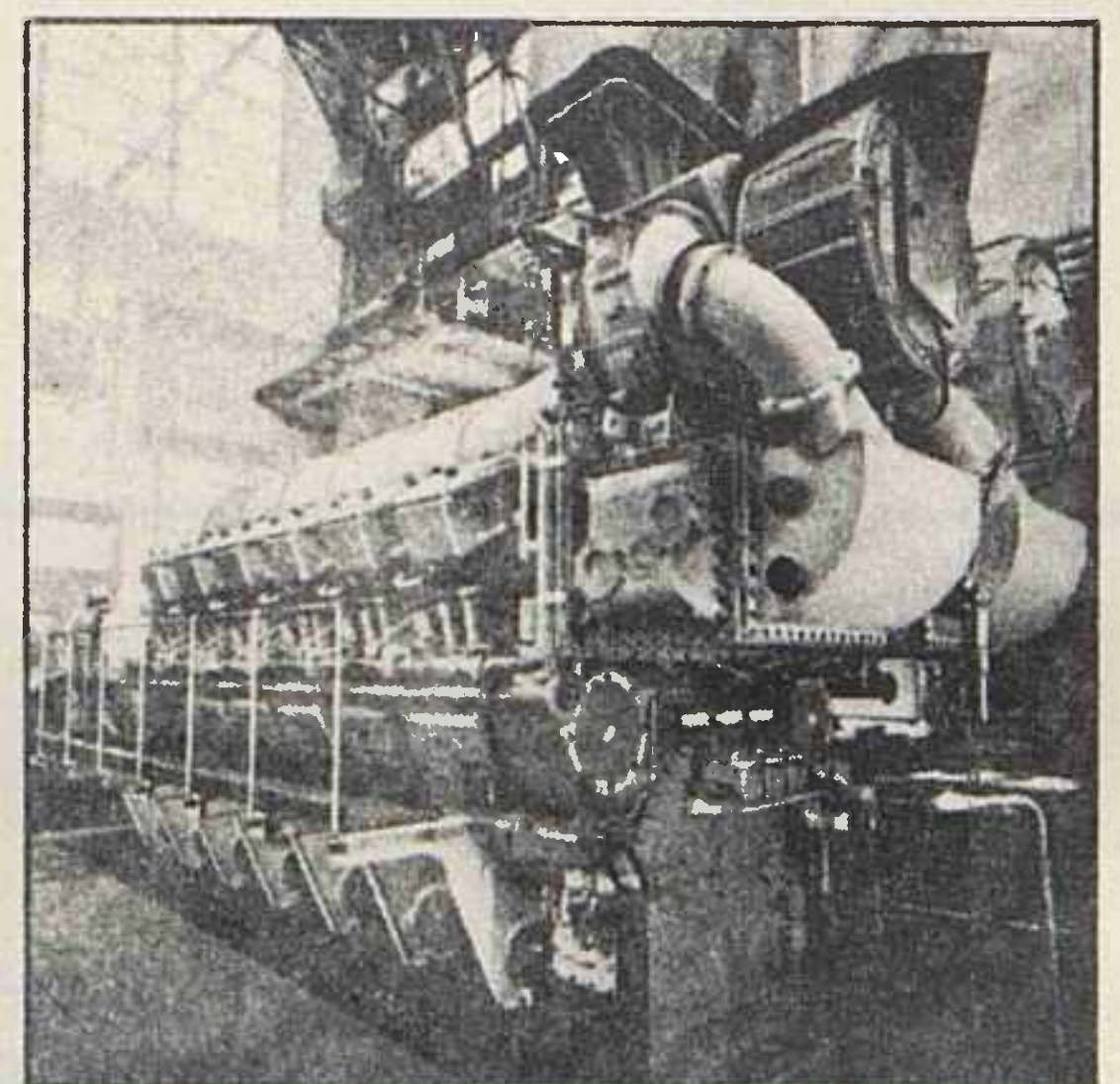
Straflo-turbine, produkt poduzeća Sulzer-Escher Wyss, grade se kod Dominion Bridge-Sulzer Inc. Kanada (Joint-Venture).



Ložišta s izgaranjem goriva u lebdećem sloju omogućuju po okolinu bezopasno loženje ugljenom.

Više od tri godine isprobava se Sulzerovo ispitno kotlovsko postrojenje, s ložištem s izgaranjem goriva u lebdećem sloju, različitih vrsta ugljena.

Takvim ložištima postižu se vrlo niski udjeli sumpornog dioksida u plinovima izgaranja, jer i do 80% od u ugljenu sadržanog sumpora biva vezano na vapno koje se u tom postupku dodaje ugljenu. Udio dušikovih oksida je također niži nego u klasičnim ložištima.

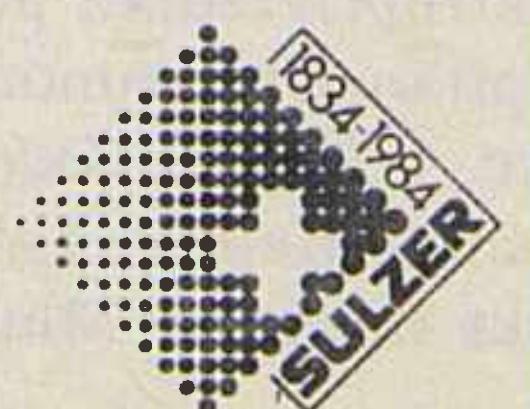


Dizel-elektrana i toplana Kufstein u Austriji sa 97% raspoloživosti i ukupnim stupnjem iskorištenja energije od cca 89%.

Takva postrojenja pretvaraju cca 40% od dovedene energije direktno u električnu energiju, cca 50% biva iskorišteno predavanjem otpadne topline toplovodnoj mreži, tako da su gubici samo cca 10% od dovedene energije.

Gebrüder Sulzer Aktiengesellschaft
CH-8401 Winterthur, Schweiz
Telefon 052 81 11 22
Telex 89606011

SULZER®



MEĐUNARODNO NAFTNO TRŽIŠTE

mr Vinko Kandžija, Zagreb

UDK 620.91

PREGLEDNI RAD

U članku se analizira raspad kohezivnih snaga koje su regulirale svjetsko tržište nafte i određivale njezin nivo cijena.

Ključne riječi: prerada nafte, kapaciteti, multinacionalne kompanije, karteli, OPEC, cijene.

1. UVOD

Međunarodno naftno tržište posljednjih godina postaje sve anarhičnije. Uspostavljanje ravnoteže između ponude i potražnje sve je teže. Glavne kohezivne sile — SAD, sedam naftnih kompanija i zemlje OPEC-a — nemaju više diržističku snagu regulatora svjetske ponude i potražnje nafte.

Glavne su karakteristike svjetskog tržišta nafte ove: relativno i apsolutno smanjenje opsega i količine nafte koja ide u svjetsku trgovinu, promjena u strukturi potrošnje, odnosno regija u kojima je potražnja najizražajnije, stagniranje proizvodnje u zemljama OPEC-a, promjene unutar zemalja OPEC-a u opsegu proizvodnje i dugoročna strategija visokorazvijenih zemalja da smanje ovisnost o uvozu nafte korištenjem ugljena, prirodnog plina, nuklearne energije i alternativnih izvora energije.

U radu se obrađuje razvoj naftne industrije i glavni tokovi međunarodnog tržišta. Takav pristup omogućuje pojedinim zemljama adekvatnije vođenje energetske politike kao osnovne strategije njihova privrednog razvoja.

2. STRUKTURALNE PROMJENE U SVJETSKOJ NAFTNOJ INDUSTRIJI

Struktura svjetske naftne industrije od njezinih prvi početaka do 1980. godine prošla je pet etapa: 1. stvaranje oligopolnog položaja od 1850. do 1940. godine, 2. reguliranje nafte putem kartela od 1945. godine do 1972. godine, 3. stvaranje novih subjekata od 1955. godine do 1970. godine, 4. jak utjecaj OPEC-a od 1972. godine do 1980. godine i 5. oslobađanje od islamske naftne zone.

Prvo razdoblje od 1850. godine do 1940. godine karakteristično je po prevlasti američke naftne industrije koja se razvijala putem koncentracije, multinacionalizacije i vertikalne integracije.

U početku se je radilo o konkurenciji mnogobrojnih poduzeća malog opsega. Uloga američke naftne¹ industrije mijenja konkurentnu strukturu prema oligopolu. Tako od druge polovice XIX stoljeća dolazi do fuzije poduzeća, što vodi do veoma velikog stupnja koncentracije.

Intenzivan proces integracije naftne industrije odvija se kako tehnički tako i financijski. Radi se o industriji gdje je nužan jak kapital, golemo investiranje na različitim stadijima; velik rizik, i to posebno u stadiju eksploatacije a ekonomija razmjera proizvodnje značajna je s obzirom na visok nivo fiksnih troškova. Proces multinacionalizacije odvijao se mnogo sporije od koncentracije. Američke tvrtke prve su se implantirale u inozemstvo i postale istinski multinacionalne.

Od 1870. godine američka naftna industrija postaje izrazito izvozna. Ona izvozi više od dvije trećine svoje proizvodnje. Proces multinacionalizacije započinje početkom 1900. godine, razvija se od 1910. i 1930. godine i dostiže vrhunac u 40-im godinama. Od tada, američke tvrtke dominiraju svjetskom trgovinom nafte. To su najveće multinacionalne firme kako po širini svjetskih operacija, značenju prometa, tako i po političkoj i ekonomskoj težini kako u implantiranim zemljama, tako i u zemljama porijekla. U 1984. godini od 500 velikih američkih poduzeća (kriterij prometa) pet prvih su naftne firme.

Treća razvojna faza (strategija) američkih naftnih firmi vezana je uz integraciju strukturu radi kontrole različitih nivoa — eksploatacije, transporta i distribucije. Ta kontrola omogućuje nezavisnost i sigurnost na nivou opskrbljenosti sirovom naftom i na nivou prerade i distribucije, ostvarenje ekonomije razmjera, ekonomiziranje troškova kombiniranjem različitih operacija i vladanjem cijenama u distribuciji. Zaštićuje se od pojave novih konkurenata podi-

¹ R. Vernon, *Les entreprises multinationales*, Calmann-Levy, 1973, str. 17; A. D. Chandler, *The Visible Hand*, Harvard University Press Cambridge, Massachusetts, 1977, str. 321.

zanjem unutarnjih barijera, zatvarajući tako stadij proizvodnje, transporta, prerade i prodaje. U razvojnoj fazi od 1947. do 1972. godine naftno tržište regulira se putem kartela. Potkraj drugog svjetskog rada oligopolistička struktura proširila se na svjetsku naftnu industriju. Sedam velikih naftnih tvrtki (7 sestara), od kojih je pet američkih, dominira ukupnom naftnom industrijom.² Potpuna kontrola u svjetskoj naftnoj industriji koju je imalo 7 najvećih svjetskih kompanija zorno se vidi u tablici 1.

Tablica 1. Dominacija najvećih u naftnoj industriji 50. godina

Struktura u %	7 najvećih	Ostale međunarodne kompanije	Nacionalne kompanije zemalja proizvođača
Nalazišta nafte	98,2	1,8	—
Distribucije	93,2	—	—
Kapaciteti rafinerija	73,0	27	—

Izvor: B. Levy, ibid., str. 2.

Ta integracija omogućila je sedmorici najvećih da kontroliraju i reguliraju tržište, omogućavajući tako relativnu stabilnost, u nominalnoj vrijednosti, cijene sirove nafte.

Ponuda, koju je dirigiralo »sedam sestara«, povećavala se ovisno o potražnji. Kompanije su fiksirale i razpodijelile proizvodne kvote između različitih zemalja proizvođača koje upravljaju naftnim resursima.

Relativna stabilnost naftne industrije za vrijeme cijelog tog razdoblja održala se jakim intervencionizmom — barijera u okviru kojih su se konfrontirali potencijalni konkurenti. Te barijere su različite prirode, a najznačajnije su prirodne (rezultat same karakteristike industrije nafte) i umjetne³.

Jedinstvenost svjetskog tržišta nafte ostvarivala se vertikalnom integracijom multinacionalnih tvrtki i uvođenjem jedinstvenog sistema cijena iako su troškovi proizvodnje različitih nalazišta (bušotina) bili različiti (tablica 2)⁴.

U 60-im godinama razlika u troškovima i produktivnosti između naftnih bušotina na Srednjem istoku i američkih još više dolazi do izražaja (tablica 3).

Različiti sistemi cijena: sistem »Golf-Plus« (do drugoga svjetskog rata) i »Double Point System« imali su dvostruku funkciju: eliminiranje razlike u troško-

Tablica 2. Troškovi po jedinici proizvodnje u različitim zonama 1946 – 1951. godine

u SAD \$ po barelu

Godina	Srednji istok	SAD
1946.	0,18	0,78
1947.	0,29	0,94
1948.	0,40	1,04
1949.	0,31	1,08
1950.	0,09	1,06
1951.	0,09	1,18

Izvor: Z. Mikdashi, Financial Analysis of Middle Eastern Oil concessions, 1901 – 1965, Praeger Publishers, London, 1966, str. 94.

Tablica 3. Razlika troškova i produktivnosti između naftnih bušotina (Srednjeg istoka i američkih)

	SAD	Iran	Saudijska Arabija	Irak	Kuvajt
Prosječna produktivnost (u barelima po danu)	14	15,500	4	13,200	3,500
Prosječni troškovi proizvodnje (u američkim centima po barelu)	151	7	10	4	10

Izvor: N. Khot, New Relationship in the World of Oil, in Alternatives, A Journal of World Policy, Vol. V N° 4, 1980, p. 496.

vima između orijentalnih i američkih bušotina (gise-ments) te zaštitu i održavanje američke proizvodnje.⁵ U ovom razdoblju zemlje proizvođači nafte imali su vrlo ograničenu ulogu na svjetskom tržištu nafte. Naime, one nisu kontrolirale ni količinu proizvodnje, ni nivo izvoza a ni cijene. Uostalom, inicijalna aktivnost zemalja OPEC-a odnosila se je na stabilizaciju službenih (objavljenih) cijena radi osiguranja stabilnog prihoda proizvođačima.⁶

Razdoblje od 1955. do 1970. godine značajno je po postepenom infiltriranju novih subjekata koji se javlja-ju na međunarodnoj naftnoj sceni 50-ih godina: pri- vatne nezavisne tvrtke, i to uglavnom američke, nisu dijelovi međunarodnog kartela 7 velikih (Majors) i evropske tvrtke koje su osnivale vlade zemalja uvoznica nafte. Te tvrtke imale su različite ciljeve: evropske oslobađanje od utjecaja američkih multina- cionalnih firmi u opskrbi naftom i njenim deriatima, a nezavisne američke firme (Minors) angažirale su se u međunarodnoj eksploataciji i proizvodnji (300 tvrtki između 1953. i 1972. godine)⁷.

² B. Levy, *World Oil Marketing in Transition*, Working Paper N° 81 – 1, Har- vard University 1981, p. 2
³ E. Penrose, *The Growth of Firms. Middle East Oil and other Essays*, Oxford University Press, 1971, p. 140.
⁴ M. A. Adelman, *The World Petroleum Market*, The Johns Hopkins University Press, Baltimore, 1972, str. 205.

⁵ F. R. Serecht, *Le marché pétrolier international*, Paris, 1985, str. 19.
⁶ Said Ahmed, *L'OPEP, passé, présent et perspectives*, Economica, Paris, 1980.
⁷ B. Lévy, ibiđ., str. 7.

Nezavisne tvrtke adaptirale su dvostruku politiku: defenzivnu (pritisak na federalnu vladu da uvedu porez na uvozne kvote) i ofenzivnu (osiguranje izvora opskrbe sirove nafte uz jeftinije cijene izvan američkog teritorija).

To je imalo trostruke posljedice.

Prvo, nezavisne privatne i javne kompanije osjetno su proširile stupanj kontrole izvora snabdijevanja nafte na štetu 7 velikih (tablica 4).⁸

Tablica 4. Razvoj kontrole nalazišta nafte⁹

	%			
	1950	1957	1966	1970
7 velikih	98,2	89,0	78,2	68,9
Ostale međunarodne kompanije	1,8	11,0	21,8	22,7
Državne kompanije zemalja proizvođača	—			8,4

Izvor: B. Lévy, ibid, str. 9.

Drugo, taj razvoj redistribuirao je dohodak u korist zemalja proizvođača a na štetu međunarodnih kompanija. Nezavisne tvrtke i državna poduzeća odobrila su bolje fiskalne uvjete zemljama proizvođačima, što je vodilo prema drukčijoj politici u 7 velikih, a također i smanjenju prihoda kompanija od 80 centi u 50 godin na 53 centi 1960; 38 u 1970. i 32 u 1972.¹⁰

Treće, nastali su novi ugovorni odnosi između Minorsa i zemalja proizvođača nafte. Prvi put u povijesti naftne industrije nameće se direktna intervencija državnih kompanija zemalja proizvođača nafte u stadiju proizvodnje, a ponekad i u okviru usluga, a posebno u stadiju komercijalizacije.

Razdoblje od 1972. do 1980. godine značajno je po jačanju uloge OPEC-a na svjetskom tržištu nafte. Sve do 1972. godine »sedam sestara« gotovo je potpuno upravljalo ukupnom proizvodnjom, distribucijom i nivoom cijena nafte u svijetu. Naftna kriza 1973. godine dovela je u pitanje njezinu tržišnu snagu. Nastupa proces kompletne dezintegracije koju su uvele 7 najvećih. Padom velikih međunarodnih tvrtki koje su upravljale naftom od 30-ih godina započinje uspon

zemalja OPEC-a. To je, dakle, golema promjena u distribuciji koja se odvija u korist proizvođača nafte koji postepeno preuzimaju kontrolu oporezivanja nafte od 1967. godine; nalazišta od 1973; tržišta od 1973, a naročito od 1979. i najzad izvozne količine. OPEC ima veliko značenje u kontroli nafte u svijetu.

Način upravljanja i reguliranja cijena imao je tri različite faze: monopolnu, oligopolitičku i konkurentsku.

Prva faza obuhvaća razdoblje od 1950. do 1970. godine. U ovom razdoblju svjetska potražnja raste, a službena cijena koju je determiniralo 7 velikih ostaje praktički jednaka: 1,80 SAD \$ po barelu, odnosno 1950. 1,71 dolara, 1960. 1,80 dolara i 1970. 1,80 dolara. Dva glavna faktora objašnjavaju kontinuirani realni pad nafte sve do 70-ih godina. Prvo, pronalazak novih resursa i drugo monopolno značenje velikih u nametanju uvjeta proizvođačima nafte. Niske cijene rezultat su prije svega niskih troškova eksploatacije: Golfe i Sjeverna Afrika.

Druga faza od 1971. do 1982. godine karakteristična je po dominantnoj tendenciji rasta cijena: cijena barela arapske (light) nafte povećana je od 2,18 SAD \$ početkom razdoblja na 34,10 SAD \$ krajem perioda, dostigavši tako svoj povijesni plafon: 1977 = 2,90; 1974 = 11,65; 1979 = 18; 1980 = 32 i 1982 = 34,10 SAD po barelu nafte. Inverzna tendencija u ovoj fazi u odnosu na prvu uglavnom se tumači promjenom ekvilibrija između ponude i potražnje — ritam novih nalazišta nafte opada. Kupci postaju proizvođači. Kronologija te konjunktura vezana je za libijski pritisak, sporazum Teherana i Tripolija te sporazum Geneve I i II.¹¹

Treća faza započinje od 1981. godine i karakteristična je po novoj univerzalnoj tendenciji — sve većem padu cijena. Bruto referenična cijena OPEC-a 1983. godine dostigla je 28,10 SAD \$. Osim toga, glavnu ulogu u reguliranju cijena ima spot tržište. Ta promjena eksplicirana je promjenom konkurentskih uvjeta u, okviru svjetske naftne industrije, kao i postepenom slabošću OPEC-a kao kartela zemalja proizvođača nafte. Velik pad cijena nafte u 1986. godini, prema nekim analitičarima, mogao bi se stabilizirati na oko 12 SAD \$ po barelu, što potvrđuje tezu o suzbijenosti koheziranih sila koje su do sada dominirale na tom uzburkanom svjetskom tržištu.

⁸ M. Chatelus, *Brève histoire du pétrole dans la Péninsule*, CNRS, str. 62.

⁹ Bez SAD i socijalističkih zemalja.

¹⁰ B. Lévy, *World Oil Marketing in Transition*, op. cit., str. 8.

¹¹ Glavne odluke OPEC-a u sferi cijena i porezne politike dane su u: E. R. Se-recht, op. cit., str. 32.

Tablica 5. Glavne strukturalne promjene svjetske naftne industrije 1950 — 1980. godine

	1950.			1980.		
	7 velikih	Nezavisne tvrtke	Nacionalne kompanije	7 velikih	Nezavisne tvrtke	Nacionalne kompanije
Kontrola nalazišta	98,2	1,8	—	30		70
Kontrola distribucije	93,2		6,8	50		50
Struktura ugovora	Dugoročni sporazum o isporuci + bruto koncesije			Kratkoročni sporazum + spot tržište		

Dominantni položaj velikih u okviru kartela proizvodnje nafte nagrizen je pojavom nezavisnih tvrtka. To se intenziviralo pojačanom intervencijom nacionalnih kompanija koje su osnovale zemlje proizvođači¹² (tablica 5).

Tablica 6. Proizvodnja sirove nafte izvan zemalja OPEC-a 1974 – 1984. godine

u milijunima tona

	1974.	1984.	% svjetske proizvodnje
Sjeverno more	1,9	161	5,7
Meksiko	31,6	150	5,3
Egipat	11,5	45,2	1,6
Malezija	4,0	24,8	0,9
Brazil	8,5	23,8	0,8
Australija	18,4	25,5	0,9
Kina	65,8	114,5	4,1

Izvor: British Petroleum Statistical review of World energy, juin 1984.

¹² U Meksiku Petroleos Mexicanos 1938; u Iranu National Iranian Oil Company 1951; u Venezueli Corporation Venezolana del Petróleo 1960; u Kuvajtu: Kuvait National Petroleum Corporation 1960; Saudijskoj Arabiji Petromin 1962. godine.

Struktura svjetskog tržišta nafte se od 1973. godine nepovoljno odrazila na zemlje OPEC-a. Tržište nafte postepeno se oslobađa od 1980. godine ovisnosti od islamsko naftne zone. Naime, međunarodne kompanije oslobađaju se postepeno od Srednjeg istoka i orijentiraju se prema politički sigurnijim i stabilnijim naftnim proizvodnim zonama (tablica 6).¹³ Glavni tokovi opskrbe naftom zorno se vide iz slike 1.

Rast proizvodnje nafte u zonama izvan zemalja OPEC-a balansirao je pad proizvodnje u zemljama OPEC-a (tablica 7)

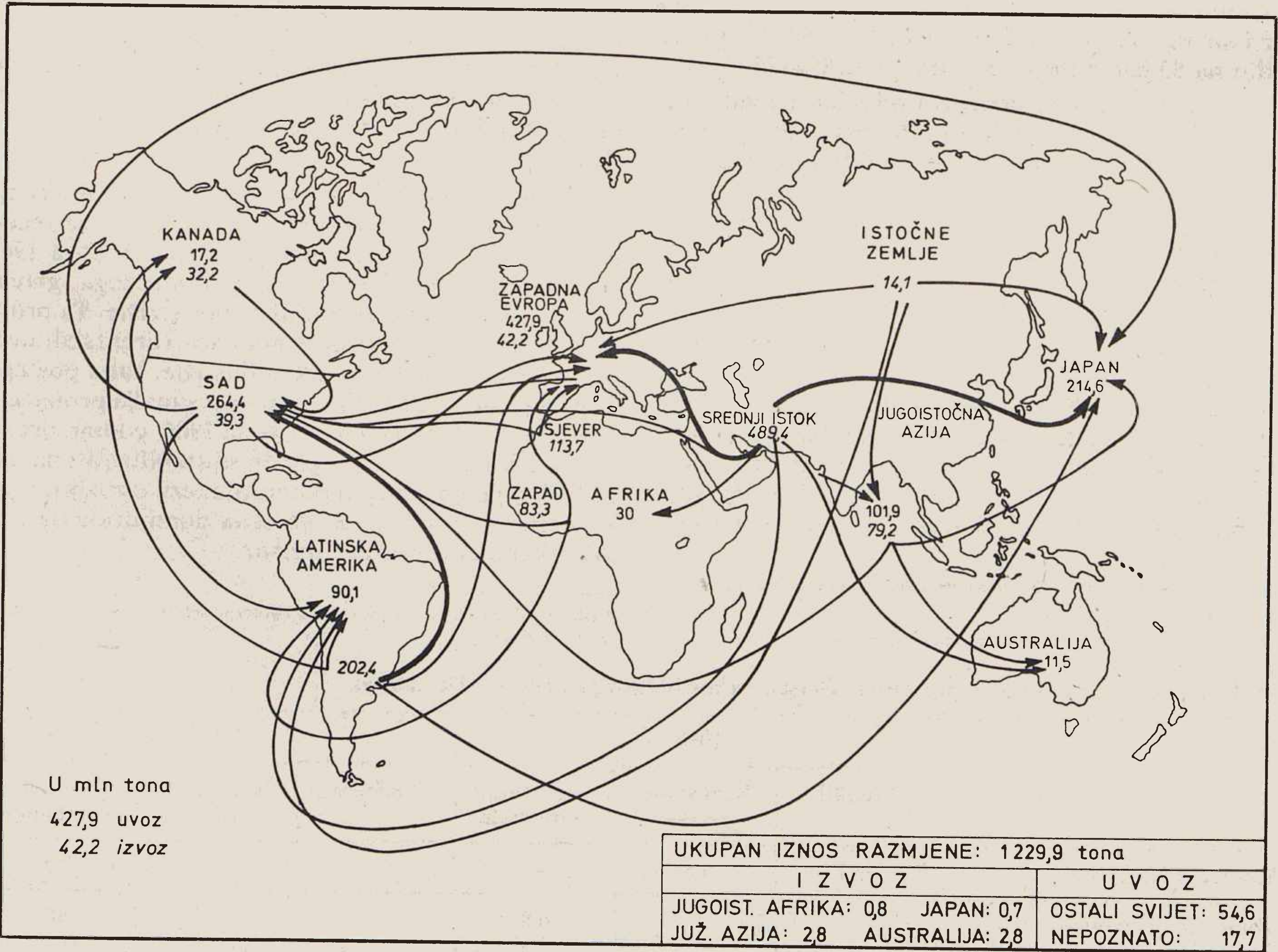
Tablica 7. Geografska orijentacija udjela u svjetskoj proizvodnji nafte od 1974. do 1984.

u milijunima tona

	1974.	%.	1984.	%
OPEC	1 538	54	900	32
Izvan OPEC-a	797	30	1 179	41,5
Istočne zemlje	544	16	747	26,5
Ukupno svijet	2 879	100	2 826	100,0

Izvor: kao tablica 6.

¹³ Les nouveaux pays petroliers, Le Monde, 16. april 1985.



Izvor: British Petroleum Statistical review of world energy, juin 1985.

Slika 1. Tokovi opskrbe sirovom naftom u 1984.

Međunarodne kompanije izvlačile su vrlo lako profit od porasta cijena zemalja OPEC između 1973. i 1980. godine (tablica 8).

Tablica 8. Evolucija profita 26 naftnih kompanija

Zone	%	
	1979 – 1978.	1980 – 1979.
SAD	+ 53	+ 23
Ostale zemlje	+ 180	+ 4
Ukupno	+ 110	+ 12

Izvor: J. Gerais, Problèmes financiers pour l'industrie du petrole, Revue de l'energie, 345/1982, p. 689.

Između 1969. i 1981. godine ukupan promet 12 najvećih naftnih tvrtki je povećan od 61 na 560 milijardi SAD \$, dok je profit u istom razdoblju povećan od 5 na 26 milijardi SAD \$.¹⁴

Taj ogromni profit stvoren eksploatacijom naftnih nalazišta na Srednjem istoku omogućio je kompanijama da povećaju u velikim omjerima svoje investicije u eksploataciju i proizvodnju u drugim zonama. Prema Manhattan Banki 26 multikompanija multipliciralo je investicije 5 puta od 1970. godine (tablica 9).

Tablica 9. Evolucija investicija 26 naftnih kompanija od 1970. do 1982.

1970.	1973.	1974.	1978.	1979.	1980.	1981.	1982.
21,5	31,7	45,9	72,4	87,0	113,5	123,60	112,20

Geografska orijentacija novih proizvodnih kapaciteta pokazuje vrlo jaku koncentraciju izvan zone OPEC-a. Naime, SAD sudjeluju s oko 80% svjetskih bušotina, dok je udio Srednjeg istoka – glavne naftne regije – neznatan, s manje od 10% ukupnih instalacija.

3. NOVA STRATEGIJA NA TRŽIŠTU NAFTE

Novi tržištni uvjeti nametnuli su nove i specifične uvjete glavnim subjektima u svjetskoj trgovini nafte: zemljama proizvođačima, zemljama potrošačima i multinacionalnim tvrtkama. Općenito, jedni nastoje smanjiti ovisnost upotrebom alternativnih izvora energije, a drugi iz nafte izvući što ravnomjerniji profit: veća štednja nafte, preorijentacija na alternativne energetske izvore i prodor novih subjekata na tržište nafte.

Međunarodne kompanije pokušavaju kompenzirati gubitke na Srednjem istoku stvaranjem novih rezervi: Eksploatacija novih resursa ima dvostruku karakteristiku: nalazišta su slabog sastava – tehnički teška za ekspolataciju (duboka mora do 300 m) i teškog pristupa (artičke zone). Procjenjuje se da oko

četvrtina svjetske proizvodnje nafte potječe iz mora, i to 93% evropske proizvodnje, 60% azijske, 30% sa Srednjeg istoka i Afrike te 20% iz Sjeverne Amerike.¹⁵ Radi se o mnoštvu malih nalazišta. Od 1968. godine nisu otkrivena nova nalazišta s više od 500 milijuna barela ili supervelika s više od 5 milijuna barela.

Strategija velikih naftnih poduzeća od 1973. godine poprimila je tri glavne orijentacije.

Prva je diverzifikacija u energiji. Krajem 60. godina neke američke kompanije započele su se uključivati u korištenje drugih energetske resursa – ugljena i nuklearne energije te stvaranje konglomerata (distribucija, električna oprema, ambalaža, građevinarstvo, hoteljerstvo, crna metalurgija, kinematografska industrija [Selection trust, Reliance, Zolog, Montgomery Ward, Container, Kencott, Anaconda]).¹⁵

Druga je koncentracija. Od 80-ih godina politika koncentracije na osnovnoj aktivnosti nafte priprema dva aspekta: napuštanje aktivnosti koja nije vezana za naftu što dovodi do dekonglomeracija i geografske koncentracije na teritoriju Sjeverne Amerike, tj. na teritoriju SAD-a radi političke sigurnosti (intenzivan proces koncentracije u okviru američke naftne industrije).

Treća je restrukturiranje. Proces koncentracije naveo je velik dio kompanija na proces restrukturiranja njihove naftne aktivnosti u SAD i u ostalim zemljama. Restrukturiranje je esencijalno ciljalo, ali ne isključivo, prema proizvodnji nafte, tj. rafiniranju i distribuciji. Istraživački ciljevi su koncentracija u ključnim segmentima, tj. eksploataciji i proizvodnji, modernizacija proizvodnih sredstava u sektoru rafinerije s golemom investicijom radi omogućavanja sekundarne konverzije, tj. napuštanje slabije rentabilnih sektora.

Rezerve nafte u svijetu su ograničene i potrebno je njome racionalno gospodariti. Ukupne svjetske rezerve sirove nafte 1. siječnja 1985. godine iznosile su 96,5 milijardi tona, što je ekvivalentno 35-godišnjoj potrošnji uz sadašnji ritam proizvodnje (tablica 10).

Tablica 10. Svjetske rezerve i godišnja proizvodnja nafte od 1950. do 1984. godine

u milijardama tona								
	1955.	1960.	1965.	1970.	1975.	1982.	1983.	1984.
A. Rezerve (pronađene)	27,50	41,90	48,00	77,10	97,65	91,94	92,00	96,50
B. Proizvodnja	0,80	1,05	1,60	2,30	2,70	2,78	2,75	2,82
A/B	34	40	30	33	36	34	33,4	35

Izvor: Kao tablica 6.

Visoke cijene nafte prouzročile su i promjenu strukture potrošnje u glavnim industrijskim razvijenim zemljama.

¹⁴ J. M. Chevalier, Compagnies pétrolières: une baisse durable des prix du petrole nuirait à leurs intérêts, Le Monde, février 1983.

¹⁵ L'industrie française du pétrole, Union des chambres syndicales de l'industrie du pétrole, Paris, 1985.

Sve do 1973. godine udio nafte u potrošnji ukupne energije u stalnom je porastu. Tako se udio sirove nafte i plina u svjetskoj potrošnji energije povećao od 8 % 1900. godini na 65 % u 1973. godini. U isto vrijeme udio ugljena smanjio se, i to od 89 % na 28 % krajem 1973. godine.

Od 1973. godine, a naročito od drugog naftnog šoka 1979. godine, ta tendencija je inverzna i pokazuje veliko smanjenje udjela nafte u konzumiranju svjetske energije u korist ostalih vrsta energije (tablica 11).

Tablica 11. Struktura potrošnje svjetske energije

	1973.		1984.	
	M tep*	%	M tep	%
Nafta	2 798	47,3	2 844,5	39,5
Ugljen	1 668,4	28,2	2 179,6	30,3
Plin	1 066,1	18,1	1 409,9	19,6
Hidroelektrična en.	331,5	5,6	485,4	6,7
Nuklearna energija	49,4	0,8	282,2	3,9
Ukupno	5 913,4	100,0	7 201,6	100,0

Izvor: Kao tablica 6.

* = milijuni tona ekvivalentne nafte

Ta evolucija uvjetovala je kontinuirano smanjenje potrošnje nafte u glavnim visokorazvijenim zemljama od 1979. godine i određenu kvazi stagnaciju u zemljama u razvoju i u istočnim zemljama. Međutim, prvi put nakon pet godina osjeća se lagana progresija potražnje nafte od 2,3 % u zemljama OCDE pod efektom ekonomske ekspanzije SAD i Japana (tablica 12).¹⁶

S obzirom na razvoj relativnih cijena udio nafte u ukupnoj potrošnji primarne energije članica Međunarodne agencije za energiju (AIE)¹⁷ veoma je opao, i to od 51,4 u 1973. godini na 43,5 % u 1983. godini (tablica 13).

¹⁶ A. Vernay, *Les Mayors dans le tourbillon des OPA*, *Le Figaro*, 2-3 février 1985.

¹⁷ AIE — L'Agence internationale de l'énergie. Osnovana 15. studenog 1974. u okviru zemalja OCDE. Obuhvaća 21 zemlju od ukupno 24 koliko ih ima OCDE.

Tablica 12. Razvoj potrošnje nafte u zemljama OCDE od 1973. godine do 1984. godine

u milijunima tona

	1973.	1978.	1979.	1983.	1984.	% ukupne potrošnje
Sjeverna Amerika	901,7	975,7	958,1	773,1	791,4	27,9
Zapadna Evropa	748,9	716,5	733,1	586,6	591,0	20,8
Japan	269,1	262,7	265,1	207,2	214,6	7,5

Izvor: British Petroleum Statistical review of world energy, juin 1985.

Tablica 13. Udio nafte u potrošnji ukupne primarne energije zemalja AIE od 1973. do 1983. godine

%

1973.	1980.	1981.	1982.	1983.
51,4	46,8	44,7	44,1	43,5

Izvor: OCDE, Energy Policies and Programs of IEA Countries, Paris, 1984.

Nasuprot tendenciji u potrošnji energije, proizvodnja različitih vrsta energije ima različitu razvojnu tendenciju (tablica 14).

Osim proizvodnje plina, svi izvori energije imaju jaku tendenciju rasta u promatranom razdoblju.

Od 1973. godine zalihe nafte postaju sve više regulator tržišta, što se nije moglo reći za razdoblje do 1973. godine, kada naftne kompanije i zemlje proizvođači nafte nisu imali potrebu za stvaranjem rezervi sirove nafte i naftnih proizvoda. Općenito, ponuda i potražnja su se uravnotežili, a sigurnost opskrbe bila je osigurana. Tako mala količina zaliha nafte međunarodnih kompanija bila je dovoljna da zadovolji sezonske varijacije u potražnji nafte.

Od 1973. godine situacija se radikalno izmijenila. Mnogobrojne disproporcije koje karakteriziraju svjetsko tržište nafte 70-ih godina — embargo, prekid snabdijevanja, pritisak na cijene, ustrajna neravnoteža između ponude i potražnje — imale su kao po-

Tablica 14. Razvoj proizvodnje energije u zemljama AIE od 1973. do 1983. godine

	M tep					Udio u proizvodnji (%)				
	1973.	1980.	1981.	1982.	1983.	1973.	1980.	1981.	1982.	1983.
Ukupna proizvodnja	2219,9	2604,5	2625,4	2630,9	2589,8	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Nafta	620,0	714,0	712,2	730,0	754,0	27,9	27,4	27,1	27,7	29,1
Tvrda goriva	678,4	863,7	863,8	886,7	842,9	30,6	33,2	33,3	33,7	32,5
Plin	694,1	687,1	686,2	642,2	599,5	31,3	26,4	26,1	24,4	23,1
Nuklearna energija	38,9	120,7	133,8	143,9	153,6	1,8	4,6	5,1	5,5	5,9
Ostalo	188,6	218,9	219,4	228,0	239,9	8,5	8,4	8,4	8,7	9,3

Izvor: L'Observateur de l'OCDE, n° 130, septembre 1984.

sljedicu da su zemlje potrošači nafte nužno adaptirale politiku održavanja zaliha kako bi se opskrbili dovoljnim količinama nafte (tablica 15).

Tablica 15. Zalihe (stocks) kompanija i zemalja OCDE od 1978. do 1984. godine

Godine	Kompanija		Zemlje		Ukupno	
	Mln. tona	Potrošnja za dana	Mln. tona	Potrošnja za dana	Mln. tona	Potrošnja za dana
1978.	396	78	6	1	402	79
1979.	385	76	22	4	406	80
1980.	457	97	21	5	478	102
1981.	440	99	36	8	476	107
1982.	392	94	52	13	444	107
1983.	355	85	63	15	418	100
1984.	340	79	77	18	417	97

Izvor: L'Observateur de l'OCDE, n° 130, september 1984.

Rezerve naftnih kompanija čine oko tri četvrtine količina svjetskih zaliha. Zaleđena financijska sredstva, koja su rezultat zaliha sirove nafte i naftnih derivata, nisu zanemariva i čine oko 7 dolara godišnje troškova zaliha po barelu.¹⁸

Teško je odrediti utjecaj politike zalihe na financiranje svjetskog tržišta nafte. Ipak, postoje tri glavna cilja te politike: sredstva sigurnosti (ekonomska, politička, vojna), instrumenti reguliranja i instrument dominacije.

Zemlje proizvođači nafte nemaju primjerenu dogoročnu naftnu strategiju. Deset godina nakon prvog korigiranja cijena sirove nafte, situacija u OPEC-u bila je izrazito teška. To je rezultat samo funkcioniranja te organizacije koja nije respektirala pravila vlastitog funkcioniranja oligopolnog tržišta. OPEC je sam stvorio uvjete da nestane kao kartel proizvođača, posebno od početka 80-ih godina, tako da su međunarodne naftne kompanije ne samo agenti zemalja izvoznica nego i samih SAD a zemlje OPEC nemaju neko veće značenje.¹⁹

Odluke zemalja OPEC-a o sukcesivnom rastu cijena nafte nisu povezane ni sa kakvom dugoročnom strategijom optimalnog upravljanja resursima nafte. Nivo cijena je uveliko prelazio optimalan nivo monopolnih cijena, potican efektom supstitucije, politikom ekonomiziranja energijom i transferom prema drugim proizvodnim regionima.

Destabilizacija OPEC-a rezultat je internih perturbacija naftnog oligopola. Naime, organizacija ne sačinjava monolitnu grupu. Ujedinjuje vrlo različite proizvođače koje karakterizira manja ili veća osjetljivost na kratkoročan pad cijena i radikalno različiti dugoročni interesi. Slab stupanj homogeniteta i konvergencije između članica oligopola značajna je prepreka za jače povezivanje (tablica 16).

Tablica 16. Ključne agregatne razlike zemalja članica OPEC-a

Zemlje	Stanovništvo 1984.	Rezerve nafte u milijardama tona	Trajanje rezervi u godinama
Alžir	21,5	1,2	26,5
Saudijska Arabija	10,5	23,0	100
Ujed. Arap. Emir.	1,1	4,2	100
Ekvator	9,2	0,2	15
Gabon	0,7	0,8	10
Indonezija	155,3	1,2	17
Iran	41,6	6,6	60,5
Irak	14,3	6,0	100
Kuvait	1,7	12,4	100
Libija	3,2	2,8	52
Nigerija	93,5	2,3	33
Qatar	0,3	0,4	21,5
Venezuela	15,1	3,7	38
OPEC	368,0	64,0	72

Izvor: Kao tablica 6.

Nivo proizvodnje, stupanj iskorištenosti, politika cijena su određeni tehničkim karakteristikama svakog nalazišta te demografsko ekonomskim specifičnostima svake zemlje proizvođača nafte.

Kratkoročno, nivo proizvodnje svake zemlje OPEC-a određen je njenim financijskim potrebama. Dugoročno, svaki proizvođač prilagođava svoj izvoz rukovodeći se racionalnošću proizvodnih rezervi (tablica 17).

Tablica 17. Značenje nafte i prihod od nafte zemalja OPEC-a u 1984. godini

Zemlje	Unutrašnji bruto-proizvod	Izvoz	Prihod države	% Prihod od nafte u Mld SAD \$
Saudijska Arabija	40,0	98,0	89,0	44,0
Arap. Ujed. Emirati	36,5	76,5	89,0	13,0
Ekvator	11,5	60,5	70,0	1,6
Gabon	35,7	70,5	64,0	1,4
Libija	37,5	97,0	92,0	10,4
Kuvait	37,5	87,5	90,0	10,8
Katar	47,5	78,0	90,0	4,4
Alžir	14,5	72,5	60,0	9,7
Indonezija	12,6	53,0	50,0	11,2
Iran	10,5	97,5	78,0	16,7
Irak	31,0	93,0	83,0	10,4
Nigerija	17,0	85,0	80,0	12,4
Venezuela	28,5	94,5	58,0	13,7
Izvor: Ukupno OPEC	24,0	86,0	78,0	159,4

Izvor: Izračunato prema FMI, International Financial Statistics, Banque mondiale, World Bank Atlas.

Pokušaj reguliranja nivoa cijena nafte došao je posebno do izražaja nakon sastanka zemalja OPEC-a u ožujku 1983. godine i u rujnu 1984. godine putem

¹⁸ Oil and Energy Trends, octobre 1984. godine

¹⁹ M. A. Adelman, *The World Petroleum Market*, The Johns Hopkins University Press, Baltimore, 1972, str. 254.

određivanja količine (kvota) nafte između zemalja članica. Naime, kontrola proizvodnje sastojala se u definiranju proizvodnih plafona za OPEC i određivanju proizvodnih kvota za svaku zemlju članicu — tržišni udio (tablica 18).

Tablica 18. Proizvodni kontigenti 1983-1984.

milijuni barela na dan			
Zemlje	Ožujak 1983. Kvote	Rujan 1984. Kvote	% variranja
Alžir	0,725	0,663	- 8,6
Ekvador	0,200	0,183	- 8,5
Saudijska Arab.	5,000	4,353	- 12,9
Arap. Ujed. Em.	1,100	0,950	- 13,6
Gabon	0,150	0,137	- 8,7
Indonezija	1,300	1,189	- 8,5
Iran	2,400	2,300	- 4,2
Irak	1,200	1,200	-
Kuvajt	1,050	0,900	- 14,3
Libija	1,100	0,990	- 10,0
Nigerija	1,300	1,300	-
Katar	0,300	0,280	- 6,7
Venezuela	1,675	1,555	- 7,2
Ukupno	17,500	16,000	

Mogućnost određivanja jedinstvenih cijena od zemalja OPEC-a u ukupnoj naftnoj industriji ograničeno je dvama faktorima. Prvo, nivo refereničnih cijena ne smatra se optimalnim za sve članice organizacije. Refereničnih cijena OPEC-a, ako se udaljavaju od tržišnih cijena, ne pridržavaju se zemlje koje nisu članice OPEC-a. One mogu povećati svoj udio na tržištu na štetu zemalja OPEC-a. Drugo, smanjeni su kapaciteti zemalja OPEC-a da manipuliraju ponudom. Sužavanje njihovih udjela na tržištu smanjuje snažno manevarsku sposobnost OPEC-a. Konkuren-

Tablica 19. Proizvodni kapaciteti zemalja OPEC-a

Zemlje	Maksimalni proizvodni kapaciteti 1983.	Proizvodnja 1985. (procjena)	Nužna minimalna proizvodnja
Alžir	1,2	0,600	1,200
Saudijska Arabija	10,8	2,300	5,200
Ujedinjeni Arapski Emirati	2,4	1,100	1,300
Ekvador	0,2	0,300	0,200
Gabon	0,2	0,200	0,200
Indonezija	1,8	1,300	1,600
Iran	4,5	2,300	3,000
Irak	3,8	1,300	2,500
Kuvajt	3,3	0,800	0,400
Libija	2,5	1,000	1,400
Nigerija	2,5	1,200	1,800
Katar	0,7	0,300	0,300
Venezuela	2,4	1,500	2,100
Ukupno	39,8	14,600	21,700

Izvor: R.R. Serecht, op. cit., str. 82.

cija između zemalja OPEC-a te OPEC-a i nezavisnih proizvođača je povećana. Nepomirljiva priroda za aktualnim nivoom proizvodnje u odnosu na jaku ovisnost zemalja proizvođača u prihodu nafte glavna je adhezijska sila između tih zemalja. Tablica 19. daje plastičan odgovor na mogućnosti i želje zemalja OPEC-a.

U okviru samih zemalja OPEC-a razlike u rezervama su znatne. Pet zemalja Golfea u dominantnom je položaju. Drže oko 56 % svjetskih rezervi i više od tri petine rezervi zemalja OPEC-a. Samo Saudijska Arabija raspolaže sa 24 % svjetskih rezervi a Kuvajt sa oko 13 %.

Međutim, prema mnogim analizama, ponuda sirove nafte zemalja izvan OPEC-a od 90-ih godina imat će tendenciju smanjivanja (tablica 20).

Tablica 20. Porijeklo svjetske ponude

	1983.	1990.	2000.
OCDE	15,8	15,0	13,0
OPEC	18,4	24,0	29,0
Zemlje u razvoju nečlanice OPEC-a	7,3	9,0	10,0
Istočne zemlje (neto-izvoz)	1,6	0,5	0,0
Ukupno	44,0	49,0	53,0

Izvor: Reviews of Policies and Programmes, AIE, 1983.

Proizvodnja SAD, koja se ustalila na oko 10 milijuna barela po danu zahvaljujući otkrivanju nalazišta u Africi, smanjit će se krajem ovog desetljeća.

Proizvodnja u Sjevernom moru najprije će porasti u sljedećim godinama, a zatim će se smanjivati od 1990. godine.

Proizvodnja SSSR-a ostat će stabilna i kretat će se oko 12 milijuna barela dnevno, a s obzirom na porast unutrašnje potražnje neće biti izvoznog viška (sada oko 1,5 barela) na dan.

S druge strane, regionalni razmještaj svjetskih rezervi je nejednak (tablica 21).

Tablica 21. Regionalna orijentacija svjetskih rezervi

Regije	Mln tona	%
Sjeverna Amerika	5,5	6,1
Južna Amerika	11,7	11,8
Zapadna Evropa	3,3	3,5
Afrika	7,5	8,0
Srednji istok	54,2	56,4
Daleki istok	2,5	2,5
Istočne zemlje	11,4	11,7
Ukupno svijet	96,1	100,0

Izvor: Kao tablica 6.

Visine trajanja svjetskih rezervi u 1984. godini iznose se u tablici 22.

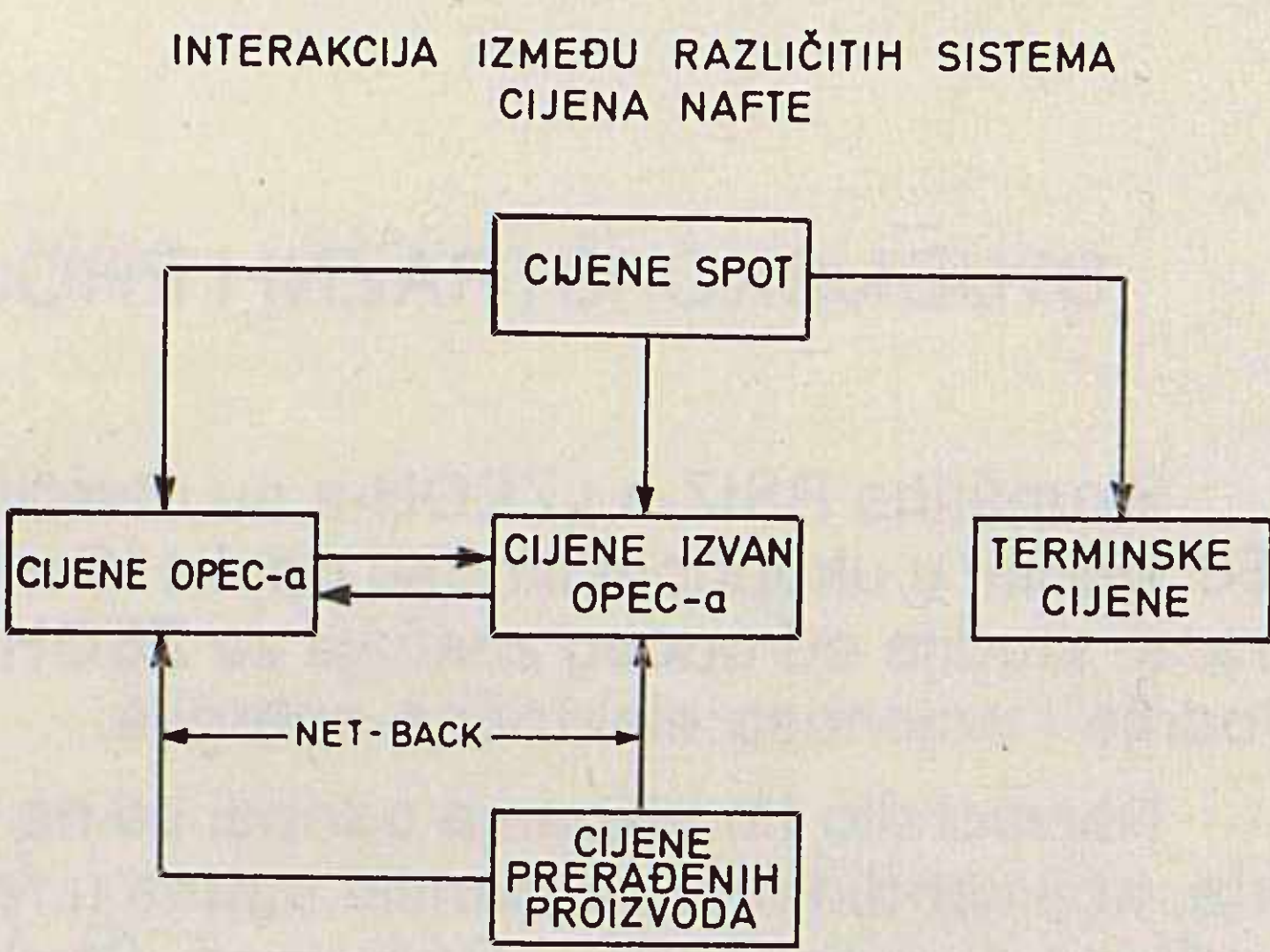
Tablica 22. Trajanje rezervi po regijama

rezerve/proizvodnja	
Regije	Broj godina
Sjeverna Amerika	9,7
Latinska Amerika	34,5
Zapadna Evropa	17,9
Srednji Istok	93,8
Istočne zemlje	15,3
Afrika	29,8
Ukupno svijet	34,0
Ukupno zemlje OPEC-a	72,0

Izvor: Kao tablica 6.

Konfiguracija svjetskog tržišta nafte danas je radikalno izmijenjena u usporedbi sa stanjem 70-ih godina. Sve do tog trenutka 7 sestara reguliralo je naftnu industriju i suvremeno determiniralo pravila ponašanja. Odvajanje te integralne strukture 70-ih godina nije odmah bitno modificiralo svjetsko tržište nafte jer je uskoro 7 velikih zamijenio sistem OPEC-a. Jedan kartel zamijenio je drugi kartel. Međutim, stvarno stanje je ipak radikalno različito. Sve više oligopolnu situaciju zamjenjuje slobodna konkuren-

cija, tako da je stanje na tom tržištu danas ovakvo: struktura je fragmentarna, tržište je liberalnije i sve fleksibilnije. Tržište postaje i transparentnije. Nestabilnost tržišta je sve očitija. Multipliciraju se kompenzacijski sporazumi. Participiranje multinacionalnih tvrtki u projektima industrijalizacije zemalja proizvođača kao sredstvo garantiranja opskrbe sve je prisutnije. Integracija između zemalja proizvođača i potrošača sve je nužnija. Ponuda je sve diferenciranija, što utječe na diferenciranje cijena (tablica 23. i slika 2).



Slika 2.

Tablica 23. Evolucija spot — cijena i službenih »arabian light« 1971-1984.

u dolarima po barelu															
	1971.	1972.	1973.	1974.	1975.	1976.	1977.	1978.	1979.	1980.	1981.	1982.	1983.	1984.	Veljača 1985.
Službene cijene	2,1	2,4	3,4	11,2	11,0	11,9	12,9	12,9	19,0	31,5	34,0	35,0	29,0	29,0	29,0
Spot cijene	2,2	2,8	7,9	11,7	11,4	12,3	13,4	14,7	31,3	33,7	34,0	31,0	28,0	27,0	26,5

4. ZAKLJUČAK

Industrija za preradu nafte prošla je kroz više faza, što se odrazilo i na samu razinu cijena. Tržište nafte do prije deset godina bilo je dosta stabilno i čvrsto kontrolirano. Postojao je automatizam u reguliranju cijena nafte. Istina, bilo je više naftnih šokova. Međutim, ovaj iz 1986. godine potvrđuje da su popucali svi konci koji su povezivali proizvodnju, potrošnju, potražnju, a time i nivo cijena. Nastupilo je razdoblje u kojem klasičnim načinom reguliranje cijena nafte nije moguće. Očito je nužno jače povezivanje samih proizvođača i potrošača nafte radi obostranih interesa.

LITERATURA

[1] M. A. ADLEMEN, »The World Petroleum Market«, Baltimore, 1972.

[2] M. CHATELUS, »Brève histoire du pétrole dans la Péninsule«, CNRS, Paris, 1985.
[3] J. M. CHEVALIER, »Compagnies pétroliers: une baisse durable des prix du pétrole nuirait à leurs intérêts«, Le Monde, Paris février, 1983.
[4] »L'industrie française du pétrole«, Union des chambres syndicales de l'industrie du pétrole, Paris, 1985.
[5] B. LEVY, »World Oil Marketing in Transition«, Working Paper 81-1, Harvard University, 1981.
[6] E. PENROSE, »The Growth of Firms. Middle East Oil and other Essays«, Oxford University Press, 1971.
[7] F. R. SERECHT, »Le marché présent et perspectives«, Economica, Paris, 1980.
[8] A. VERNAY, »Les Mayors dans le tourbillon des OPA«, Le Figaro 2-3 février 1985.

INTERNATIONAL OIL MARKET

In the article is analyzed a desintegration of cohesion forces that controlled world oil market and effected prise levels.

INTERNATIONALER ERDÖLMARKT

Im Artikel analysiert man den Zerfall der Kohesionskräfte die den internationalen Erdölmarkt reguliert und seine Preise bestimmt haben.

МЕЖДУНАРОДНЫЙ РЫНОК НЕФТИ

В статье анализируется разложение сил притяжения, регулировавших мировой рынок нефти и определяли его уровень цен.

Naslov pisca:

mr Vinko Kandžija, dipl. ecc.
Republički zavod za društveno
planiranje SR Hrvatske
41000 Zagreb, Strossmayerov trg 9
Jugoslavija

Uredništvo primilo rukopis:
1986-04-02

STUDIJSKO-ISTRAŽNI I PROJEKTNI RADOVI ZEOH-a u 1986. GODINI

Skupštine RSIZ-a i ZEOH-a su utvrdile plan ulaganja u studijsko-istražne i projektne radove u 1986. godini u ukupnom iznosu od 4.119 mln dinara. Ova ulaganja odnose se na istraživanja ugljena i urana, studije od općeg značaja za ZEOH, te studijsko-istražne i projektne radove za objekte proizvodnje i prijenosa električne energije.

Najveći dio tih ulaganja odnosi se na pripremu investicijskih projekata za hidroenergetske objekte, koji kandidiraju za planski status u razdoblju 1986 – 1990. godine (Valići, Kosinj, Žegar, Krčić, Đurđevac, Lučica, Lešće, Podsused, Strelečko, Drenje,...). Ti projekti obuhvaćaju istražne radove za idejne projekte, izradu idejnih projekata, izradu studija o utjecaju na okolinu, te djelomično i istražne radove za glavne projekte.

Za potrebe izgradnje prijenosne mreže i objekata predviđena su ulaganja u izradu idejnih i glavnih projekata, te projekata rekonstrukcija.

Ulaganja u studijske radove od općeg značaja za ZEOH obuhvaćaju elaboriranje problematike elektroenergetskog sistema u cjelini, te posebno problematiku proizvodnje, prijenosa i distribucije električne energije, kao i problematiku poslovnog sistema ZEOH-a.

Kao rezultat istraživanja potrošnje električne energije bit će nova projekcija razvoja potrošnje električne energije do 2020. godine.

Analiza mogućnosti razvoja elektroprivrede hrvatske do 2000. godine treba na osnovi novih spoznaja i kritičke analize prethodnog razdoblja dati elemente za doradu strukture izgradnje proizvodnih postrojenja iz čega će proizaći prijedlog programa aktivnosti za realizaciju plana razvoja.

Metodološki problemi planiranja razvoja elektroenergetskog sistema i pojedinih njegovih komponenata obuhvaćeni su kroz izradu metoda za izradu elektroenergetske bilance i optimalnog redoslijeda izgradnje u petogodišnjem planu razvoja, dopunu metodologije vrednovanja hidroelektrana, metodologije za zajedničko planiranje razvoja proizvodnih i prijenosnih kapaciteta, te metodologije planiranja i proračuna prijenosnih puteva informacija. Doprinos efikasnijoj izgradnji elektroenergetskih objekata i postrojenja dat će svakako i izrada jedinstvenog modela planiranja i praćenja izgradnje elektroenergetskih objekata na nivou ZEOH-a.

U kontinuitetu se nastavlja rješavanje problematike o mogućnosti korištenja hidropotencijala, pripreme i izgradnje TE i NE, razvojne i pogonske problematike prijenosne i distributivne mreže i objekata, te izrada tipskih rješenja transformatorskih stanica i vodova.

Iako je u toku izrada idejnog rješenja informacijskog sistema ZEOH-a, svakodnevne potrebe rada u RZ ZEOH nameću upotrebu kompjutera za obradu podataka. Zbog toga su predviđena ulaganja u izradu programa za rad pomoću kompjutera u domeni planiranja razvoja i eksploatacije elektroenergetskog sistema, planiranja jednostavne reprodukcije i obračuna raspodjele zajedničkog prihoda na nivou ZEOH-a, te primjene kompjutera pri obradi teksta za potrebe samoupravnog sistema ZEOH-a. Kako informacijski sistem treba dati dokumentirane informacije relevantne za upravljanje i odlučivanje, predviđeno je da se temeljito obradi problematika iz domene dokumentacijskog sistema ZEOH-a, što bi u budućnosti trebalo rezultirati izgradnjom jedinstvenog informacijsko-dokumentacijskog sistema (Indok sistem ZEOH).

POTROŠNJA ELEKTRIČNE ENERGIJE U DOMAĆINSTVIMA IZABRANIH ZEMALJA EVROPE I JUGOSLAVIJE

mr Milan Ivanović, Osijek

UDK 621.3:64.001

PRETHODNO PRIOPĆENJE

U radu je na korektan i stručan način analizirana međuzavisnost društvenog proizvoda i potrošnje električne energije u domaćinstvima u nekim zemljama i u Jugoslaviji.

Ključne riječi: energetska politika Jugoslavije, domaćinstva, potrošnja električne energije.

1. POTREBNO JE O ENERGETICI RASPRAVITI S TRŽIŠNOG ASPEKTA

Koncepcija ovog istraživanja temelji se na polaznoj ocjeni da dosadašnja istraživanja u oblasti razvoja energetike u SFRJ nisu na zadovoljavajući način objasnile prošlost, sadašnjost, pa tako i budućnost energetske potrošnje u našoj zemlji. Naime, jugoslavenske rasprave o energetici¹ — kako one stručne tako i političke — obojene su u osnovi tehničkim prizvukom; odnosno *polaze, iscrpljuju se i završavaju* u proizvodnoj sferi. Osnovno je pitanje u takvom pristupu kako proizvesti potrebne količine električne energije. U odgovarajućim kriznim situacijama raspravlja se i o redukcijama električne energije izričito s političkog gledišta.

Potrošnja električne energije je u znatnom porastu, proizvodno-ekonomske mogućnosti su iscrpljene, električna energija se uvozi, provode se redukcije, elektroprivreda je u gubicima. Argumentacija za te tvrdnje je objavljena u mom radu »Cjenovni aspekti energetske politike u SFRJ«.²

U ovom radu razmatrat će se potrošnja električne energije u domaćinstvima. Za ovaj aspekt rasprave o potrošnji električne energije dovoljan je argument da se radi o 1/3 potrošnje električne energije u nas, što je znatno više nego u drugim zemljama. Ovaj problem u našoj zemlji — koliko je autoru poznato — nije dovoljno razmotren, što na odgovarajući način utječe na donošenje odluka u oblasti energetske politike u nas.

2. NEDOREČENOSTI U UTVRĐIVANJU POTROŠNJE ELEKTRIČNE ENERGIJE U NAS

Prvo valja upozoriti na nekorektnost u stručnim i znanstvenim radovima u prikazivanju stupnja po-

trošnje električne energije u SFRJ u odnosu na druge zemlje. Najčešće se usporedbe provode u odnosu prema zemljama Evrope i nekim najrazvijenijim zemljama svijeta. Prikazuje se potrošnja po 1 stanovniku, kojom prilikom se u odnos stavlja **ukupna potrošnja električne energije** u Jugoslaviji s **ukupnim brojem stavnika** *ne naglašavajući* da se radi samo o jednoj od dimenzija potrošnje, po kojem smo pokazatelju među *posljednjim* zemljama na takvim tablicama.³ To je korektno *samo* ako se želi ilustrirati *razina privredne razvijenosti* naše zemlje — gdje je potrošnja električne energije *samo jedan od značajnih indikatora*. Međutim, najčešće se samo na tome i ostaje. Spomenuti dokument Saveznih društvenih savjeta o energiji nije konzistentno analizirao *strukturu, opseg i dinamiku* potrošnje električne energije i tako je propuštena prilika da se utvrde veoma značajne činjenice.⁴

Da se što objektivnije pristupi ovom pitanju — pregledana je i relevantnija stručna literatura u ovoj oblasti. Radi primjera treba spomenuti da je nekoliko autora površno upozorilo na veliku zastupljenost potrošnje električne energije u domaćinstvima u ukupnoj potrošnji i, bez ozbiljnije analize, prešlo na druge konstatacije o elektroenergetici u nas.⁵

3. ZAKONITOSTI POTROŠNJE ELEKTRIČNE ENERGIJE U DOMAĆINSTVIMA EVROPSKIH ZEMALJA

U tablicama 1 i 2 prikazani su podaci o potrošnji električne energije u domaćinstvima (po 1 stanovni-

³ Vidjeti takve prikaze u dokumentu saveznih društvenih savjeta »Strategija dugoročnog razvoja energetike Jugoslavije«.

⁴ To se može ustvrditi i za materijale SIV-a o energetskim bilancama SFRJ za 1982, 1983. i 1984. godinu, kao i za energetske bilance i materijale Izvršnog vijeća Sabora SRH o energiji (navodi se ono što je bilo dostupno ovom autoru).

⁵ J. Šimović, *Elektroprivreda i privredni razvoj*, »Informator«, 1984. ili nekoliko referata na simpoziju Zajednice jugoslavenske elektroprivrede »Savjetovanje o racionalizaciji korištenja električne energije« u Obrenovcu 1984. godine.

¹ Ovdje će se razmatrati samo sektor električne energije.

² VII savjetovanje o energiji, Zbornik referata I knjiga, Opatija, 1985.

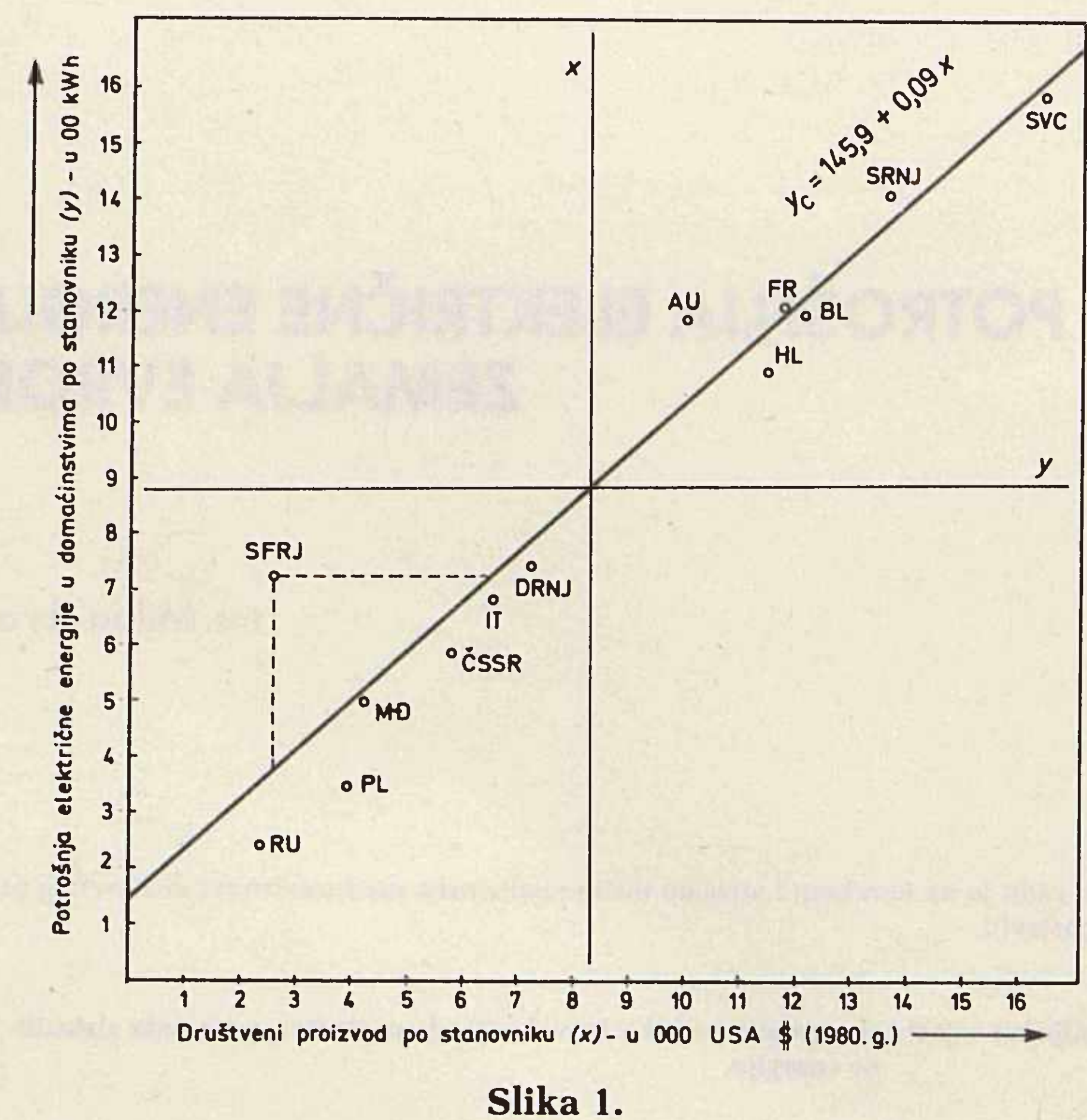
ku) za izabrane evropske zemlje. Vidi se da je po ukupnoj potrošnji električne energije Jugoslavija pri dnu ljestvice — 15. od 16 zemalja. Međutim, po potrošnji u domaćinstvima na jednog stanovnika nalazi se na 10. mjestu, a po odnosu potrošnje u domaćinstvima prema ukupnoj potrošnji na 2. mjestu ljestvice. Ti podaci zahtijevaju mnogo više pažnje i detaljniju analizu nego što smo u zemlji do sada pokazali. Pogledajmo podatke u tablici 3. i njihovu prezentaciju na slici 1.

Tablica 1. Potrošnja električne energije u nekim zemljama evrope i SAD U 1982. godini

u GWh

Zemlja	Ukupna potrošnja	Potrošnja u domaćinstvima	%
1 Belgija	44 635	14 366	32,3
2. Jugoslavija	54 448	17 225	31.6
3. V. Britanija	282 748	82 787	29,3
4. Francuska	242 900	67 100	27,6
5. Nizozemska	57 919	15 714	27,1
6. Austrija	34 090	9 115	26,7
7. SR Njemačka	334 323	87 999	26,3
8. Švicarska	36 731	9 512	25,9
9. Italija	164 952	41 079	24,9
10. Mađarska	28 162	5 899	20,9
11. Njemačka DR	84 136	12 623	15,0
12. Čehoslovačka	63 033	9 018	14,3
13. Poljska	99 836	12 630	12,6
14. Rumunjska	50 824	5 050	9,9
15. SSSR	1 233 000	313 000	25,4
16. SAD	2 744 937	729 451	26,6

Izvor: Statistički godišnjak elektroprivrede SFRJ za 1983. godinu, str. 123, 124, 125:



Slika 1.

U tablici 3. prikazani su podaci o društvenom proizvodu i potrošnji električne energije po jednom stanovniku u 1981. godini. U osnovi te analize temeljna je postavka da je društveni proizvod jedne zemlje objektivni indikator⁶ kojim se može uspoređivati i razina potrošnje električne energije u širokoj potrošnji između pojedinih zemalja, a u našem slučaju sada — u domaćinstvima. Jer, ako je društveni proizvod veći — veće su i mogućnosti da se u materijalnoj sferi potrošnje zadovolje potrebe članova te zajednice. Tu hipotezu je potvrdila i naša analiza.

⁶ Vidi o tome: Ivo Vinski, *Društveni proizvod svijeta* (uvodno poglavlje)

Tablica 2. Potrošnja el. energije po 1 stanovniku u nekim zemljama Evrope i SAD u 1982. godini

		u kWh	
Zemlja	Ukupna potrošnja	Zemlja	Potrošnja u domaćinstvima
	br. stanovnika		br. stanovnika
1. SAD	11 801	1. SAD	3 143
2. Švicarska	5 793	2. Švicarska	1 500
3. SR Njemačka	5 424	3. V. Britanija	1 469
4. Njemačka DR	5 030	4. Belgija	1 458
5. V. Britanija	5 018	5. SR Njemačka	1 427
6. SSSR	4 567	6. Francuska	1 237
7. Belgija	4 531	7. Austrija	1 204
8. Austrija	4 503	8. SSSR	1 159
9. Francuska	4 480	9. Nizozemska	1 098
10. Čehoslovačka	4 101	10. Jugoslavija	760
11. Nizozemska	4 047	11. Njemačka DR	756
12. Italija	2 907	12. Italija	724
13. Poljska	2 755	13. Čehoslovačka	587
14. Mađarska	2 632	14. Mađarska	551
15. Jugoslavija	2 404	15. Poljska	349
16. Rumunjska	2 253	16. Rumunjska	224

Izvor: Izračunato — stanovništvo iz SGJ 1984.; Potrošnje el. energije iz Statističkog godišnjaka elektroprivrede SFRJ za 1983. godinu

Tablica 3. Potrošnja električne energije u domaćinstvima i društveni proizvod u zemljama Evrope — 1981. godine

Zemlja	Društveni proizvod po 1 stanovniku — US \$ (1980.)	Potrošnja el. energije po 1 stanovniku — u kWh
1. Švicarska	16 440	1 583
2. SR Njemačka	13 590	1 408
3. Belgija	12 180	1 189
4. Francuska	11 730	1 199
5. Nizozemska	11 470	1 085
6. Austrija	10 230	1 179
7. Njemačka DR	7 180	731
8. Italija	6 480	679
9. Čehoslovačka	5 820	574
10. Mađarska	4 180	504
11. Poljska	3 900	339
12. Jugoslavija	2 620	729
13. Rumunjska	2 340	228
Prosječno	8 320	879

Izvor: Za el. energiju — Statistički godišnjak elektroprivrede SFRJ za 1983. godinu; za DP — Statistički kalendar Jugoslavije 1983. godine.

Koeficijent korelacije za prikazani skup podataka iznosi **0,952** (za zemlje tržišne privrede iznosi 0,969, a za zemlje planske privrede iznosi 0,965). Ako iz računa korelacije izostavimo SFRJ — tada koeficijent korelacije iznosi ravno 0,989, što je veoma visoka korelacija.

To je važan dokaz da se analiza potrošnje energije može provoditi usporedbom s veličinom društvenog proizvoda — za koju smo već rekli da je osnovna ekonomska kategorija po osnovi koje stanovnici jedne zemlje mogu alimentirati i podmirivati svoje materijalne potrebe.

Već prvi pogled na podatke iz tablice 3. pokazuje da je potrošnja električne energije u domaćinstvima po stanovniku u visokorazvijenim evropskim zemljama **veća nego u zemljama s nižim društvenim proizvodom po stanovniku**. Isto tako, ističe se činjenica da je potrošnja električne energije u domaćinstvima po stanovniku u Jugoslaviji izrazito visoka — u visini zemalja koje imaju više od dva puta veći društveni proizvod po stanovniku (na primjer Italija i Čehoslovačka). Navedene podatke prikazali smo i grafički na slici 1. Unošenjem podataka o društvenom proizvodu (x) i potrošnji električne energije (y) u koordinatni sistem sačinili smo **dijagram rasipanja** iz kojeg se može zaključiti da grupa od 6 visoko razvijenih zemalja tržišne privrede ima natprosječni društveni proizvod i natprosječnu potrošnju električne energije po stanovniku (Švicarska, SR Njemačka, Belgija, Francuska, Austrija i Nizozemska), a da je grupa od 7 razvijenih i srednjerazvijenih zemalja imala ispot-

prosječni društveni proizvod i potrošnju električne energije po stanovniku — među kojima je i Jugoslavija. Na osnovi ovih podataka (tablica 3) proveden je proračun linije regresije. Uočavamo da se pozicije navedenih zemalja na ovom dijagramu nalaze duž pravca regresije — *ne odstupajući* mnogo od same linije. Pozicija Jugoslavije na ovom dijagramu **znatno je udaljena** od linije regresije, što upućuje na činjenicu da **odnos potrošnje električne energije u domaćinstvima po stanovniku u SFRJ nije u skladu s društvenim proizvodom — prema ekonomskoj zakonitosti koju smo formulirali izradom dijagrama rasipanja i računom jednadžbe linije regresije**. Iz koeficijenta regresije (koji iznosi 0,09) zaključujemo da se na svakih 100 dolara društvenog proizvoda po stanovniku u navedenoj grupi evropskih zemalja potroši po stanovniku 9 kwh električne energije u domaćinstvima. Primjenjujući koeficijent regresije na jugoslavenske parametre, zaključujemo sljedeće:

a) Prema ostvarenom društvenom proizvodu 1981. godine Jugoslavija je (uvažavajući zakonitosti za navedenu grupu evropskih zemalja) trebala imati potrošnju električne energije po domaćinstvima od 378 kwh po stanovniku. Znači da je potrošnja te godine za 93 % bila veća, ili, točnije rečeno, za 93 % je bila iznad ekonomskih mogućnosti koju pruža ostvareni društveni proizvod.

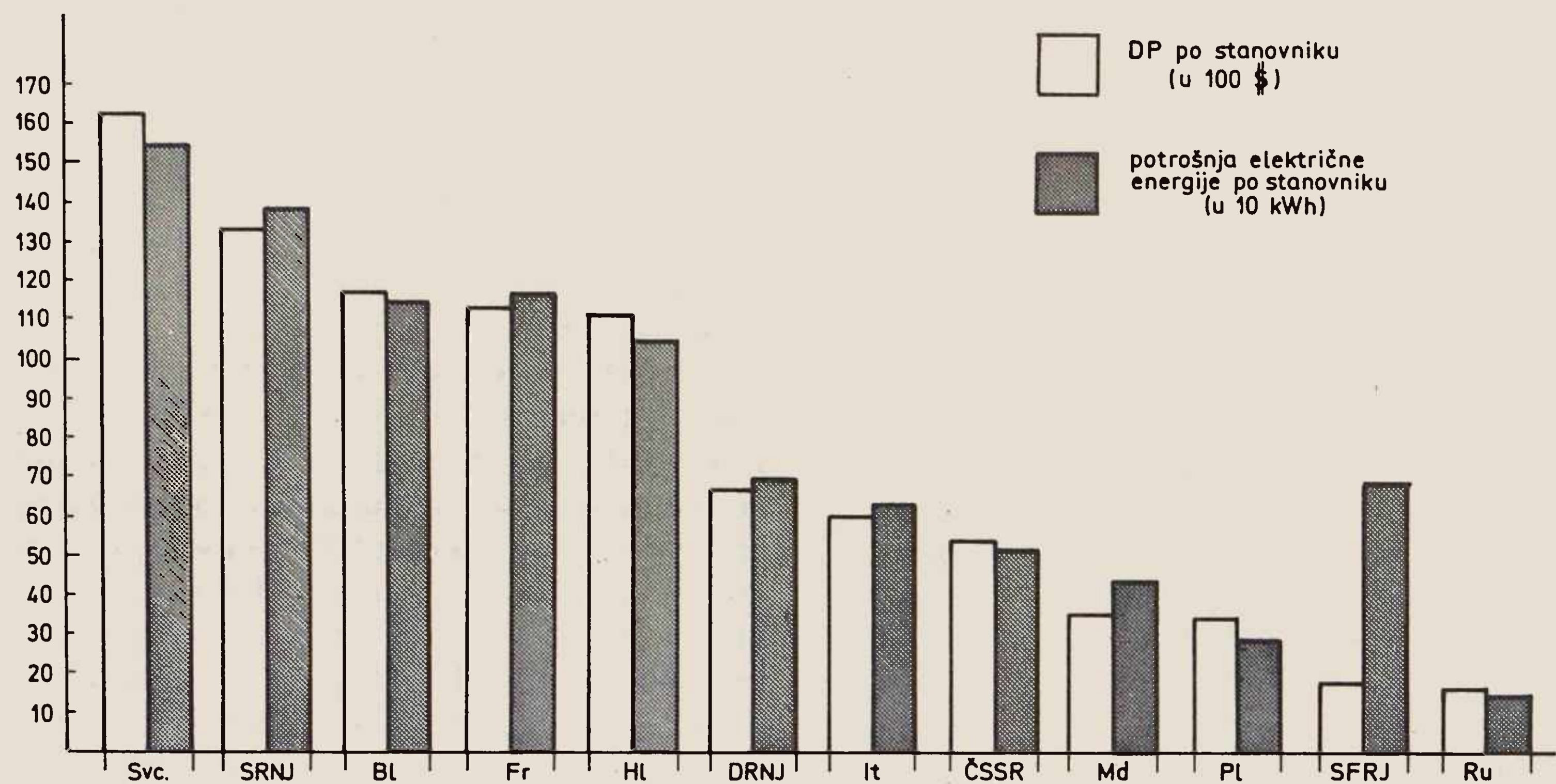
b) U slučaju da se smatra kako je ostvarena potrošnja električne energije u Jugoslaviji u 1981. godini od 729 kwh nužna i opravdana — morala bi se tada prihvatiti činjenica da takva potrošnja mora imati uporište u društvenom proizvodu po stanovniku te godine od 6 778 dolara, što je za 159 posto više nego što je ostvaren u našoj zemlji.

Ako se izračunava jednadžba regresionog pravca samo — za razvijene zemlje tržišne privrede ($Y_c = 417,7 + 0,07 X$), Jugoslavija bi po tom kriteriju trebala smanjiti potrošnju na 594 kwh po stanovniku u domaćinstvima ili, pak, povećati društveni proizvod na 4 020 dolara po stanovniku da bi se potrošnja električne energije dovela u sklad s društvenim proizvodom i materijalnim mogućnostima zemlje. Kada se, pak, račun regresionog pravca provodi samo za grupu zemalja planske privrede ($Y_c = 272,3 + 0,06 X$), procijenjena potrošnja električne energije po stanovniku trebala bi iznositi 420 kwh ili bi se društveni proizvod morao podići na 5 336 dolara po stanovniku.

U sva tri slučaja potrošnja električne energije u domaćinstvima po stanovniku u Jugoslaviji je **znatno iznad materijalnih mogućnosti zemlje i može se ocijeniti** kao neracionalna. Ilustraciju tog nesklada možemo uočiti i na slici 2.

Da li je takva struktura potrošnje električne energije u domaćinstvima u Jugoslaviji samo slučajan nesklad u 1981. godini ili se radi o rezultanti jednog procesa?

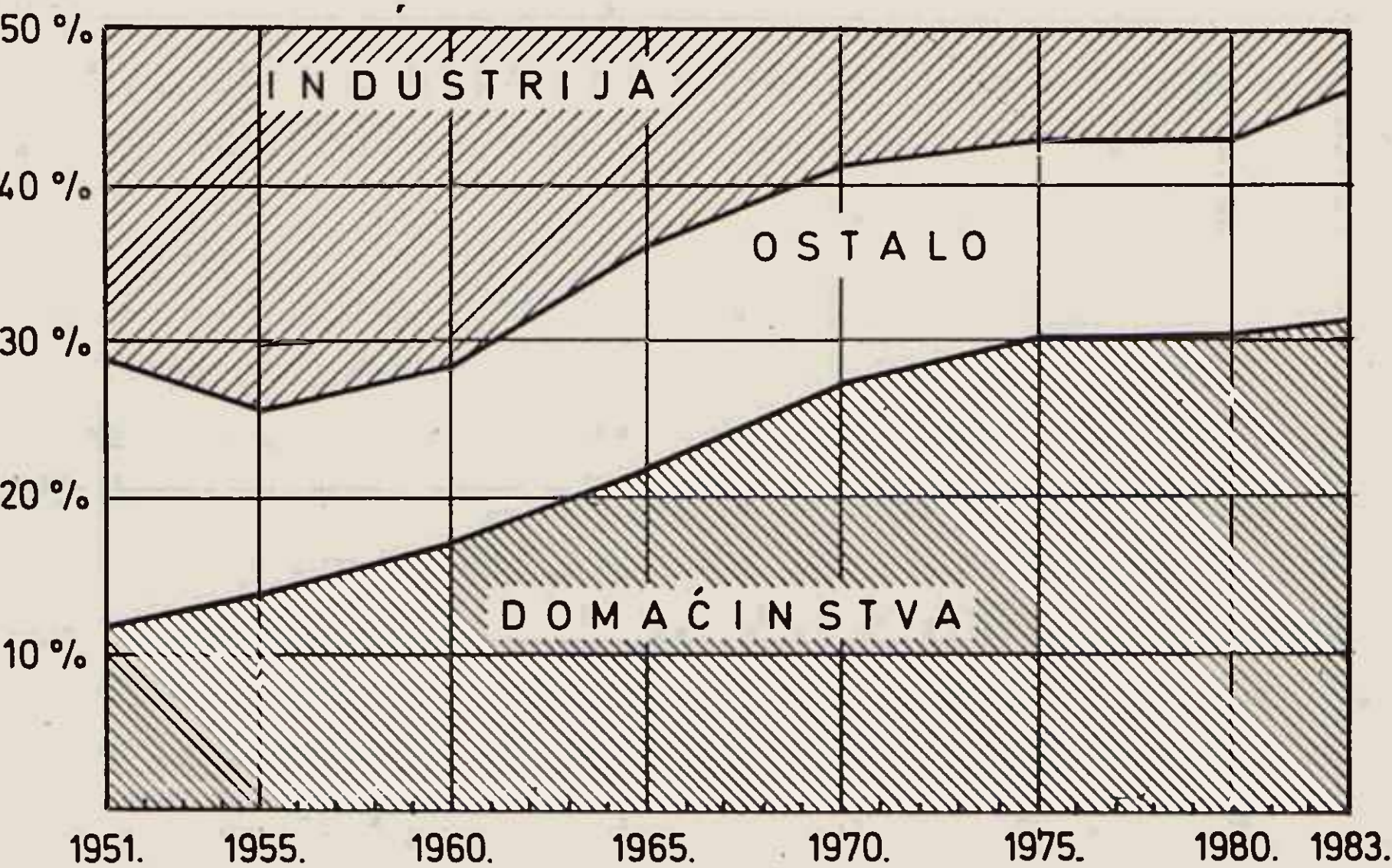
Nakon statičke analize provest će se dinamička analiza uključivanjem vremenske varijable.



Slika 2.

4. PROMJENE U STRUKTURI I RAZINI
POTROŠNJE ELEKTRIČNE ENERGIJE U SFRJ
OD 1951. DO 1983. GODINE

Privrednim i društvenim razvojem povećavala se i potrošnja električne energije u našoj zemlji, a posebno u području potrošnje domaćinstava. Promjene strukture potrošnje električne energije dajemo u tablici 4, a grafički prikaz tih odnosa prikazali smo na slici 3. Što nam pokazuju ti podaci?



Slika 3.

Tablica 4. Struktura potrošnje električne energije u SFRJ u razdoblju 1951-1983. godina

Sektor potrošnje	u %							
	1951.	1955.	1960.	1965.	1970.	1975.	1980.	1983.
Industrija	70,7	74,1	71,5	63,7	58,8	56,7	57,8	54,7
Domaćinstva	11,9	14,2	17,3	21,3	27,6	30,5	30,5	31,2
Ostalo	17,4	11,7	11,2	15,0	13,6	12,8	11,7	14,1
Ukupno	100	100	100	100	100	100	100	100

Izvor: Izračunato iz Statističkog godišnjaka Jugoslavije — odgovarajuća godišta.

a) Potrošnja električne energije u domaćinstvima Jugoslavije povećana je u strukturi ukupne potrošnje sa 11,9 posto u 1951. godini na 31,2 posto u 1983. godini, dok je potrošnja električne energije u industriji smanjila svoj udio sa 70,7 posto u 1951. na 54,7 posto u 1983. godini.

b) Sva ostala potrošnja električne energije u Jugoslaviji u tom razdoblju (poslovne i društvene prostorije, motori i aparati ostalih potrošača, javna rasvjeta, javni vodovi, tramvaji i trolejbusi i elektroželjeznička vuča) kretala se između 17,4 posto u 1951. godini i 14,1 posto u 1983. godini.

U tablici 5. dali smo podatke o udjelu domaćinstava u ukupnoj potrošnji električne energije u 15 zemalja Evrope, i to 8 zemalja tržišne privrede i 6 zemalja

Tablica 5. Udio potrošnje domaćinstava u ukupnoj potrošnji električne energije u Evropi

	u %			
	1960.	1971.	1975.	1981.
1. Švicarska	...	23,4	25,9	28,3
2. SR Njemačka	11,7	20,9	24,8	25,7
3. Belgija	16,1	...	...	26,1
4. Francuska	11,5	17,3	21,9*	26,8
5. Nizozemska	18,4	23,2	25,3	26,5
6. Austrija	14,9	21,9	25,3	26,0
7. Italija	18,9	19,4	21,2*	23,9
8. Grčka	33,2	22,8	23,8	...
9. Jugoslavija	17,3	28	30,5	30,3
10. Njemačka DR	...	12,2	12,7	14,8
11. Čehoslovačka	6,8	10,0	12,2	14,1
12. Mađarska	...	12,6	15,3	19,7
13. Bugarska	...	16,3	19,5	...
14. Poljska	8,1	8,6	9,7	12,8
15. Rumunjska	6,9	8,7	8,5	8,4

Izvor: Izračunato iz Statističkog godišnjaka elektroprivrede SFRJ za 1962. 1972. 1976. i 1982. godinu

* 1976. godina.

planske privrede. Naglašavamo ovdje i činjenicu da se cijela analiza temelji na dvije osnovne grupe zemalja — zemlje tržišne i planske privrede, ali isto tako i za 6 zemalja koje su naši susjedi (osim Albanije), što našoj analizi daje još jedan argument objektivnosti. Iz tih podataka izdvajamo činjenicu da je Jugoslavija 1960. godine imala veće učešće domaćinstava u ukupnoj potrošnji električne energije nego sve tri zemlje planske privrede i četiri zemlje tržišne privrede. Samo su dvije zemlje (Italija i Grčka) imale veće učešće domaćinstava nego Jugoslavija. U idućim godinama (1971, 1975. i 1981) udio potrošnje domaćinstava u ukupnoj potrošnji električne energije u svim zemljama raste, ali različitom dinamikom. Svakako, brže u razvijenim zemljama tržišne privrede u Evropi od zemalja planske privrede. Godine 1981. Jugoslavija je po udjelu domaćinstava u ukupnoj potrošnji električne energije prva u Evropi sa 30,3 posto. Ovaj se dio analize može završiti s okvirnom napomenom da su proteklih godina provedene redukcije električne energije onemogućavale veću proizvodnju mnogim industrijskim organizacijama (ili u najmanju ruku činili značajne smetnje), o čemu nemamo objavljene podatke.

Račun regresionih linija proveden je i za ostale godine proteklog razdoblja — isto kao što smo to učinili za 1981. godinu. **Ograničeni sa više strana, u pogledu literature i izvora podataka,** u našoj smo se analizi odlučili za četiri ključne godine: **1960.** godinu kao početno razdoblje u kojem se Jugoslavija tretira kao zemlja planske privrede, **1971.** kao godinu koja je desetljeće nakon početnog razdoblja, **1975.** kao godinu u kojoj počinju djelovati efekti energetske krize na međunarodnom planu i kao godinu u kojoj počinje ostvarenje novog koncepta jugoslavske privrede na unutarnjem planu, te **1981.** kao posljednju godinu u kojoj su nam dostupni međunarodni podaci o parametrima koje proučavamo.

Što nam pokazuju izračunati parametri koje smo prikazali u tablicama 6, 7. i 8.

Tablica 6. Koeficijent linije regresije i procjena parametara za 1960. godinu

Obuhvat	Koeficijent linije regresije	Procjena društvenog proizvoda — u dolarima	Procjena potrošnje el. energije — u kwh
a) 12 zemalja Evrope	0,11	762	65,8
b) 8 zemalja tržišne privrede	+ 0,09	769	103
c) 3 zemlje planske privrede + SFRJ	+ 0,08	835	47,2
d) Ostvareni parametri za SFRJ u 1960. godini		596	68

Izvor: Izračunato na temelju podataka iz Statističkog godišnjaka elektroprivrede SFRJ za 1963. godinu (potrošnja el. energije) i Ivo Vinski, »Društveni proizvod svijeta« (za društveni proizvod)

Tablica 7. Koeficijenti linije regresije i procjena parametara za 1971. godinu

Obuhvat	Koeficijent linije regresije	Procjena društvenog proizvoda — u dolarima	Procjena potrošnje el. energije — u kwh
a) 14 zemalja Evrope	0,26	1 622	213
b) 7 zemalja tržišne privrede	+ 0,22	1 700	301
c) 6 zemalja planske privrede	+ 0,17	1 668	178
d) Ostvareni parametri za SFRJ u 1971. godini		1 019	336

Izvor: Izračunato iz podataka Statističkog godišnjaka elektroprivrede SFRJ za 1974. godinu (potrošnja el. energije) i Ivo Vinski, »Društveni proizvod svijeta« (za društveni proizvod)

Tablica 8. Koeficijenti linije regresije i procjena parametara za 1975. godinu

Obuhvat	Koeficijent linije regresije	Procjena društvenog proizvoda — u dolarima	Procjena potrošnje el. energije — u kwh
a) 11 zemalja Evrope	0,14	3 003	287
b) 4 zemalje tržišne privrede	+ 0,13	2 821	349
c) 6 zemalja planske privrede	+ 0,08	2 691	270
d) Ostvareni parametri za SFRJ u 1975. godinu		1.550	489

Izvor: Izračunato iz podataka Statističkog godišnjaka elektroprivrede SFRJ za 1977. godinu (potrošnja el. energije) i World Bank Atlas 1976. (za društveni proizvod)

a) Godine 1960. Jugoslavija je ostvarila potrošnju električne energije po stanovniku u sektoru domaćinstva od 68 kwh, uz društveni proizvod od 596 dolara po stanovniku. Nakon izračunatih jednadžbi regresije za tri osnovne grupe zemalja (primjenom dobijenih jednadžbi) izračunali smo — procijenili — potrebni društveni proizvod za SFRJ uz danu (ostvarenu) potrošnju električne energije po stanovniku u domaćinstvima ili (zamjenom varijabli) dopuštenu potrošnju električne energije uz ostvareni društveni proizvod. U dvije situacije — A i C — Jugoslavija ima manji društveni proizvod (A = 762, C = 835), a veću (A = 65,8, C = 47,2) potrošnju električne energije po stanovniku u sektoru domaćinstava. U B slučaju (zemlje tržišne privrede) Jugoslavija ima manji društveni proizvod i manju potrošnju električne energije.

b) Godina 1971. u sve tri situacije — A, B i C — Jugoslavija ima manji društveni proizvod od procijenjenoga s obzirom na ostvarenu potrošnju električne energije (A = 1 622, B = 1 700, C = 1 668) i u isto vrijeme veću potrošnju električne energije od procijenjenih parametara (A = 213, B = 301, C = 178).

c) Godine 1975. situacija je ista Jugoslavija ima manji društveni proizvod od onoga koji bi po potrošnji električne energije po stanovniku u domaćinstvima trebali imati u usporedbi sa zemljama Evrope ukupno (slučaj A), a u usporedbi sa zemljama tržišne privrede (slučaj B ili u usporedbi sa zemljama planske privrede (slučaj C).

5. PROCJENA PORASTA NEOPRAVDANE
POTROŠNJE ELEKTRIČNE ENERGIJE

Načinili smo, također, i analizu putem koeficijenta proporcije — uspoređujući potrošnju električne energije u domaćinstvima po stanovniku s društvenim proizvodom po stanovniku za 15 zemalja Evrope. Tako izračunate koeficijente proporcije — koji govore, za svaku zemlju posebno, koliko se kwh električne energije po stanovniku u domaćinstvima troši u pojedinim zemljama Evrope na svakih 100 dolara društvenog proizvoda — prikazali smo u tablici 9. U dnu tablice izračunali smo jednostavni prosjek potrošnje električne energije na 100 dolara društvenog proizvoda za prikazane zemlje, te izračunali indeks

Tablica 9. Potrošnja električne energije u domaćinstvima na 100 \$ društvenog proizvoda u zemljama Evrope po stanovniku*

u KWh

	1960.	1971.	1975.	1981.
1. Švicarska	...	30,3	13,9	9,6
2. SR Njemačka	10,3	26,2	16,4	10,4
3. Belgija	12,0	...	...	9,8
4. Francuska	8,3	14,7	...	10,2
5. Nizozemska	13,5	27,8	15,8	9,5
6. Austrija	17,7	31,3	18,5	11,5
7. Italija	11,2	21,3	...	10,5
8. Grčka	14,4	28,7	15,8	...
9. Jugoslavija	11,4	33,0	31,5	27,8
10. Njemačka DR	...	19,4	...	10,5
11. Čehoslovačka	8,2	16,7	12,0	9,9
12. Mađarska	...	14,3	14,0	12,1
13. Bugarska	...	31,8	24,8	...
14. Poljska	8,7	8,8	11,1	7,6
15. Rumunjska	4,7	11,9	14,0	9,7
Prosjek	11,2	23,0	16,0	10,5
Indeks: SFRJ ϕ Evrope × 100	101,8	144	197	265

Izvor: Izračunato iz podataka kao u tablici 3.

* Zbog različitih izvora podataka o društvenom proizvodu (različite godine pariteta cijena) podaci se u ovoj tablici čitaju samo po vertikalni; bez uvažavanja vremenskog niza.

koji nam pokazuje u kakvom je odnosu potrošnja električne energije po stanovniku u domaćinstvima u Jugoslaviji u odnosu na prosjek za zemlje Evrope. Što ovdje možemo zaključiti?

- a) Godine 1960. Jugoslavija je po stanovniku trošila za 1,8 posto više električne energije u domaćinstvima nego prosječno u Evropi.
- b) Godine 1971. SFRJ je po stanovniku trošila 43 posto više nego što je to prosjek navedenih 15 zemalja Evrope.
- c) Godine 1975. Jugoslavija je trošila 97 posto više električne energije po stanovniku u sektoru domaćinstava nego što je prosjek evropskih zemalja koje analiziramo (indeks 197).
- d) Godine 1981. Jugoslavija troši 165 posto više električne energije po stanovniku u domaćinstvima nego što je to slučaj s prosjekom Evrope (indeks 265).

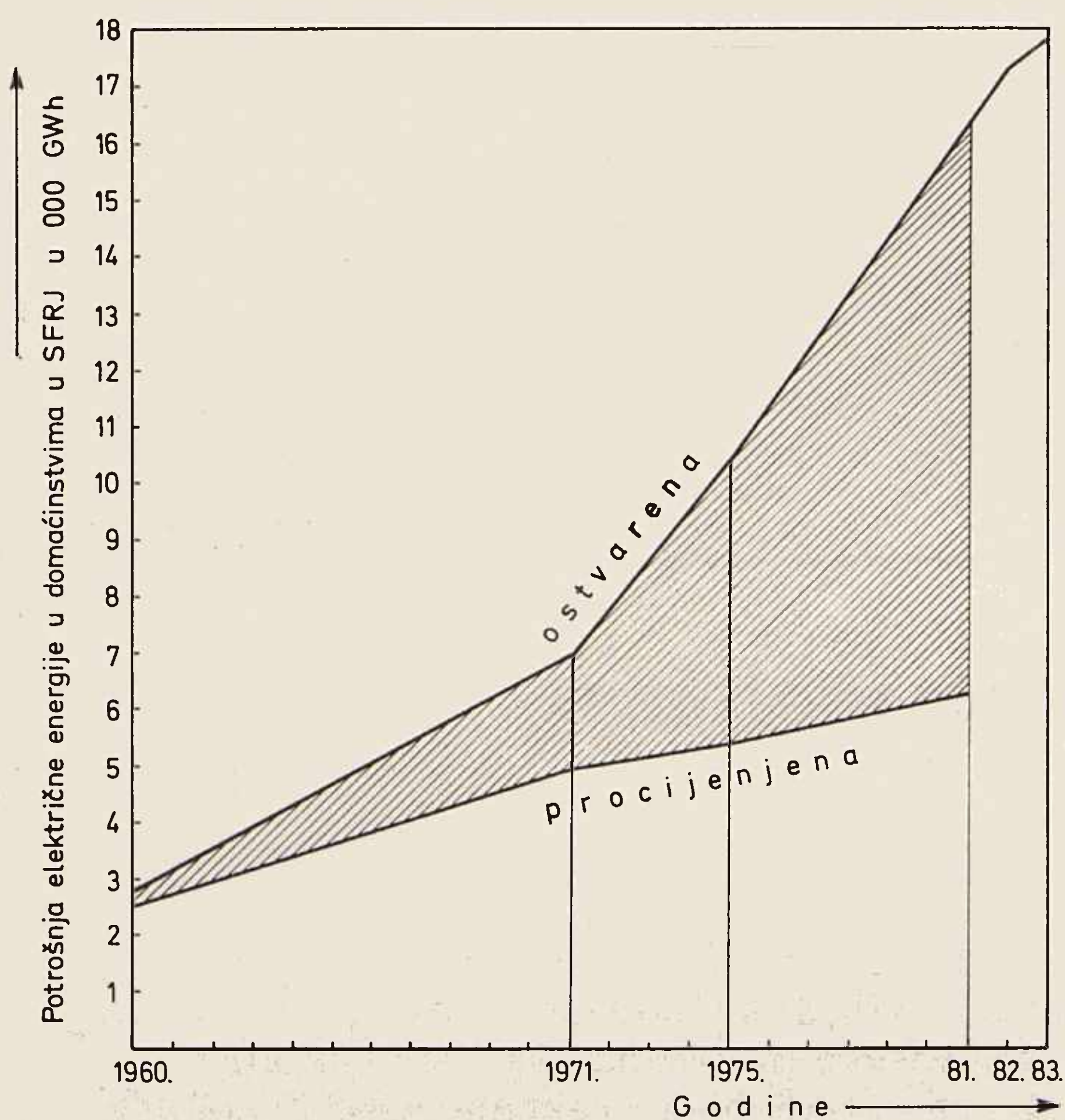
Iako korišteni podaci ne garantiraju 100-postotnu objektivnost (međutim, podaci su više nego indikativni) — izračunali smo koliko je to kwh u Jugoslaviji koji se troše u sektoru domaćinstva, a koja potrošnja nema svoje ekonomski razložno uporište u ostvarenom društvenom proizvodu. Dakle, u tablici 10. prikazali

Tablica 10. Potrošnja električne energije u domaćinstvima u Jugoslaviji 1960 — 1981. godine (ostvarena i procijenjena potrošnja)

	1960.	1971.	1975.	1981.
Indeks: SFRJ prema prosjeku Evrope	101,8	143	197	265
Ostvarena potrošnja — u GWh	1 271	6 911	10 351	16 377
Procijenjena potrošnja — u GWh	1 249	4 833	5 254	6 180
Razlika (više potrošeno) — u GWh	22	2 078	5 097	10 197
Više potrošeno kao postotak ukupne potrošnje	0,3%	8,4%	15%	18,9%

smo indekse (SFRJ: prosjek Evrope) potrošnje električne energije po stanovniku u domaćinstvima i podatke o stvarno realiziranoj potrošnji električne energije u domaćinstvima u Jugoslaviji za spomenute godine. Na osnovi toga izračunali smo kolika je potrošnja trebala biti da smo se ponašali u prosječnim okvirima evropskih zemalja, kao i razliku između stvarne potrošnje i te procijenjene potrošnje. Vidi se da smo 1960. godine potrošili ukupno u domaćinstvima 22 Gwh električne energije iše, što je te godine činilo samo 0,3 posto od ukupne potrošnje električne energije u Jugoslaviji. Godine 1971. potrošili smo 2 078 Gwh više (što čini 8,4 posto od ukupne potrošnje električne energije u Jugoslaviji), a 1975. godine je potrošeno 5 097 Gwh više nego što smo trebali (a to je već 15 posto potrošnje električne

energije u našoj zemlji) i godine 1981. potrošili smo 10 197 Gwh više (što čini već 18,9 posto *ukupne* potrošnje električne energije u Jugoslaviji). Ovdje bi trebalo naglasiti da je potrošnja u domaćinstvima 1981. godine po 1 stanovniku iznosila 729 kwh, 1982. godine 761, a 1983. godine 778 kwh po stanovniku. **Znači da potrošnja i dalje raste.** Ne raspolaže se podacima za evropske zemlje da bi se mogao izračunati odnos prema Jugoslaviji, ali može se okvirno procijeniti da je potrošnja električne energije u domaćinstvima u nas u toj mjeri porasla da taj tzv. *luksuzni* dio potrošnje u domaćinstvima čini već 20 posto ukupne potrošnje električne energije u našoj zemlji. Na slici 4. grafički smo prikazali taj odnos: gornja linija ozna-



Slika 4.

čava stvarnu potrošnju električne energije u domaćinstvima u Jugoslaviji, a donja linija — procjenu prema izračunatim evropskim prosječnim kriterijima odnosa društvenog proizvoda i potrošnje električne energije u domaćinstvima. Linijama precrtana površina označava luksuzno ponašanje domaćinstava u potrošnji električne energije u našoj zemlji od 1951. do 1981. godine, a (gornja) linija **ostvarene potrošnje i za 1982. i 1983. godinu dalje se penje!!!**

6. ZAKLJUČAK

U zaključku ovog istraživanja treba naglasiti:

1. Postoji potpuno relevantna ekonomska zakonitost u oblasti potrošnje električne energije u domaćinstvima u evropskim zemljama koja se manifestira u čvrstoj korelacijskoj vezi između društvenog proizvoda po stanovniku i potrošnje električne

energije po stanovniku; prema cijenama i podacima za 1981. godinu na svakih 100 \$ BNP (bruto nacionalnog proizvoda) po stanovniku potroši se 9 Kwh električne energije po stanovniku u domaćinstvima.

2. Potrošnja električne energije u Jugoslaviji u domaćinstvima (po stanovniku) znatno odstupa od utvrđene ekonomske zakonitosti, i to u korist potrošnje koja nema ekonomski razložno uporište u ostvarenom bruto nacionalnom proizvodu zemlje.
3. Ekonomski neopravdana (sa stanovišta društvene zajednice) potrošnja električne energije u domaćinstvima u Jugoslaviji ne opada ni u godinama izražene energetske i ekonomske krize u zemlji.
4. Objektivna procjena opsega (količine) neopravdane potrošnje električne energije u domaćinstvima u Jugoslaviji dala bi nove parametre za projekciju buduće potrošnje električne energije u sektoru široke potrošnje. To može rezultirati novim pogledima na razvoj elektroenergetike u Jugoslaviji.

LITERATURA

- [1] B. HORVAT: »Politička ekonomija socijalizma«, »Globus«, Zagreb, 1984.
- [2] M. IVANOVIĆ: »Cjenovni aspekti energetske politike u SFRJ«, VII savjetovanje o energiji, Zbornik referata I knjiga, Opatija, 1985.
- [3] M. IVANOVIĆ: »Energija u domaćinstvima«, »Ekonomska politika«, Beograd, 16. 9. 1985.
- [4] M. KOROŠIĆ: »Prednosti i realizacija jedinstvenosti jugoslavenskog tržišta« Informator 3233, Zagreb, 2. 3. 1985.
- [5] M. KOROŠIĆ: »Ekonomske nejednakosti u Jugoslavenskoj privredi«, Liber, Zagreb, 1983.
- [6] O. LANGE: »Politička ekonomija«, CKD, Zagreb, 1981.
- [7] H. POŽAR (redakcija): »Strategija dugoročnog razvoja energetike Jugoslavije«, Informator, Zagreb, 1983.
- [8] P. SAMUELSON: »Ekonomika — uvodna analiza«, Savremena administracija, Beograd, 1969.
- [9] J. ŠIMOVIĆ: »Elektroprivreda i privredni razvoj«, Informator, Zagreb, 1984.
- [10] I. VINSKI: »Društveni proizvod svijeta«, Liber, Zagreb, 1976.

A CONSUMPTION OF ELECTRIC POWER IN HOUSHOLDS IN SOME EUROPIAN COUNTRIES AND YUGOSLAVIA

In the article is elaborated on scientific level a interdependance of social production and haushold power consumption in some european countries and Yugoslavia.

VERBRAUCH DER ELEKTRISCHEN ENERGIE IN DEN HAUSHALTEN EINIGER LÄNDER EUROPAS SOWIE JUGOSLAWIEN

In der Arbeit analysiert man auf eine sachliche und fachliche Weise die Wechselbeziehung zwischen der gesellschaftlichen Tätigkeit und dem Verbrauch der elektrischen Energie in den Haushalten einiger Länder sowie Jugoslawiens.

ПОТРЕБЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В ДОМАШНЕМ ХОЗЯЙСТВЕ ОТОБРАННЫХ ЕВРОПЕЙСКИХ СТРАН И ЮГОСЛАВИИ

В работе корректным и компетентным образом проанализирована взаимная зависимость общественного продукта производства и потребления электроэнергии в домашнем хозяйстве в некоторых странах и в Югославии.

Naslov pisca:

**mr Milan Ivanović, dipl. ecc.
Komitet za privredu Zajednice
općine Osijek,
54000 Osijek, Trg Slobode 1
Jugoslavija**

Uredništvo primilo rukopis
1986-02-27

DRUŠTVO ZA UPRAVLJANJE PROJEKTIMA

12. lipnja ove godine osnovano je »Jugoslavensko društvo za upravljanje projektima« sa sjedištem u Beogradu, Jove Ilića 154.

Ovo društvo za upravljanje projektima osnovano je sa ciljem da okuplja, podstiče i koordinira aktivnost svojih članova u oblasti upravljanja projektima, u skladu sa Ustavom, Zakonom o društvenim organizacijama i udruženjima građana i drugim zakonskim propisima. Osnovni cilj društva je: istraživanje i primjena najnovijih naučnih metoda u oblasti upravljanja projektima, kako bi se brže i efikasnije razvijale osnovne organizacije udruženog rada i efikasnije realizirali veliki investicijski projekti.

U ostvarivanju ovog cilja i zadataka, Društvo

- okuplja institucije, i pojedince, koji se bave problematikom upravljanja projektima,
- jača suradnju radi razmjene znanja i iskustva u ovoj oblasti
- organizira seminare, simpozije i druge naučne i stručne skupove kako bi se populariziralo znanje i organizacije udruženog rada što bolje upoznale s najnovijim metodama upravljanja projektima,
- obavlja ekspertize i revizije u ovoj oblasti,
- surađuje s drugim organizacijama i institucijama, koje se bave problemima organizacije i upravljanja,
- surađuje s odgovarajućim institucijama i udruženjima u inozemstvu i sa svjetskom organizacijom za upravljanje projektima.

Društvo treba također da suradnjom i koordinacijom s društveno-političkim, društvenim, naučnim i privrednim organizacijama ostvaruje svoje ciljeve i zadatke.

Karakter društva je interdisciplinarni te članom Društva može postati svaki građanin SFRJ, koji je zainteresiran za unapređenje naučnog i praktičnog rada u bilo kojoj oblasti upravljanja projektima.

Rad društva je javan.

ODREĐIVANJE DNEVNOG DIJAGRAMA OPTEREĆENJA GRUPE KUĆANSTAVA POMOĆU MODELA

mr Rihard Schenner, Zagreb

UDK 621.3:64.01

ORIGINALNI ZNANSTVENI RAD

Analiziranjem dnevnog dijagrama opterećenja dobije se na kvaliteti određivanja vršnog opterećenja, mogu se analizirati utjecaji nekih novih aparata i sl. Ovaj se model razvio radi ispitivanja utjecaja MTK na dnevni dijagram i u druge svrhe.

Ključne riječi: kućanstva, dnevni dijagram, model.

1. RAZRADA MODELA

Jedan od prvih radova u analizi opterećenja kućanstva kod kojeg se koristila statistička matematika objavljen je u [1]. Mjerenjima opterećenja grupa kućanstava raznih veličina određuju se faktori koji se koriste u jednom osnovnom izrazu. Objašnjenja postupka nalaze se u [3]. Za određivanje tih faktora potrebno je, međutim, dosta mjerenja s korektnom analizom da bi se došlo do realnih vrijednosti [4].

U Institutu za elektroprivredu počelo se s modelnim ispitivanjima u [2]. Od tada se dosta radilo i ovo je jedan od posljednjih radova na tom području.

Baza prvih analiza kod razrada modela jest činjenica da se pojava opterećenja jednog kućanskog aparata odvija po binomnoj razradi. To znači da se opterećenje pojavljuje ili u točno određenom iznosu ili ga nema. Odstupanja od tog pravila postoje u znatnijoj mjeri jedino kod rasvjete.

Srednja vrijednost kod binomne razdiobe određena je izrazom:

$$P_{sr} = P_a \cdot p_a \cdot n_a \quad (1)$$

(P_a — opterećenje aparata, p_a — vjerojatnost upotrebe aparata, n_a — broj aparata).

Standardna devijacija određena je izrazom:

$$\sigma^2 = P_a^2 \cdot p_a \cdot (1 - p_a) \cdot n_a \quad (2)$$

Uz veći broj aparata može se binomna razdioba aproksimirati normalnom. Korištenjem adicionog teorema dobije se sljedeći izraz za vršno opterećenje grupe raznovrsnih aparata:

$$P_v = \sum_{i=1}^m P_{sr i} + u \sqrt{\sum_{i=1}^m \sigma_i^2} \quad (3)$$

(m — broj raznovrsnih aparata, $P_{sr i}$, σ_i — srednja vrijednost i standardna devijacija istovrsnih aparata).

Kod normalne razdiobe koristi se veličina faktora $u = 3$. Pomoću izraza (3) mogu se odrediti vršna opterećenja za svaki sat u danu ako se poznaje vjerojatnost upotrebe u tom momentu.

Realna vjerojatnost upotrebe pojedinog aparata u određenom momentu dana dobila bi se omjerom broja dana kad je aparat bio uključen i ukupnog broja analiziranih dana. To je, naravno, nemoguće provesti. Zbog toga se u [2] koristila srednja vrijednost korigirana dnevnim i sezonskim korekcionim faktorima. U [3] se imitirao jedan tipični dan i za svaki aparat se definiralo vrijeme korištenja za koje je vrijedila srednja vjerojatnost korištenja prema izrazu:

$$p_{a sr} = \frac{W_{ad}}{P_a \cdot t_{uad}} \quad (4)$$

(W_{ad} — dnevna potrošnja, t_{uad} — vrijeme korištenja u toku dana).

Međutim, sigurno je da određena vjerojatnost uključenja postoji kroz cijeli dan i da ima svoje maksimalne i minimalne vrijednosti. Kao najrealnija imitacija predviđa se primjena normalne razdiobe, pri čemu mogu biti i dva maksimuma tokom dana. To znači primjenu dviju normalnih razdioba, na primjer jutarnje i večernje.

Funkcionalna veza vjerojatnosti i vremena može se izraziti na slijedeći način:

$$p_a(t) = p_{a max} \cdot \exp\left(-\frac{(t - t_{sr})^2}{2 \sigma^2}\right) \quad (5)$$

Srednje vrijeme razdiobe (t_{sr}) je vrijeme maksimalnog korištenja aparata.

Potrošnja pojedinog aparata u periodu vremena analize, na primjer popodnevnog korištenja televizora određena je izrazom:

$$\begin{aligned} W_a &= \int_{-\infty}^{+\infty} P_a \cdot p_a(t) \cdot dt \\ &= P_a \cdot p_{a max} \cdot \sigma \cdot \sqrt{2 \cdot \pi} \end{aligned} \quad (6)$$

Iz izraza (6) slijedi:

$$p_{a \max} = \frac{W_a}{P_a \cdot \sigma \cdot \sqrt{2 \cdot \pi}}$$

(7)

Uvrštenjem izraza (7) u (5) dobije se:

$$p_a(t) = \frac{W_a}{P_a \cdot \sigma \cdot \sqrt{2 \pi}} \cdot \exp \left(- \frac{(t - t_{sr})^2}{2 \sigma^2} \right)$$

$$0 \leq t < 24$$

(8)

Izborom standardne devijacije σ definira se oblik normalne razdiobe. Površina ispod krivulje razdiobe pomnožena s opterećenjem aparata daje potrošnju. Ovisnost veličine površine ispod krivulje normalne razdiobe i standardne devijacije jest sljedeća:

Veličina intervala od srednje vrijednosti	Procentualni iznos površine
$\pm 1 \sigma$	68,2 %
$\pm 2 \sigma$	95,4 %
$\pm 2,5 \sigma$	98,7 %
$\pm 3 \sigma$	99,7 %

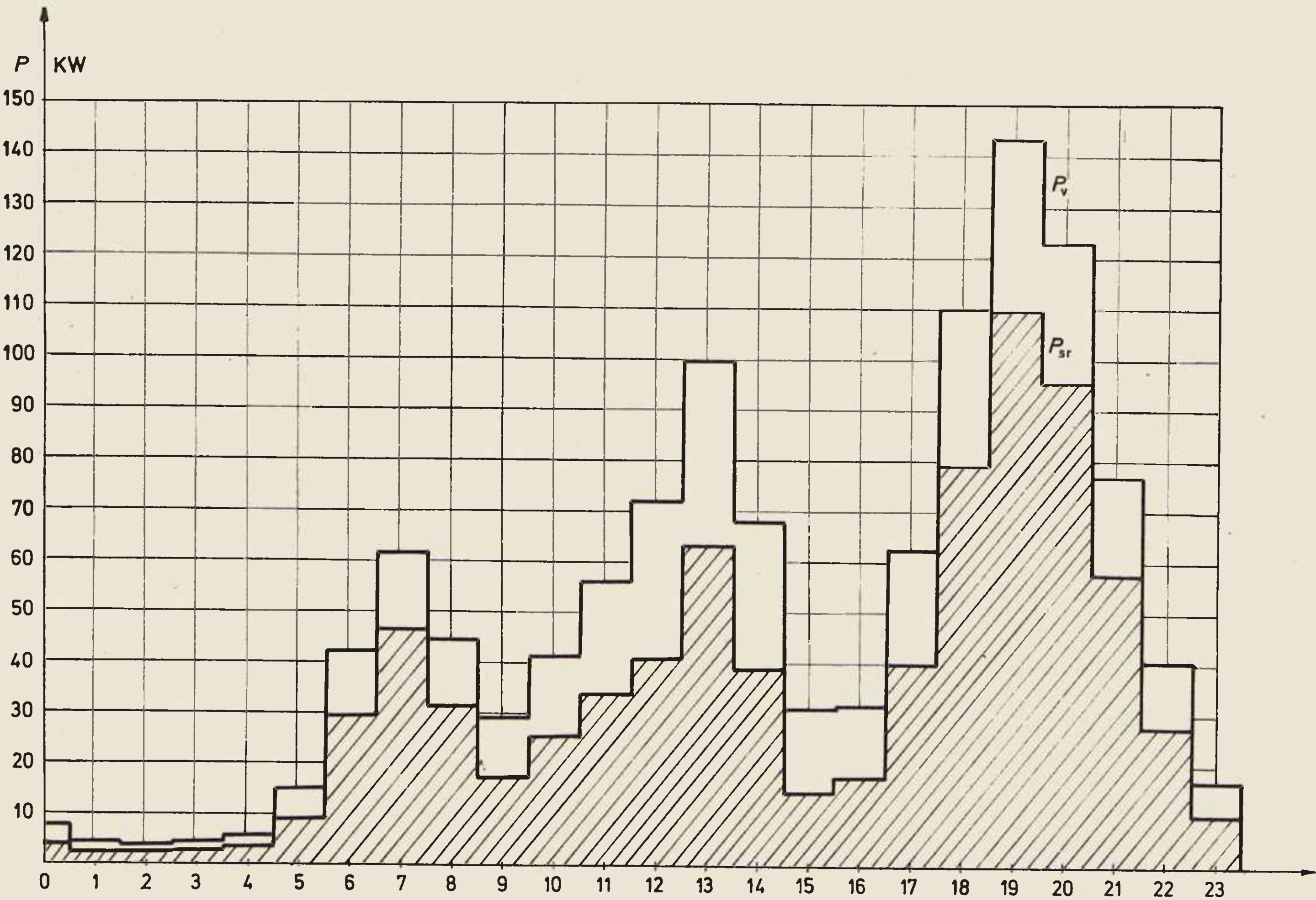
To znači, ako za pojedini aparat znamo da se koristi u određenom periodu vremena, potrebno je odabrati standardnu devijaciju tako da se omogući realizacija potrošnje. Ako se televizor koristi od 18 do 23^h, uz standardnu devijaciju od 2,5^h obuhvatilo se 68,2% ukupne potrošnje a uz 1^h 98,7 %. Očito da izbor 2,5^h ne zadovoljava dok 1^h odgovara jer je samo 1,3 % potrošnje izvan intervala. Kod televizora je interval korištenja točno definiran, ako izuzmemo strane programe. Ostali aparati koriste se različito, pa se računalo da je procijenjeni interval korištenja približno jednak $3,5 \cdot \sigma$, što znači da se njime obuhvatilo 91,988

% potrošnje. U tablici 1. definirani su podaci za neke osnovne aparate.

Tablica 1. Podaci za neke osnovne aparate za proračun dnevnog dijagrama opterećenja

Aparat i namjena		Opterećenje — kW	Potrošnja — kWh	Srednje vrijeme — h	Devijacija — h
El. štednjak:	doručak	1,50	0,35	7	1,0
	ručak	3,00	1,45	13	1,0
	večera	2,00	0,80	19	1,0
	pećnica	2,50	0,04	19	1,0
Hladnjak:		0,12	1,70	12	24,0
Televizor:	ujutro	0,12	0,09	10	1,0
	navečer	0,12	0,28	20	1,5
Glačanje:	ujutro	1,00	0,20	10	1,0
	navečer	1,00	0,35	19	1,5
Pranje rublja:	ujutro	2,0	0,4	11	1,0
	navečer	2,0	1,0	18	1,5
Rasvjeta:	ujutro	0,5	0,75	7	1,0
	navečer	1,0	1,75	20	1,5
Ukupno		16,85	9,16		

Zbog ilustracije u tabl. 2. izračunate su srednje rijednosti, standardne devijacije i vršna opterećenja za 100 kućanstava prema izrazima 1, 2 i 3, a na sl. 1. ucrtan je dijagram dnevnog opterećenja. Vršno opterećenje iznosi približno 144 kW, odnosno 1,44 kW/kuć., a nastupa u 19^h. Oko 13^h, u vrijeme ručka pojavljuje se vršno opterećenje od približno 100 kW, a za doručak oko 7^h od 62 kW. Udjeli pojedinih aparata u opterećenjima odredit će se prema učešću u sumi srednjih vrijednosti. Na taj način se dobije:



Slika 1. Dnevni dijagram opterećenja prema podacima iz tablice 2.

Vrsta aparata	Procentualni udio — %		
	7 ^h	13 ^h	19 ^h
El. štednjak	30	92	30,5
Hladnjak	6	4	2,4
Glačanje	—	—	8,5
Rasvjeta	64	—	33,8
Pranje rublja	—	4	19,4
Televizor	—	—	5,4
	100	100	100

Očito da su moguće razne kombinacije primjene pojedinih aparata. Međutim, ako se ima na umu da je primjena pojedinih aparata u toku dana ipak ograničena s obzirom na namjenu i da su tipični dnevni dijagrami poznati, tada se ne može mnogo pogriješiti u procjeni udjela pojedinog aparata u vršnim opterećenjima.

Prema [1] je iznos za vršno opterećenje grupe kućanstva sljedeći:

$$P_v = P_{vl} \cdot f_{\infty} \cdot n + P_{vl} (1 - f_{\infty}) \cdot \sqrt{n}$$

(9)

Izjednačenjem izraza (3) i (9) dobije se:

$$u \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^m \delta_i^2} = P_{vl} \cdot (1 - f_{\infty}) \cdot \sqrt{n}$$

$$\sum_{i=1}^m P_{sri} = P_{vl} \cdot f_{\infty} \cdot n;$$

(10)

U slučaju da svako kućanstvo ima sve analizirane aparate, dobije se

$$\sum_{i=1}^m P_{ai} \cdot p_{ai} = P_{vl} \cdot f_{\infty};$$

$$u \sqrt{\sum_{i=1}^m P_{ai}^2 \cdot p_{ai} (1 - p_{ai})} = P_{vi} \cdot (1 - f_{\infty})$$

(11)

Prema vrijednostima iz tabl. 2 za 9^h se dobije $P_{vl} = 4,49$ kW i $f_{\infty} = 0,2446$, što su realne veličine za takav tip kućanstva.

Ovim modelom analiziran je utjecaj upravljanja pojedinih aparata pomoću MTK na dnevni dijagram opterećenja. Pri tome se za pojedini aparat kojim se upravlja koristi pola normalne razdiobe, pri čemu je maksimum u trenutku uključenja. U tom slučaju dobije se slijedeći izraz za vjerojatnost uključenja pojedinog aparata:

$$p_a(t) = \frac{\sqrt{2} \cdot W_a}{\sqrt{\pi} \cdot P_a \cdot \sigma} \cdot \exp\left(-\frac{(t - t_{sr})^2}{2 \cdot \sigma^2}\right)$$

$$t > t_{sr}$$

(12)

Model je također korišten za analizu utjecaja bojlera s direktnim grijanjem na dnevni dijagram. Karakteristika takvih aparata su vrlo visoka opterećenja, pa je zanimljivo odrediti njihov utjecaj na električnu

Tablica 2. Podaci za srednje opterećenje, standardnu devijaciju i vršno opterećenje svakog sata u danu i grupu od 100 kućanstava prema tablici 1.

Aparat i namjena		Veličina	S a t												
			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
El. štednjak:	doručak	P_{sr} – kW					0,2	1,9	8,5	14,0	8,5	1,9	0,2		
	ručak	P_{sr} – kW											0,6	7,8	35,1
	večera	P_{sr} – kW													
	pećnica	P_{sr} – kW													
Hladnjak:		P_{sr} – kW	2,5	2,5	2,5	2,6	2,6	2,7	2,7	2,7	2,7	2,8	2,8	2,8	2,8
Televizor:	ujutro	P_{sr} – kW								0,03	0,5	2,1	3,5	2,1	0,5
	navečer	P_{sr} – kW	0,2												
Glačanje:	ujutro	P_{sr} – kW								0,09	1,1	4,8	8,0	4,8	1,1
	navečer	P_{sr} – kW													
Pranje rublja	ujutro	P_{sr} – kW									0,2	2,2	9,7	15,9	9,7
	navečer	P_{sr} – kW													
Rasvjeta:	ujutro	P_{sr} – kW					0,3	4,0	18,1	29,9	18,1	4,0	0,3		
	navečer	P_{sr} – kW	1,3	0,2											
Ukupno		kW	4,0	2,7	2,5	2,6	3,1	8,6	29,3	46,7	31,1	17,8	25,1	33,4	40,2
El. štednjak:	doručak	σ^2 – kW ²					0,2	2,8	12,0	19,0	12,0	2,8	0,2		
	ručak	σ^2 – kW ²										0,6	1,9	22,8	92,9
	večera	σ^2 – kW ²													
	pećnica	σ^2 – kW ²													
Hladnjak:		σ^2 – kW ²	0,24	0,24	0,24	0,25	0,25	0,25	0,25	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26
Televizor:	ujutro	σ^2 – kW ²									0,06	0,21	0,30	0,21	0,06
	navečer	σ^2 – kW ²	0,02												
Glačanje:	ujutro	σ^2 – kW ²								0,09	1,1	4,6	7,3	4,6	1,1
	navečer	σ^2 – kW ²													
Pranje rublja:	ujutro	σ^2 – kW ²										0,4	4,3	18,4	29,4
	navečer	σ^2 – kW ²													
Rasvjeta:	ujutro	σ^2 – kW ²						0,2	1,9	5,8	6,0	5,8	1,9	0,2	
	navečer	σ^2 – kW ²	1,3	0,2											
Ukupno		kW ²	1,6	0,4	0,2	0,3	0,7	5,0	18,1	25,4	19,6	14,1	28,6	57,3	112,7
Vršno opterećenje		kW	7,8	4,6	3,8	4,2	5,6	15,3	42,1	61,8	44,4	29,1	41,1	56,1	72,0

Aparat i namjena		Veličina	S a t										
			13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
El. štednjak:	doručak	$P_{sr} - kW$											
	ručak	$P_{sr} - kW$	57,8	35,1	7,8	0,6							
	večera	$P_{sr} - kW$				0,4	4,3	19,3	31,9	19,3	4,3	0,4	
	pećnica	$P_{sr} - kW$				0,02	0,2	1,0	1,6	1,0	0,2	0,02	
Hladnjak:		$P_{sr} - kW$	2,8	2,8	2,8	2,7	2,7	2,7	2,7	2,6	2,6	2,5	2,5
Televizor:	ujutro	$P_{sr} - kW$	0,03										
	navečer	$P_{sr} - kW$		0,2		1,0	3,1	5,9	7,4	5,9	7,4	5,9	3,1
Glačanje:	ujutro	$P_{sr} - kW$	0,09										
	navečer	$P_{sr} - kW$			0,3	1,3	3,8	7,4	9,3	7,4	3,8	1,3	0,3
Pranje rublja:	ujutro	$P_{sr} - kW$	2,2	0,2									
	navečer	$P_{sr} - kW$	0,1	0,8	3,6	10,9	21,3	26,6	21,3	10,9	3,6	0,8	0,1
Rasvjeta:	ujutro	$P_{sr} - kW$											
	navečer	$P_{sr} - kW$			0,2	1,3	6,3	19,1	37,2	46,5	37,2	19,1	6,3
Ukupno		kW	63,0	38,9	14,7	17,4	39,6	79,2	109,9	95,1	57,6	27,2	10,2
El. štednjak:	doručak	$\sigma^2 - kW^2$											
	ručak	$\sigma^2 - kW^2$	140,1	92,9	22,8	1,9	0,06						
	večera	$\sigma^2 - kW^2$				0,7	8,4	34,9	53,6	34,9	8,4	0,7	
	pećnica	$\sigma^2 - kW^2$					0,5	2,4	4,0	2,4	0,5		
Hladnjak:		$\sigma^2 - kW^2$	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,25	0,25	0,25	0,25	0,24	0,24
Televizor:	ujutro	$\sigma^2 - kW^2$											
	navečer	$\sigma^2 - kW^2$				0,02	0,11	0,27	0,36	0,34	0,36	0,27	0,11
Glačanje:	ujutro	$\sigma^2 - kW^2$	0,09										
	navečer	$\sigma^2 - kW^2$			0,3	1,2	3,7	6,9	8,4	6,9	3,7	1,2	0,3
Pranje rublja:	ujutro	$\sigma^2 - kW^2$	4,3	0,4									
	navečer	$\sigma^2 - kW^2$		1,5	7,1	20,7	38,7	46,1	35,0	20,7	7,1	1,5	
Rasvjeta:	ujutro	$\sigma^2 - kW^2$											
	navečer	$\sigma^2 - kW^2$			0,2	1,3	5,9	15,5	23,4	24,9	23,4	15,5	5,9
Ukupno		kW ²	144,8	95,1	30,7	26,1	57,6	106,3	128,0	90,4	43,7	19,4	6,6
Vršno opterećenje		kW	99,1	68,2	31,3	32,7	62,4	110,1	143,8	123,6	77,4	40,4	17,9

mrežu. Procjenjuje se da večernja potrošnja aparata iznosi oko 2,8 kWh, a opterećenje 25 kW. Uz standardnu devijaciju od 1,5 sati i srednje vrijeme oko 20 h dobije se slijedeće:

$$p_a(t) = 0,029795 \cdot \exp\left(-\frac{(t - 20)^2}{4,5}\right)$$

t	19	20	21
$P_a \cdot p_a$	0,5964	0,7448	0,5964
$P_a^2 \cdot p_a$	14,5556	18,0668	14,5556

(13)

Izraz za vršno opterećenje grupe takvih bojlera je slijedeći:

$$P_v = 0,7448 \cdot n + 12,7515 \cdot \sqrt{n}$$

(14)

Potrebno je napomenuti da aproksimacija binomne razdiobe normalnom vrijedi prema [5] uz uvjet:

$$\frac{1}{n + 1} < p < \frac{n}{n + 1}$$

(15)

$$n \cdot p \cdot q > 9$$

Udjeli jednog protočnog bojlera u vršnom opterećenju grupe od n aparata su sljedeći:

n	10	20	40	100	500	1 000
$P_1 - kW/kuć$	4,8	3,6	2,76	2,0	1,3	1,1

Očito da se veći utjecaj može očekivati na nižim naponskim nivoima.

Ako se protočni bojler doda prije analiziranoj grupi, dobije se vršno opterećenje oko 20 h i izraz za vršno opterećenje grupe:

$$P_v = 1,7 \cdot n + 13,1 \cdot \sqrt{n}$$

(16)

Ako se usporede izrazi (14) i (16), znatno je veće srednje opterećenje kod izraza (16), ali je praktično isti utjecaj standardne devijacije odnosno faktora istodobnosti. Vršno opterećenje jednog kućanstva prema izrazu (10) iznosi 14,8 kW/kuć, a faktor istodobnosti $f_{\infty} = 0,115$.

2. ZAKLJUČAK

Opisani model je rezultat dugogodišnjeg rada koji je počeo sa [2].

Modeliranjem cijelog dnevnog dijagrama opterećenja može se znatno kvalitetnije ocijeniti korištenje pojedinog kućanskog aparata s obzirom na samu namjenu a i na oblik dnevnog dijagrama.

Razvojem ovakvog ili sličnih modela ne umanjuje se uloga mjerenja opterećenja, jer se tek kvalitetnim i brojnim mjerenjima mogu izraditi dobri modeli.

LITERATURA

[1] S. RUSCK: »The Simultaneous Demand in Distribution Network Supplying Domestic Consumers«, ASEA Journal, 1956.

[2] V. ŠTENGL, D. Borojević: »Neke mogućnosti za analizu energetske karakteristike kućanstva«, »Energija«, 1965, br. 7-8

[3] R. SCHENNER: »Osnovno rješenje elektrodistributivne mreže 110 kV i 30 kV grada Zagreba — Normativi opterećenja i potrošnje električne energije«, Institut za elektroprivredu, Zagreb, 1980.

[4] R. SCHENNER, R. ŠIMUNEC: »Mjerenje opterećenja i potrošnje električne energije u gradskim kućanstvima«, Institut za elektroprivredu, Zagreb, 1981.

[5] I. PAVLIĆ: »Statistička teorija i primjena«, Tehnička knjiga, Zagreb, 1970.

ESTIMATION OF DAILY LOAD DIAGRAM FOR THE GROUP OF HOUSHOLD USING A MODEL

By analyzing of daily load diagram it can be qualitativly determined peak load and effect of some new devices. The model is developed for analyzes of frequency control effect on daily diagram and for other reasons.

BESTIMMUNG DES TAGESDIAGRAMMS DER BELASTUNG EINER HAUSHALTS-GRUPPE MIT HILFE EINES MODELLS

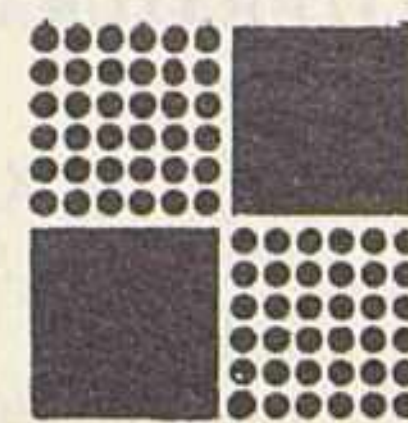
Mit der Analyse des Tagesdiagramms der Belastung bekommt man die Qualität der größten Belastung, man kann die Einflüsse einiger neuen Apparate u. a. analysieren. Dieses Modell wurde zum Überprüfen der Einflüsse MTK auf das Tagesdiagramm sowie zu anderen Zwecken entwickelt.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СУТОЧНОГО ГРАФИКА НАГРУЗКИ ГРУППЫ ДОМАШНИХ ХОЗЯЙСТВ

Анализированием суточного графика нагрузки выигрывается на качестве определения пиковой нагрузки, могут анализироваться воздействия некоторых новых аппаратов и т. п. Данная модель создана была в целях исследования влияния сетевого телеуправления на суточный график нагрузки, как и в других целях.

Naslov pisca:
mr Rihard Schenner, dipl. inž.
Institut za elektroprivredu
41000 Zagreb, Proleterskih b. 37
Jugoslavija

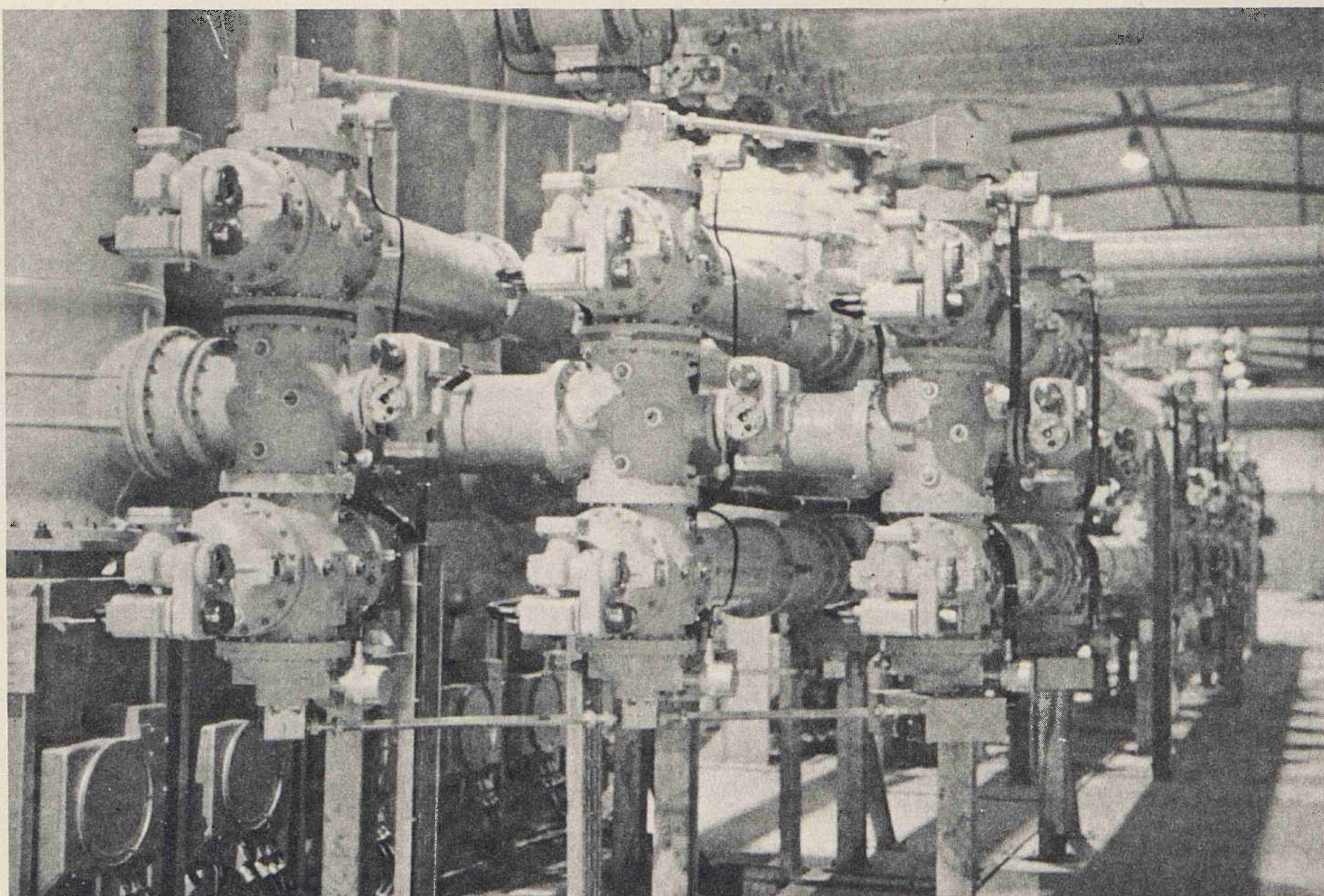
Uredništvo primilo rukopis
1986-01-22



Radna organizacija za montažu industrijskih postrojenja
OOUR za elektromontažne radove

ZAGREB ● Dimitrovljeva 2-6

- montaža i remont visoko i niskonaponskih postrojenja i razvodnih mreža
- montaža i remont kompletnih elektromotornih razvoda, rasklopnih postrojenja, instalacije rasvjete i uzemljenja
- montaža i remont uređaja, opreme i instalacija za automatiku, mjerenje, regulaciju
- kontrola i izrada tehničke dokumentacije za navedene djelatnosti
Radove izvodi u zemlji i inozemstvu



TS JALO

SVRSISHODNOST IZRAVNIH MJERENJA OPASNOSTI U DOJAVNIM VODOVIMA

dr Miroslav Jung, Zagreb

UDK 621.317.3:621.3

PREGLEDNI RAD

Iz članka se vidi da rezultati proračuna napona opasnosti u dojavnim vodovima iz projekta voda 110 kV TS Melina-HE Rijeka pokazuju visoke vrijednosti, što dalje zahtijeva primjenu skupih zaštitnih mjera. Stoga su navedeni rezultati provjereni mjerenjima u mreži, koja su pokazala da su stvarne vrijednosti napona opasnosti toliko niže od računskih vrijednosti da već ugrađena zaštita odvodnicima prenapona zadovoljava naše propise, u uvjetima elektroenergetskog sistema očekivanim do 2000 godine.

Ključne riječi: dojavni vodovi, mjerenja izravnih opasnosti.

1. OPĆENITO O NAPONIMA OPASNOSTI U DOJAVNIM VODOVIMA I TOČNOSTI ODREĐIVANJA NJIHOVIH VELIČINA ZA POTREBE ZAŠTITE

Kod nekih nesimetričnih kvarova u trofaznim elektroenergetskim mrežama visokog napona (jednopolni kratki spoj u mrežama sa uzemljenim zvjezdištem i dvostruki zemljospoj u mrežama s izoliranim zvjezdištem) zatvara se struja kvara, odnosno njezin značajni dio kroz tlo, zbog čega se u razdoblju trajanja kvara javljaju na susjednim utjecanim objektima (dojavni vodovi i ostali rasprostranjeni kovinski objekti) galvanski ili/i induktivno preneseni naponi, pogonske frekvencije (50 Hz), prema zemlji. Efektivne vrijednosti potonjih napona opasnosti mogu u pojedinim nezaštićenim dojavnim vodovima prekoračiti propisima [L. 1 i 2] dopuštene iznose, pa je u takvim slučajevima postojanja opasnosti nužno primijeniti mjere zaštite ugroženih objekata. Pri tome je, s obzirom na značenje i cijenu zaštitnih mjera, osobito važno ustanoviti iznose pojedinih napona opasnosti za srednjoročnu budućnost, i to s dovoljnom točnošću.

Uz pretpostavku kvara na kritičnom mjestu računa se uzdužna inducirana elektromotorna sila prema izrazu:

$$E_i = |\bar{I}_v \omega L_m \bar{r}| \quad (1)$$

gdje je $\bar{I}_v$ — trostruka efektivna vrijednost nulte komponente struje u faznim vodičima (bolsnog) utjecajnog elektroenergetskog voda; $\omega = 2 \times \pi \times 50$; L_m — međuinduktivitet utjecajnog i utjecanog dojavnog voda; te $\bar{r}$ — ukupni redukcionni faktor svih djelotvornih uzemljenih kovinskih objekata. Ako se stanoviti dojavni vod nalazi pod istodobnim utjecajem dvaju ili više elektroenergetskih vodova, treba i tu činjenicu uzeti u obzir.

Ne ulazeći u detaljnosti proračuna međuinduktiviteta L_m iz izraza (1), ovdje želimo upozoriti najprije da se vrijednost utjecajne struje $\bar{I}_v$ određuje na temelju rezultata proračuna kratkog spoja u budućim mrežama, čije konfiguracije u pravilu predstavljaju više skup želja negoli stanje koje će se približno ostvariti u srednjoročnoj budućnosti, dok se pri proračunu vrijednosti (strujno zavisnih) redukcionnih faktora uzima, u pravilu, u obzir samo djelovanje (električne) zaštite utjecajnih i utjecanih objekata. Pri tome djelovanje ostalih (u naseljenim mjestima), često i nepoznatih, rasprostranjenih kovinskih objekata položenih u zemlji praktički nije niti moguće obuhvatiti računom.

Posljedica tako u pravilu precijenjenih veličina utjecajnih struja i nerijetko potcijenjenih veličina redukcionnih faktora mogu, i bez obzira na točnost rezultata proračuna vrijednosti međuinduktiviteta, biti jedino precijenjene vrijednosti induciranih uzdužnih elektromotornih sila i preuranjena odnosno čak i nepotrebna ulaganja u zaštitu prividno ugroženih dojavnih vodova i drugih objekata.

Kod dojavnih kabela, položenih podzemno u području utjecaja naponskog lijevka rasprostranjenih uzemljivača velikih elektroenergetskih postrojenja, javlja se još i galvanski preneseni dio napona opasnosti E_g , koji je jednak umnošku najvišeg potencijala u trasi kabela i redukcionnog faktora potonjeg. Točnost rezultata proračuna vrijednosti napona E_g stoga u prvom redu ovisi o točnosti vrijednosti struje, koja se kod kvara na kritičnom mjestu zatvara kroz uzemljivač, i uvjetima nehomogenosti tla, koje utječu na oblikovanje naponskog lijevka.

Stoga za proračun ukupnog napona opasnosti

$$U_0 = E_i^2 + E_g^2 \quad (2)$$

možemo tvrditi da zahtijeva ulazne podatke koje samo ponekad možemo utvrditi toliko točno da bi se i krajnji rezultat mogao smatrati dovoljno točnim.

2. PRIMJER PROVJERE RAČUNSKIH
REZULTATA MJERENJIMA

Prema »Proračunu utjecaja dalekovoda 2 × 110 kW Melina-Mavrinci-Rijeka na TT linije« treba u tri dojavna voda, pod utjecajem navedenog elektroenergetskog voda, računati s naponima opasnosti višim od 430 V, kako je to prikazano u tablici 1, kolone 1. i 2.

Navedeni računski rezultati provjereni su mjerenjem, i to jedanput niskim naponom i drugi put visokim (nazivnim 110 kV) naponom, uklapanjem voda na kratki spoj koji je namjerno načinjen na kritičnom mjestu. Utjecajne struje i naponi opasnosti mjereni su kod niskonaponskih mjerenja pokaznim instrumentima, dok su kod visokonaponskih mjerenja (trajanje kvara 0,2 s) osciloskopirani.

Rezultati mjerenja prikazani su također u tablici 1, i to za niskonaponska mjerenja u kolonama 4. i 5, a za visokonaponska mjerenja u kolonama 7. i 8. U navedenoj tablici izračunati su još, prema izrazu (1) pripadni omjeri

$$U_{op}/I_v = \omega \cdot L_m \cdot \eta_f \quad /om/,$$

i prikazani u koloni 3. za rezultate proračuna, u koloni 6. za rezultate niskonaponskih mjerenja i u koloni 9. za rezultate visokonaponskih mjerenja.

Konačno su u tablici 1. prikazani još i omjeri vrijednosti $\omega \cdot L_m \cdot \eta_f$, i to na temelju rezultata proračuna i niskonaponskih mjerenja u koloni 10, na temelju rezultata niskonaponskih i visokonaponskih mjerenja u koloni 11 (strujna ovisnost) i na temelju rezultata proračuna i visokonaponskih mjerenja u koloni 12.

Prije zaključka ovog članka provedena su još ispitivanja pet dojavnih vodova pod utjecajem elektroenergetskog voda 2 × 110 kV Zagreb — Sjever, za koje su dobivene sljedeće vrijednosti omjera, kao u tablici 1, kolona 12: 1,53; 2,29; 1,80; 1,92 i 1,70. Izmjerene vri-

jednosti napona opasnosti u četiri dojavna voda (108-220 V) niže su od danas dopuštenih 430 V [L. 1]. Nakon stupanja na snagu [L. 2] neće se više niti peta linija smatrati ugroženom, jer su izmjerena 474 V niža od u [L. 2] predviđenih 650 V.

3. ZAKLJUČAK

Na temelju izloženog možemo zaključiti:

- 1. da su naponi opasnosti u stvarnom pogonu bili za 1,5 — 3,0 puta niži od vrijednosti koje uz stvarnu struju slijede na temelju rezultata proračuna faktora $\omega \cdot L_m \cdot \eta_f$, i to uglavnom radi precijenjene vrijednosti ukupnog faktora redukcije η_f ,
- 2. da izmjerene vrijednosti napona opasnosti: 311 V u TT liniji VP 593 V u TT-liniji PTT 7093 i 265 V u kabelu Čavle 146 upućuju da je već ugrađena zaštita odvodnicima prenapona potpuno zadovoljavajuća, odnosno da nije potrebno poduzimanje nikakvih dodatnih zaštitnih mjera, što vrijedi i uz očekivano povećanje struja jednopolnog kratkog spoja do kraja ovog tisućljeća, i
- 3. da prije primjene skupnih mjera zaštite treba rezultate proračuna napona opasnosti iz projekta provjeriti visokonaponskim mjerenjima.

LITERATURA

[1] Naredba o merama za zaštitu vodova elektroveza od električnih vodova, Sl. FNRJ br. 34 od 25. 7. 1951, sa naknadnim izmjenama

[2] JUS N. CO. 101 Zaštita telekomunikacionih postrojenja od uticaja elektroenergetskih postrojenja — Zaštita od opasnosti, definitivni tekst standarda prihvaćen od komisije za zaštitu TK od EE postrojenja Saveznog zavoda za standardizaciju, Beograd, 22. 12. 1983.

Tablica 1. Pregled i usporedba rezultata proračuna i mjerenja napona opasnosti u dojavnim vodovima pod utjecajem elektroenergetskog nadzemnog voda 2 × 110 kV Matulji — Vinodol, dionica Melina — Mavrinci — Rijeka

Pregled rezultata proračuna i mjerenja										Usporedba vrijednosti faktora $\frac{U_0}{I_v} = \omega \cdot L_m \cdot \eta$ /om/om/ = /1/		
Izvor podataka	Proračun			Niskonaponska mjerenja		Visokonaponska mjerenja						
Napon opasnosti U_0	samo induktivni			ukupni, induktivni i galvanski								
T.br.kolone	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Dojavni vod	I_v /A/	U_0 /V/	U_0/I_v /om/	I_v /A/	U_0 /V/	U_0/I_v /om/	I_v /A/	U_0 /V/	U_0/I_v /om/	3/6	6/9	3/9
TT-linija VP	10600	1862	0,1757	118	16,1	0,136	4623	311	0,0673	1,287	2,028	2,611
TT-linija PTT 7093	10600	2215	0,2090	118	19,4	0,164	4623	593	0,1283	1,271	1,282	1,629
Kabel Čavle 146	9200	1597	0,1736	118	12,1	0,103	4623	265	0,0573	1,693	1,789	3,028

- [4] VDE Bestimmung für Massnahmen bei Beeinflussung von Fernmeldeanlagen durch Starkstromanlagen — Allgemeine Grundlagen, DIN 57228 — VDE 0228, Teil 1/7.75.
- [4] JUNG: »Naponi opasnosti u dojavnim vodovima pod utjecajem elektroenergetskog voda 110 kV Matulji — Vinodol, dionica Melina — Mavrinci — Rijeka«, Institut za elektroprivredu, Zagreb, 1983.

ZWECKMASSIGKEIT DER DIREKTEN MESSUNGEN DER GEFAHR IN ÜBERMITTLUNGSLEITUNGEN

Aus dem Artikel erfährt man, daß die Resultate der Berechnungen der Spannungsgefahr in den Übermittlungsleitungen aus dem Projekt der Leitung 110 kV TS Melina — HE Rijeka, hohe Werte zeigen, was den Gebrauch teurer Schutzmaßnahmen zur Folge hat. Deshalb haben die obigen Resultate zu denen man mit Messungen im Netz kam gezeigt, daß die effektiven Werte der Spannungsgefahr so viel niedriger als die Rechnungswerte sind, das schon die eingebaute Schutzvorrichtung durch Vorspannungs — Ableitungen unseren Vorschriften entspricht, falls die Bedingungen des elektroenergetischen Systems bis zum Jahr 2000 wie erwartet gleich bleiben.

ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ НЕПОСРЕДСТВЕННЫХ ИЗМЕРЕНИЙ ОПАСНОСТИ НА ЛИНИЯХ СВЯЗИ

Из статьи следует, что согласно результатам расчетов опасного напряжения на линиях связи по проекту ЛЗП 110 кВ ПС Мелина — ГЗС Риека показывают высокие значения, что в дальнейшем требует применение дорогих средств защиты. Поэтому вышеуказанные результаты были проверены измерениями на сети, которые показали, что действительные значения опасного напряжения настолько меньше расчетных значений, что уже поставленные разрядники защиты от перенапряжений удовлетворяют наши правила по условиям энергосистемы, ожидаемым до 2000 года

REASONS FOR DIRECT MEASUREMENTS OF HAZARDOUS CONDITIONS IN COMMUNICATION LINES

In the article are presented results of hazardous voltages in the communication lines, that are based on design of 110 kV TS Melina — Rijeka, and results are of great value that requires application of expensive protection. Because of that, some measurements on net are done and real hazardous voltages are lower than calculated one so that constructed protection with lightning arrester is in accordance with the standard requirements in electric power system till 2000 year.

Naslov pisca:

dr Miroslav Jung, dipl. inž.
Institut za elektroprivredu, 41000
Zagreb, Proleterskih b. 37,
Jugoslavija

Uredništvo primilo rukopis
 1986-03-24



elektrolux - rijeka

ELEKTROTEHNIČKA RADNA ORGANIZACIJA
 RIJEKA — ULICA ĐURE STRUGARA b b
 TELEGRAM: ELEKTROLUX — TELEFON: 516-333
 TELEX: 24374 YU ELUX

SVOJE POSLOVNE PARTNERE OBAVJEŠTAVAMO DA SMO SA »ELEKTROPRI-VREDOM« RIJEKA SKLOPILI UGOVOR NA MONTAŽI I POLAGANJU PODMORSKOG KABELA 110 kV NA LOKACIJI OSOR, POVEZIVANJE OTOKA CRES — LOŠINJ.

U ZAJEDNIČKOM PAKET-ARANŽMANU SUDJELUJU

- **I. K. S.** — SVETOZAREVO KAO PROIZVOĐAČ KABELA I KABELSKOG PRI-BORA
- **ELEKTROPROMET** — ZAGREB KAO VELETRGOVINA — ISPORUČILAC
- **ELEKTROLUX** RIJEKA KAO IZVOĐAČ RADOVA NA MONTAŽI I POLAGANJU KABELA

RO ELEKTROLUX



ASTRA

**SPONZOR-SUORGANIZATOR
UNIVERZIJADE'87**

ZAGREB
JUGOSLAVIJA



n. sol. o. OOUR-a
41000 ZAGREB, Varšavska 9
Telefon: 041/427-111
Telegram: ASTRA — ZAGREB
Telex: 21177, 21254 YU MASEX, 21125,
21281 YU ASTRA

- opskrba poljoprivrede sjemenskom robom, re-produkcijskim materijalom, strojevima i alatima;
- opskrba stranih brodova i jahti u domaćim luka-ma i marinama.

Djelatnosti na vanjskom tržištu:

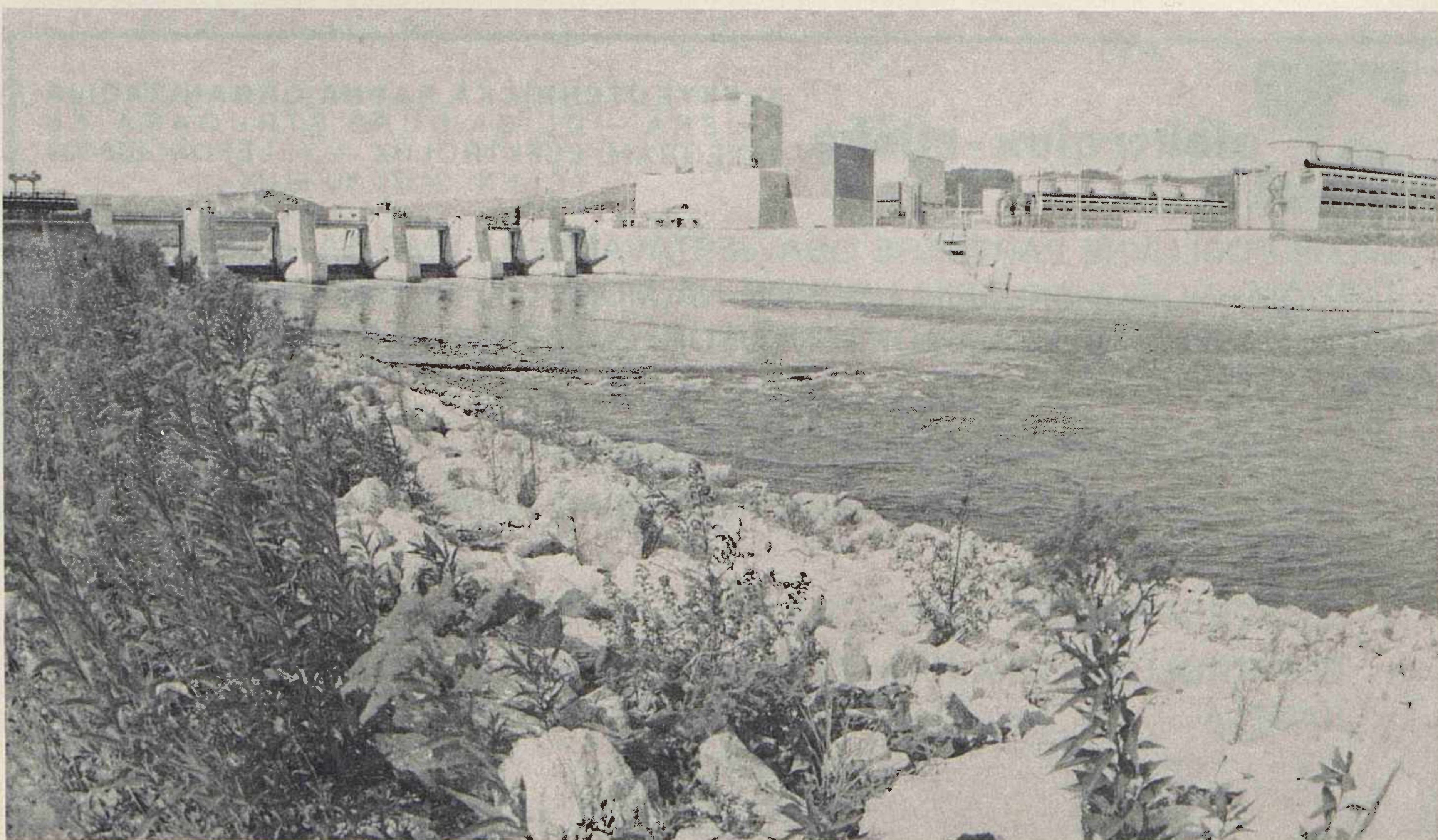
- izvoz-uvoz kompletnih objekata, postrojenja i opreme za sve grane industrije;
- izvoz-uvoz brodova i aviona;
- izvoz-uvoz poljoprivredno-prehrambenih proiz-voda;
- međunarodno trgovinsko posredovanje;
- međunarodna trgovina putem mreže inozemnih firmi i predstavništava;
- zastupanje inozemnih firmi.

Djelatnosti na unutrašnjem tržištu:

- ugostiteljsko-hotelijska djelatnost putem vlastitih hotela, ugostiteljskih objekata, sport-sko-rekreacijskih sadržaja, te prodaja avio-ka-rata i aranžmana putem vlastite turističke agen-cije;
- prodaja, održavanje i popravak automobila iz programa VOLKSWAGEN-AUDI, te tehnički pregled svih vrsta vozila;

OSNOVNE ORGANIZACIJE UDRUŽENOG RADA:

- **OOUR ZASTUPSTVO INOZEMNIH FIRMI**, Za-greb, Gajeva 5
- **OOUR MEĐUNARODNA TRGOVINA**, Zagreb, Gajeva 5
- **OOUR MAŠINOIMPEX**, Zagreb Varšavska 9
- **OOUR ZA VANSJKU I UNUTRAŠNJU TRGOVI-NU POLJOPRIVREDNO-PREHRAMBENIH PROIZVODA**, Zagreb, Harambašićeva 19
- **OOUR AUTOMOBILNE DJELATNOSTI**, Velika Gorica, Zagrebačka bb
- **OOUR UGOSTITELJSTVO**, Stubičke toplice
- **OOUR UGOSTITELJSTVO TOPLICE**, Krapin-ske Toplice
- **OOUR UGOSTITELJSTVO KUMROVEC**, Tu-heljske Toplice



NE KRŠKO za koju je veliki dio opreme uvezla R. O. Mašinoimpex

TEŠKOĆE U RADU KOMPENZACIJSKOG BAZENA GUSIĆ-POLJE I NJIHOVO UKLANJANJE

Krešimir Pavičić, Senj

UDK 621.311.21
STRUČNI RAD

U članku se daje kratki osvrt na dio hidroenergetskog sistema rijeka Like i Gacke. Zapravo, pažnja je usmjerena na sanaciju kompenzacijskog bazena Gusić-Polje, iz kojeg se dozira voda u hidroelektranu Senj. S obzirom na znatan gubitak vode (u posljednje vrijeme oko 0,8 m³/sek ili oko 24 GWh) iz bazena, izrađen je Idejni projekt sanacije. Analize provedene u Idejnom projektu pokazale su da je opravdano izgraditi nov akumulacijski prostor i postojeći sanirati.

Ključne riječi: kompenzacijski bazen, Gusić-Polje, gubitak vode, sanacija.

HE »Senj« projektirana je prije 30 godina, tj. u razdoblju od 1955. do 1959. godine. Pripremni radovi trajali su do 1963. godine, a 1966. svečano su puštena u pogon sva tri agregata. HE »Senj« ima snagu 3 × 72 MW. Do kraja 1985. godine proizvela je 19,6 milijardi kwh. U razdoblju posljednjih 17 godina (kad smo imali izgrađenu akumulaciju Sklope od 129 mil. m³) preljevi vode iznose 320 mil. m³, što kod nas iznosi 320 mil. kwh prosječno godišnje. Ta činjenica poseban je predmet našeg zanimanja.

Naši objekti sa 36 km tunela protežu se od akumulacije Sklope, sa maksimalnom kotom vode 554 mn.m., u dužini od 84 km do mora. Na tom putu neminovni su gubici vode i oni iznose oko 2,5 m³/s, što godišnje iznosi otprilike 80 mil. kwh.

HE »Senj« zamišljena je kao elastično postrojenje sa sezonskim izravanjem bujičaste rijeke Like i protočnim radom energetske plemenite rijeke Gacke. Zbog toga je predviđena izgradnja kompenzacijskog bazena Gusić-Polje za dnevno izravanje u nekim varijantama sa zapreminom većom od 5 mil. m³.

Uz stalan rad HE »Senj« s instaliranim protokom od 60 m³/s, tj. snagom od 216 MW, ova zapremina upravo predstavlja jednodnevnu potrebu vode.

Novčane teškoće, nedovoljna sigurnost u pogledu vododrživosti, kratko vrijeme za detaljnija istraživanja i zahvate sanacije tla koje do tada naša projektna i operativna poduzeća, a ni strana, nisu uopće poznavala, nisu dozvolili izvedbu ovog bazena od 5 mil. m³. On je morao biti napravljen na najpovoljnijem dijelu tla koji se mogao tada izabrati sa zapreminom od svega 1,37 mil. m³.

U ovom slučaju HE »Senj« nije više mogla biti sasvim elastično vršno postrojenje koje reagira na mrežu u bilo koje vrijeme, a da se prethodno ne pripremi za dopremu dovoljne količine vode u određeno vrijeme. Treba napomenuti da je vodi iz akumulacije potrebno oko 5 sati da dođe do HE »Senj«. Ostale teškoće, koje ćemo navesti, još su više smanjile

elastičnost i kruto su odredile maksimalnu i minimalnu kotu vode Gusić-Polja, a time znatno smanjile radnu zapreminu.

Današnje stanje

	Kota m.n.m	m ³ × 10 ³	
		zapremina	razlika
Maksimalna voda	436,50	1 372	218
Maks. radna voda	436,00	1 154	
Min. radna voda za 3 stroja	435,00	746	408
Minimalna voda	433,0	190	556
Vrh beton. zagata	432,00		
Vrh malog kanala	431,00		
Dno malog kanala	429,00		
Dno tunela G. Polje —			
Hrnotine	421,55		
Zapremina tunela G. Polje—		266,44	
Hrnotine			

Kompenzacijski bazen od 1,37 mil. m³ ostvaren je s nasipima u dužini ukupno 3 210 m, koji povezuju kanal Marasi s ulaznim uređajem u tlačni tunel. U tijelo nasipa ugrađena je glinena jezgra. Tlo je ostalo nederuto, osim jednog malog kanala koji je obložen betonskim pločama, a predviđen je za punjenje tunela i bazena. Mali kanal ima propusnu moć od 15 m³/s.

Na naše iznenađenje, pokusna ispitivanja vododrživosti u rujnu 1965. godine pokazala su gubitke od 5,75 m³/s pri razini vode u bazenu od 424 mn. m. Nakon sanacije betonske obloge gubici su smanjeni, ali ovakav pogon nije se mogao dopustiti. Uslijedilo je traganje za načinom efikasne sanacije jer u to doba u zemlji nismo imali primjer na koji bi se ugledali.

Odlučeno je da se u samom bazenu izgrade popratni nasipi do kote 435 mn.m. i da se tako stvori mali ba-

zen s maksimalnom zapreminom od svega 746 000 m³. Tako su odvojeni najveći ponori i zbog toga ovaj mali bazen ima nesimetričan izgled. Popratni nasipi stvorili su još dva bazena koji su od malog odvojeni pločastim zapornicama. Na taj način mogli smo raditi s elektranom, doduše veoma neelastično i sa strogo određenim protokom, dok su lijevi i desni bazen bili prazni. Takav način rada nije bio bez teškoća. Čim bi se protoci povećali iznad 40 m³/s, dolazilo bi do oštećenja betonskih ploča koje su štitile popratne nasipe, a također su nastajala oštećenja podloge na mjestima velike brzine vode. Tada smo ugradili kaskade u mali kanal da se smanji brzina vode i osigura što jednoličniji tok vode, a u prosincu 1965. godine ugrađene su šesterokutne betonske ploče na dijelu dna malog bazena radi zaštite podloge.

Sanacija malog bazena glinom izvedena je u ljeto 1966. godine. Tom prilikom nismo sanirali i mali kanal, pa je on ostao takav sve do današnjeg dana. Trebalo je, naime, puniti tunnel vodom i s njim, kao kompenzacijskim bazenom, upotrebljavati bar jedan generator.

Tim zahvatima mali bazen je još više smanjen, a elektrana je u nekim momentima više otežavala dispečerima posao nego što im je koristila.

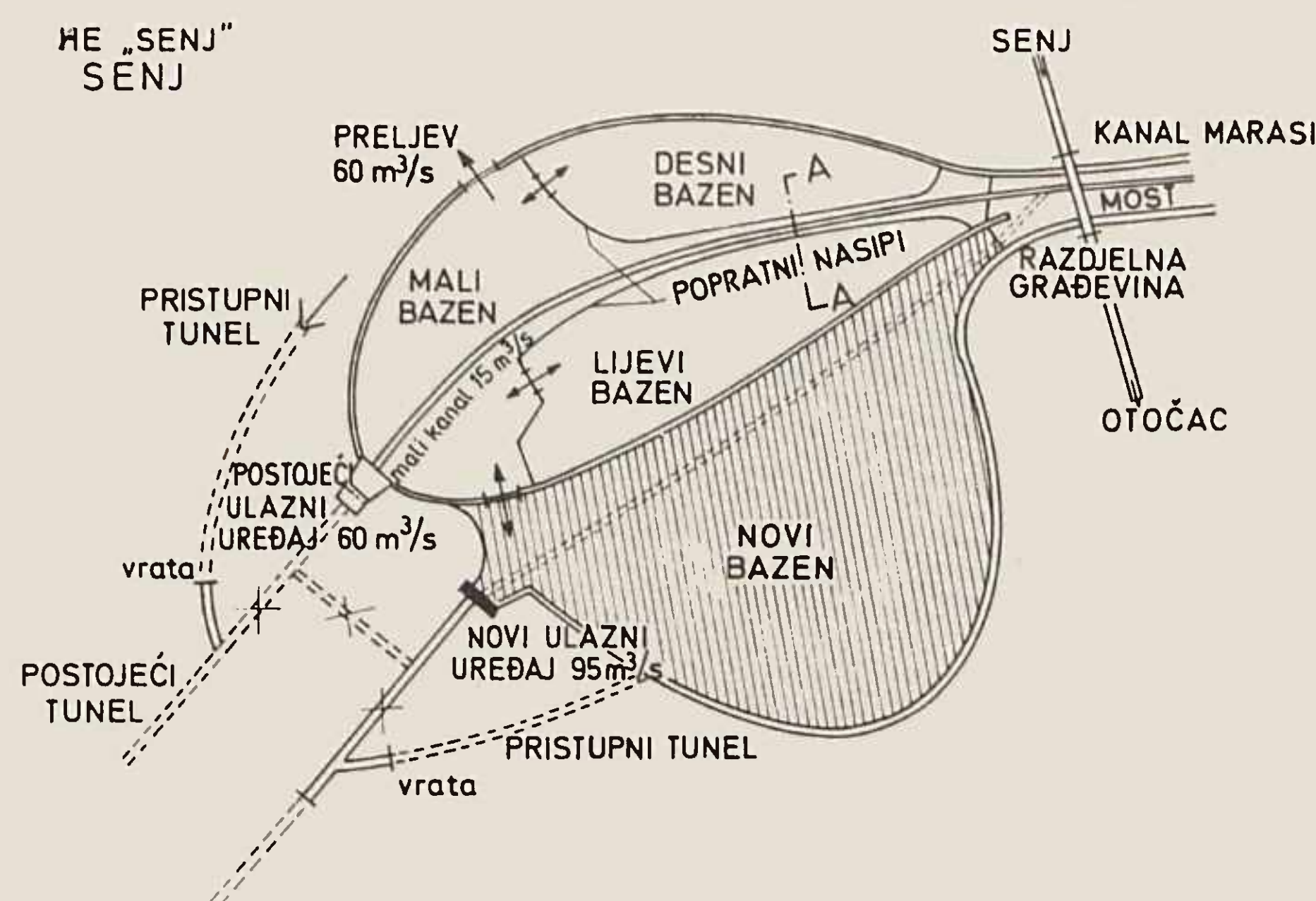
Sanacija desnog i lijevog bazena u Gusić-Polju izvedena je ugradnjom gline na površini od 360 000 m² u dva sloja po 20 cm u nabitom stanju, a preko nje, kao zaštitni sloj, stavljen je materijal iz iskopa tunela.

Prilikom ugradnje popratnih nasipa računalo se da će razina vode u malom bazenu varirati s radom elektrane i da će biti propuštanja iz malog bazena u desni i lijevi bazen, što bi ometalo ugradnju gline. Zbog toga je ugrađen u popratne nasipe drenažni sistem sa žabljim poklopcima. Kad je kota vode visoka, žablji poklopci treba da su dobro zatvoreni, a eventualno procjeđivanje u popratne nasipe drenaža treba da odvede u podzemlje. Voda koja se skupi ispred zapornica desnog i lijevog bazena odvodi se do iza temeljnog ispusta na preljevnoj brani posebno ugrađenim cijevima. Kad je kota vode niska, popratni se nasipi dreniraju kroz žablje poklopce. Na taj način rasterećuju se betonske ploče od pritiska vode iz popratnih nasipa prema kanalu.

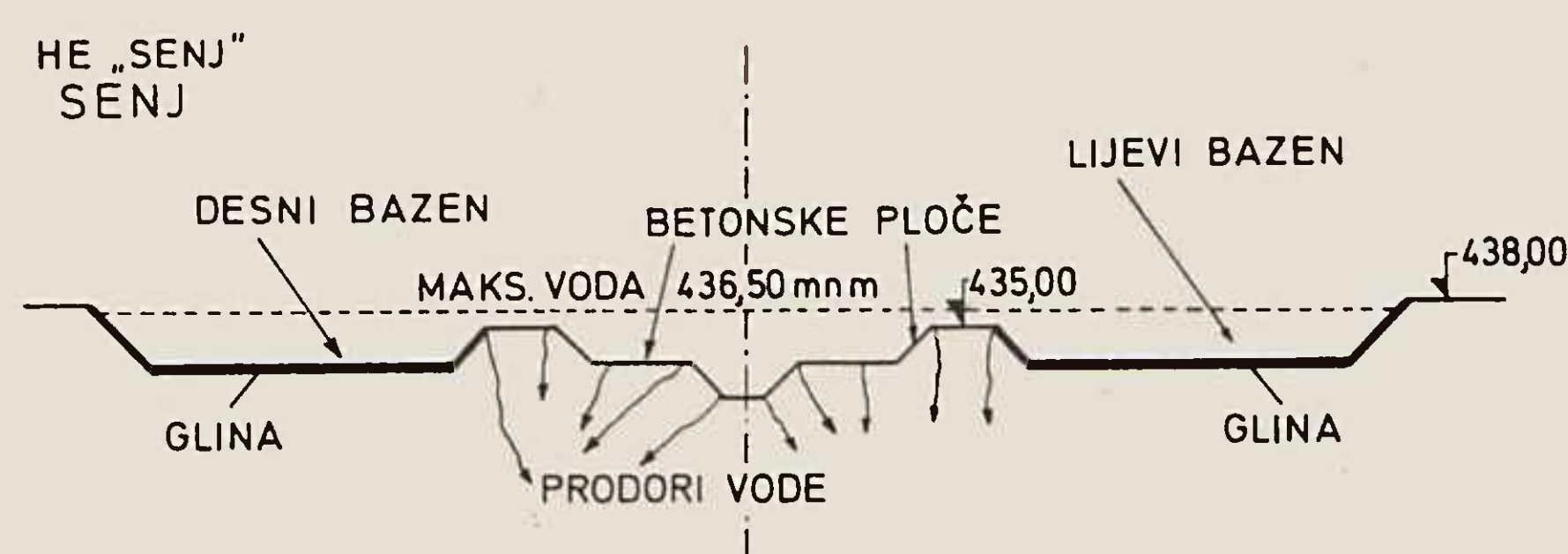
Nakon završetka sanacije drenaža je isprekidana glinenim čepovima i onemogućen je tok vode u uzdužnom smjeru. Glineni pokrov desnog i lijevog bazena trebao je onemogućiti prolaz vode u popratne nasipe (sl. 1. i 2).

Praktički se dogodilo da je voda prodirala između betonskih ploča i da žablji poklopci nisu uvijek dobro zatvarali, pa smo tako imali slobodnu komunikaciju vode iz malog bazena u popratne nasipe.

To je blokirano zatvaranjem žabljih poklopaca, ali zbog prodora vode između betonskih ploča počeli su se na području drenaže pojavljivati ponori koje svake godine nastojimo sanirati različitim uspjehom. Nedostatak vremena, slabi uvjeti za ugradnju gline, sve veći mulj, sve veći broj ponora i sve veći ponori otežavaju pristup i efikasno saniranje.



Slika 1. Situacija starog i novog bazena



Slika 2. Presjek A-A

Posebna teškoća je vegetacija koja dolazi s vodom ili se u plodnom mulju razmnožava, pa začepљуje finu rešetku na ulazu u tunnel. Tako imamo stalno pad pijezometrijske linije povremeno i preko 1 m.

Kratak zaključak bi glasio: voda nezaustavljivo prodire u popratne nasipe na spojevima ploča te spojevima gline i betona. To uzrokuje oštećenja i sve veće propadanje tla u vidu ponora. Velika oštećenja pojavljuju se pogotovo u zadnje vrijeme ispod betonskih ploča malog kanala.

Svake godine mjerimo gubitke Gusić-Polja, a oni su u razdoblju od 1968. do 1981. godine bili prilično konstantni i iznosili su prosječno 404 l/s. U zadnje četiri godine porasli su na 834, 783, 759 te 786 l/s, pa je to indicacija na loše stanje tla, što se može i vidjeti, naročito u području nožice popratnih nasipa.

Zbog tih smo pojava veoma zabrinuti jer sve upućuje na ubrzan proces oštećenja tla.

Osim toga, poniranje 800 l/s znači gubitak otprilike 24 mil. kWh godišnje, a to je proizvodnja jedne male HE. Međutim, utješno je to što u toku 18 godišnjeg rada imamo dobra iskustva sa saniranjem podloge, posebno tamo gdje je podloga dobro pripremljena i glina dobro nabijena. To je zapravo prirodno rješenje.

Za vrijeme remonta u ljetnom razdoblju redovito pristupamo sanaciji Gusić-Polja u onom opsegu koji nam dopuštaju rokovi i vremenske prilike, jer ugradnja gline zahtijeva posebne uvjete. U posljednje vrijeme remontu su sve kraći, a ponori sve veći po dimenzijama i broju. Došli smo u situaciju da uz najbolju volju i najbolje organiziran rad ne možemo mnogo učiniti da zaustavimo razorno djelovanje vode. Rado-

vi u remontima ne daju više rezultate jer su sve veći i skuplji, a sredstva investicijskog održavanja nedovoljna su.

Potkraj 1981. godine napisali smo projektni zadatak, a 1983. godine dovršen je u »Elektroprojektu« Zagreb Idejni projekt sanacije koji je razrađen u 3 osnovne varijante.

Varijanta A razrađena je u dvije podvarijante, a predviđa potpunu obustavu HE »Senj« u trajanju otprilike 4 mjeseca. U podvarijanti A 1 predviđa se sanacija popratnih nasipa kako bi postali nepropusni, a u podvarijanti A 2 uklanjanje popratnih nasipa i ugradnja glinenog tepiha.

Varijanta B predviđa izgradnju porednog kanala s lijeve strane Gusić-Polja s pripadajućim uređajima za transport vode od sadašnjeg ulaza u Gusić-Polje do ulaza u postojeći tunel G. Polje — Hrmotine. Na taj bi se način omogućio rad HE »Senj« za vrijeme sanacije.

Varijanta C predviđa sljedeće zahvate:

1. Proširiti bazen za još 1,46 mil. m³ bruto (1,3 mil. m³ neto).
2. Izgraditi razdjelnu građevinu za usmjeravanje vode u jedan ili drugi bazen.
3. Spojiti bazene preljevnim uređajem.
4. Izgraditi ulaznu građevinu u novom bazenu za 95 m³/s i spoj građevina s današnjim tunelom uz ugradnju dvaju zatvarača.
5. Izgraditi pristupne tunele za komunikacije vozila prilikom pregleda ili radova u tunelu.
6. Izgraditi zaštite od plivajućeg i lebdećeg nanosa.
7. Sanirati postojeći bazen i spojiti s novim radi daljnje eksploatacije.

Varijanta C prihvaćena je na sastanku Komisije ZE-OH-a 13. 8. 1984.

Tim zahvatima osigurava se minimalno vrijeme prekida proizvodnje HE »Senj« (neovisno o radu na sanaciji glinenog tepiha), najmanji energetske gubici i najduže vrijeme opskrbe pitkom vodom vodovoda Hrvatskog primorja, a u budućnosti i otoka.

Povećanom ulaznom građevinom u novom dijelu bazena od 95 m³/s (sada imamo 60 m³/s) te izgradnjom pripadajućih zatvarača u tunelu i spojnom tunelu osiguravamo mogućnost priključka novog tunela koji će biti izgrađen paralelno uz postojeći i mogućnost izgradnje druge etape HE Senj (otprilike još 300 MW) kad se pojavi potreba za većom snagom.

U toku je donošenje Investicijskog programa a Izvedbeni projekt će se izraditi prema varijanti C.

Količine glavnih građevinskih radova su sljedeće:

1. Iskop na otvorenom	94 350 m ³
2. Iskop tunelski	23 500 m ³
3. Nasip	86 150 m ³
4. Beton na otvorenom	21 660 m ³
5. Beton tunelski	5 900 m ³
6. Armatura	2 097 000 kg
7. Glinena jezgra	309 200 m ³
8. Zaštitni filter	88 800 m ³
9. Kamena obloga	21 240 m ³

10. Humus 18 700 m³

11. Ravnanje zemljišta 106 700 m³.

Hidromehanička oprema koja će se ugraditi prilikom sanacije Gusić-Polja sastoji se od sljedećih najvažnijih objekata.

1. Segmentni zatvarači razdjelne građevine koja usmjerava vodu u postojeći ili novi bazen. Dimenzionirani su za 60 m³/s u oba pravca. Pogon je ručni ili elektromotorni. Pokreću se putem čelične užadi. U gornjem položaju stoje blokirani kako ne bi došlo do nepoželjnog zatvaranja.
2. Rešetke sa po 5 polja koje će propuštati duže vrijeme vodu a da se znatnije ne začepi. Smještene su u mirnom toku vode tako da se smanje gubici, tj. osigura rad bez veće denivalacije i začepjenja, što je u današnjem pogonu zadavalo teškoće. Iznad rešetki kretat će se uređaj za čišćenje.
3. Preljevna brana služi za odvajanje obaju bazena u separatnom radu. Treba brtviti obostrano. Služi i kao sigurnosni preljev za novi bazen. Pokreće se elektromotorskim pogonom. Opremljena je automatikom.
4. Pločasta zapornica ulaznog uređaja za 95 m³/s opremljena je hidrauličkim pogonom.
5. Dva zatvarača za 60 m³/s opremljena pločastim zapornicama s hidrauličkim pogonom, a jedan zatvarač za 95 m³/s opremljen također s pločastom zapornicom na hidraulički pogon.
6. Sistem upravljanja zapornicama i automatikom preljevne brane centralno je smješten u pogonski objekt.
7. Dvoja ulazna vrata u tunel širine 3 m i visine 3,3 m koja omogućuju pristup vozila i mehanizacije prilikom pregleda i sanacije tunela.

Svi objekti sa HM opremom bit će zaštićeni ogradama kako bi se spriječio nepoželjan pristup. Ugrađeni sigurnosni uređaji dojavljivat će nenormalna stanja prilikom nepoželjnog ulaza ili vatre.

Već danas posjedujemo daljinsko javljanje vodostaja Gusić-Polja u komandu u Grabovi. Iako su ti uređaji starijeg tipa, praksa pokazuje da se u njih može pouzdati.

Osim navedenih uređaja koje treba ugraditi, za vrijeme sanacije mora se ukloniti mahovina i trava koja se nahvatala po betonskim pločama kanala Marasi, koja smanjuje protjecajni profil. Treba očistiti 36 000 m² ploča i naći efikasno sredstvo da se mulj i mahovina ne hvataju po površini, jer oni stvaraju uvjete za razvoj vegetacije.

Postojeći most na cesti Senj — Otočac oslonjen je na srednji upornjak koji se nalazi u sredini kanala Marasi i tako zaustavlja protok vode, a također onemogućuje ulaz vozila u kanal Marasi. Rješenje tog problema je u toku.

Osim navedenih objekata i radova koje treba izvesti, postoji još niz poslova koji će biti navedeni u izvedbenoj dokumentaciji.

Definirani su prethodni radovi kako bi se nesmetano mogli obaviti istražni i pripremni radovi.

Prethodni radovi obuhvaćaju sljedeće veće zahvate:

1. Eksproprijaciju zemljišta oko 46 hektara i 3 stambena objekta, s izradom svih potrebnih dokumenata kako bi se ispunili uvjeti koje postavlja zakon, DPZ i stanovništvo. Dio zemljišta HE »Senj« već posjeduje.
2. Osiguranje opskrbe pitkom vodom postojećeg vodovoda u Primorju za vrijeme rada u Gusić-Polju.
3. Izmještanje DV 110, 10 i 0,4 kV koji se nalaze u budućem bazenu.
4. Izmještanje telefonskih linija.
5. Premještanje postojećeg vodovoda za opskrbu ulaznog uređaja.
6. Osiguranje gradilišta strujom, vodom i telefonskim vezama.
7. Osiguranje društvenog standarda i nastamba za radnike.
8. Osiguranje prostora za gradilište, kao i njegovu organizaciju.
9. Osiguranje smještaja osoblja nadzora i kontrole nad izvedbom i kvalitetom radova.
10. Osiguranje pozajmišta gline i kamena, te pristupnih cesta.

Prema iskustvu sa sanacije Gusić-Polja, u 1966. godini, kada su radove izvodili »Hidroelektra« Zagreb i »Pomgrad« Split, u toku sezone postoji ograničen broj dana i sati pogodnih za ugradnju glinenog tepiha:

	Svibanj	Lipanj	Srpanj	Kolovoz	Rujan	Listopad
Dani	10	16	24	24	16	12
Efektiv. sati	6	8	11	11	8	6
Ukupno sati	60	128	264	264	128	72

Sveukupno 916 sati/god.

S obzirom na tu činjenicu, količina gline koju treba ugraditi ograničavajući je faktor u brzini izvedbe ovih radova. Potrebna će biti, osim savršene kvalitete radova, i velika koncentracija osoblja i mehanizacije u određenim vremenskim razdobljima. O dobroj organizaciji radova, a posebno na ugradnji gline, ovisit će rokovi izvedbe ovih zahvata.

U toku su projektni radovi i dogovori kako bi se dobila dokumentaciju u potrebnom opsegu da bi se moglo pristupiti prethodnim radnjama. Projektnu dokumentaciju izrađuje »Elektroprojekt« Zagreb. Projekte prethodnih radova izrađuje »PEI« Rijeka. Uz uvjet da se financijski pokriju prethodni radovi, te osiguraju novčana sredstva za dokumentaciju i sklapanje ugovora s izvođačima, mogući su sljedeći rokovi dovršetka sanacije:

Prethodni radovi u toku 1986. godine.
Priprema, te izvedba proširenja bazena u toku 1987. i 1988. godine. Spajanje i sanacija postojećeg bazena u toku 1988. do 1990. godine. RO »Elektroprivreda« Rijeka i OOUR HE »Senj i Sklope« čine napore da se ova sanacija što prije izvede.

DIFFICULTIES IN OPERATION OF COMPENSATING BASIN GUSIĆ POLJE AND REMEDIES

In the article is presented a review of hydro-power system of rivers Lika and Gacka. Highlighted is remedy for compensating basin Gusić Polje that supplies water for HPP Senj. Due to great losses of water (in last time 0.8 m³/s or 24 GWh) it is done a design for remedy. Analyses prove necessity for construction of new accumulation basin and remedy of existing one.

SCHWIERIGKEITEN BEIM AUSBAU DES KOMPENSATIONS — BECKENS GUSIĆ POLJE UND IHRE ÜBERWINDUNG

Im Artikel gibt man einen kurzen Rückblick auf einen Teil des hydroenergetischen Systems der Flüsse Lika und Gacka. Die Aufmerksamkeit ist eigentlich auf die Sanierung des Kompen-sationsbeckens Gusić Polje aus dem das Wasser für das Wasserkraftwerk Senj dosiert wird, gerichtet. Mit Rücksicht auf einen wesentlichen bedeu-tenden Wasserverlust (in letzter Zeit etwa 0,8 m³/sek oder etwa 24 GWh) aus dem Becken, wurde ein Ideenprojekt der Sanierung ausgearbeitet. Die Analysen die im Ideenprojekt durchgeführt wurden zeigten, daß der Ausbau eines neuen Akummu-lationsbeckens und die Sanierung des jetzigen gerechtfertigt werden können.

ЗАТРУДНЕНИЯ В РАБОТЕ КОМПЕНСАЦИОННОГО БАСЕЙНА ГУСИЧ ПОЛЕ И ИХ УСТРАНЕНИЕ

В статье дается краткий обзор части гидроэнергетической системы рек Лика и Гацка. Поистине, внимание направлено на санацию компенсационного бассейна »Гусич Поле«, из которого вода дозируется ГЗАС »Сень«. Учитывая значительные потери воды из бассейна (в последнее время приблизительно 0,8 м³/с или около 24 ГВт. ч), разработан эскизный проект санации. Анализы, проведенные в эскиз-ном проекте, показали целесообразность сооружения нового водохранилища и санацию существующего.

Naslov pisca:
Krešimir Pavičić, dipl. inž.
Hidroelektrana Senj,
51270 Senj, Jugoslavija

Uredništvo primilo rukopis
1986-03-11

NEKE SPECIFIČNOSTI U PROJEKTIRANJU NUKLEARNIH ELEKTRANA

Vladimir Vuković, Zagreb

UDK 621.039.5.001

STRUČNI RAD

Članak obrađuje sigurnosne postupke projektiranja nuklearnih elektrana na bazi zahtjeva američkih propisa.

Ključne riječi: nuklearna elektrana, projektiranje, sigurnost i propisi.

1. UVOD

1.1. Posebnosti nuklearnih energetske postrojenja

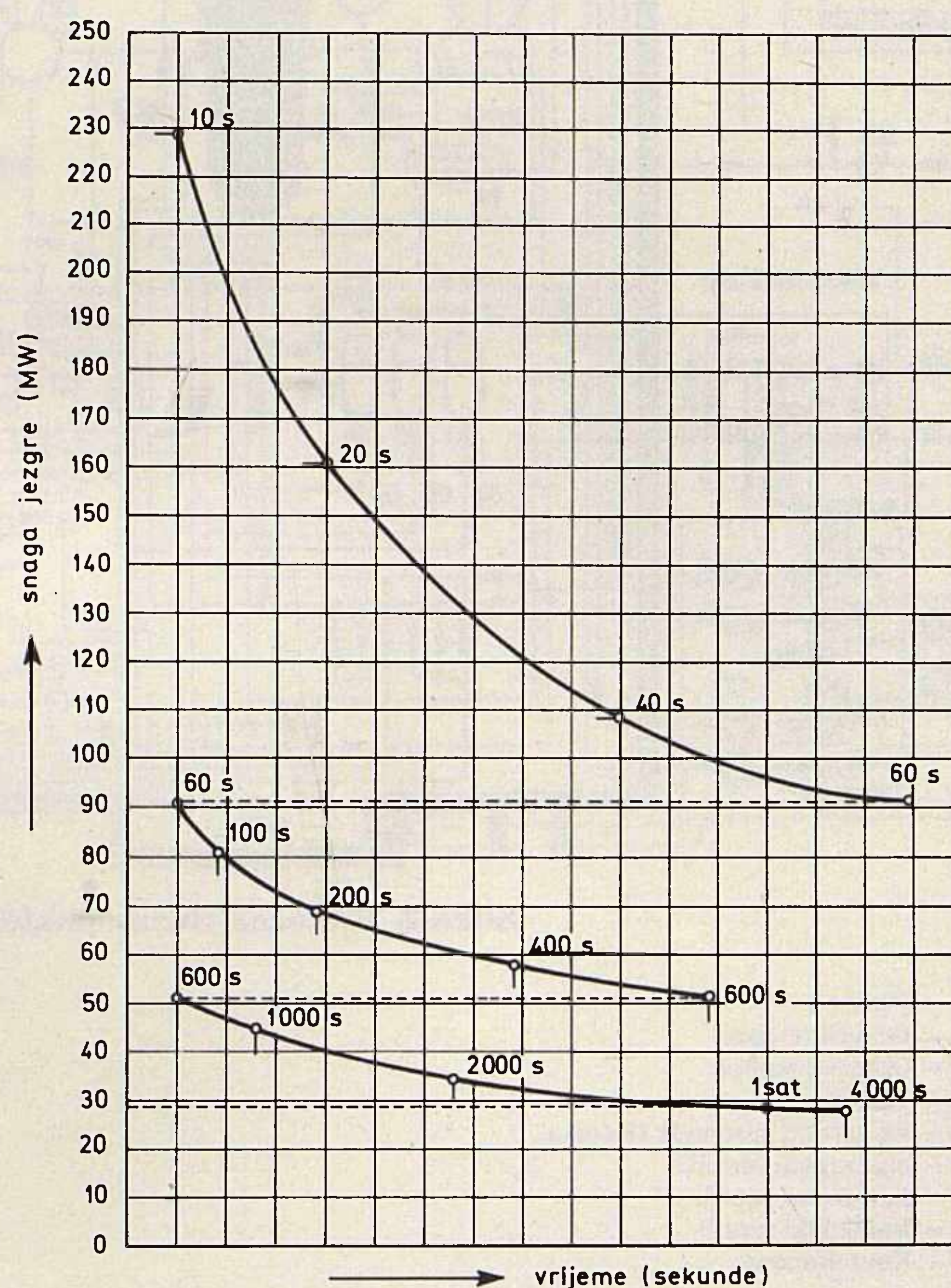
Klasični proces proizvodnje energije izgaranjem ostvaruje se vremenskim i prostornim usklađivanjem intimnog kontakta goriva i zraka (kisika) pri temperaturi koja odgovara održavanju kemijske reakcije. Kako je spremnik goriva prostorno odvojen od procesa pretvorbe, željeni prekid kemijske reakcije relativno je jednostavan jer najčešće zahtijeva ostvarenje bezenergetskog stanja koje, recimo, prekida dovoz goriva.

Drugačija je situacija u procesu nuklearnih reakcija. Ako se npr. promatra tlačnovodni reaktor, mogu se zapaziti mnoge specifičnosti:

- količina nuklearnog goriva koje se postavlja u jezgru reaktora odgovara proizvodnji energije u vremenskom periodu koji može biti duži i od jedne godine
- sva energija fisije ne oslobađa se trenutno, već se nastavlja i nakon prekida lančane reakcije (u slučaju NE Krško, sl. 1, nakon jedne minute reaktor ima snagu od 91,1974 MW koja potječe: iz raspada U-238 apsorpcijom neutrona-6,566 MW, od zaostalih fisija — 3,002 MW i od raspada fisijskih produkata — 81,606 MW)
- radioaktivnost fisijskih produkata je dugotrajna, te zahtijeva poseban tretman itd.

1.2. Općenito o sigurnosti i riziku

Velika opasnost za zdravlje stanovništva mogla bi se pojaviti u slučaju ispuštanja znatnoga dijela inventara radioaktivnog materijala koji se nalazi u reaktoru. Zato je gotovo univerzalna praksa da pri izdavanju dozvola i regulatornih postupaka upravni organi postavljaju stroge zahtjeve na projektiranje, izgradnju, pogon i lokaciju nuklearnih elektrana. Čine se maksimalni napori da se spriječe akcidenti opreznim

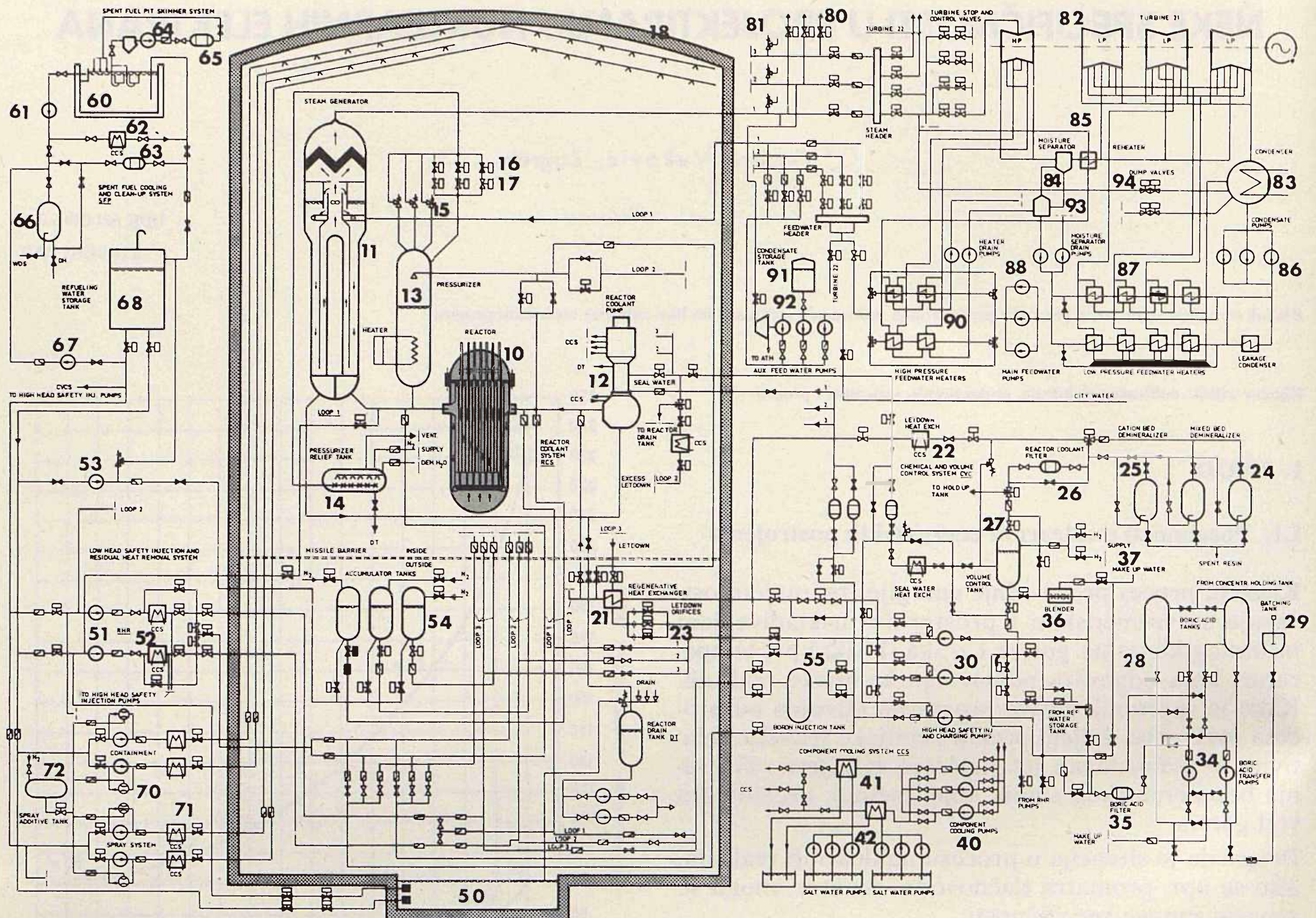


Slika 1. Ostatna toplina NEK-reaktora u ovisnosti o vremenu nakon obustave. Vrijednosti se odnose na jezgru sa 3 zone ozračivane na punoj snazi u trajanju od 8 000, 1 600 odnosno 2 400 sati i 4% negativne reaktivnosti u obustavi.

i konzervativnim projektiranjem i ugradnjom samo najkvalitetnijih komponenata. Za abnormalne uvjete i hipotetičke događaje, koriste se svestrane analize i veliki koeficijenti sigurnosti. Visokopouzdana zaštita i sigurnosni sistemi garantiraju savlađivanje tranzijenata u pretpostavljenim kvarovima ili zbog greške operatora, obustavom reaktora i kontinuiranim odvođenjem ostatne topline. No, i uza sve mjere opreza niti za jedan tehnički uređaj se ne može tvrditi da je apsolutno siguran. Potencijalni rizik uvijek postoji,

jer je tehnika proizvod čovjeka, a čovjek upravlja i zaštitnim sistemima. Znanje čovjeka nije apsolutno, a primoran je činiti i kompromise. Rizici koji proizlaze iz znanstvenih i tehničkih analiza ne moraju biti

prihvaćeni politikom društva (cijena). Unatoč svemu, na kraju u principu jednostavno postrojenje postaje dosta složeno čak i na pojednostavnjenoj protočnoj shemi (sl. 2).



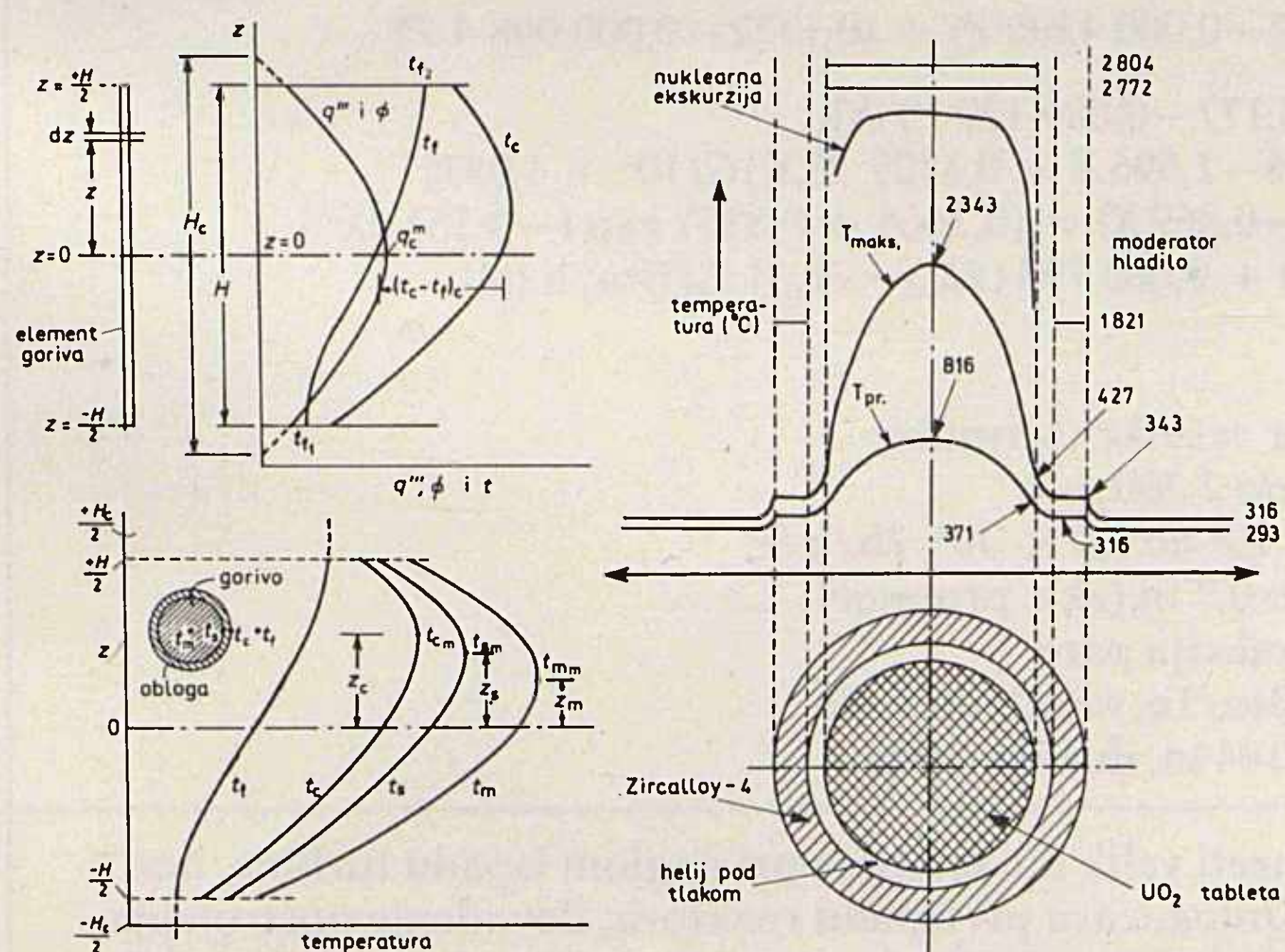
Slika 2. Protočna shema nuklearne elektrane sa 3 optočna kruga

- | | |
|--|--|
| 10 — Reaktor | 55 — Spremnik za injektiranje borne kiseline |
| 11 — Generator pare | 60 — Bazen za istrošeno gorivo |
| 12 — Optočna pumpa | 61 — Pumpa za hlađenje bazena |
| 13 — Tlačnik | 62 — Hladnjak bazena za gorivo |
| 14 — Rasteretni spremnik tlačnika | 63 — Filter optočne vode |
| 15 — Sigurnosni ventili | 64 — Pumpa za obiranje bazena |
| 16 — Rasteretni ventili | 65 — Filter pumpe za obiranje |
| 17 — Izolacijski ventili | 66 — Ionski izmjenjivač |
| 18 — Konteinment | 67 — Pumpa za prebacivanje vode |
| | 68 — Spremnik vode za izmjenu goriva |
| 21 — Regenerativni izmjenjivač topline | |
| 22 — Hladnjak oduzimne vode | |
| 23 — Oduzimne prigušnice | |
| 24 — Miješani ionski izmjenjivač | |
| 25 — Kationski ionski izmjenjivač | |
| 26 — Filter reaktorskog hladila | |
| 27 — Posuda volumne kontrole | |
| 28 — Spremnici borove kiseline | |
| 29 — Otapanje kristalne borove kiseline | |
| 30 — Pumpe za punjenje — dodavanje | |
| 34 — Pumpe za borovu kiselinu | |
| 35 — Filter borne kiseline | |
| 36 — Miješanje kiseline i vode | |
| 37 — Reaktorska dodatna voda | |
| 40 — Cirkulacijske pumpe za hlađenje nuklearnih komponenta | |
| 41 — Izmjenjivači topline | |
| 42 — Pumpe otvorenog sistema za bitna hlađenja | |
| 50 — Slivnik kotejnmenta | |
| 51 — Cirkulacijske pumpe za odvod ostatne topline | |
| 52 — Izmjenjivači topline za odvod ostatne topline | |
| 53 — Pumpa za punjenje tlačnih akumulatora | |
| 54 — Tlačni akumulatori sa boriranom vodom | |
| | 80 — Izolacijski ventili parovoda |
| | 81 — Sigurnosni ventili generatora pare |
| | 82 — Parna turbina |
| | 83 — Kondenzator |
| | 84 — Odvajači vlage |
| | 85 — Medupregrijač |
| | 86 — Pumpe kondenzata |
| | 87 — Grijači povratnog kondenzata |
| | 88 — Napojne pumpe |
| | 90 — Visokotlačni zaprijači napojne vode |
| | 91 — Spremnik kondenzata |
| | 92 — Sigurnosne napojne pumpe |
| | 93 — Spremnik odvajača kondenzata |
| | 94 — Obilazni, prigušni ventili |

2. NEKE KARAKTERISTIKE TLAČNOVODNOG ENERGETSKOG REAKTORA

Toplina koja se generira u reaktoru uglavnom ovisi o neutronsom fluksu. U stacionarnom stanju, uz određeni protok hladila, uspostavlja se ona temperatura goriva koja rezultira iz uravnoteženog stanja generirane i odvedene topline. Proces proizvodnje i prijenosa topline u reaktoru se vjerojatno najviše karakterizira činjenicom da je odgovarajuća proizvodnja energije i brzina odvođenja topline u danoj jezgri reaktora više ograničena temperaturnim nego nuklearnim obzirima. Ne postoji ograničenje za razinu neutronske fluksa koji se može postići u jezgri reaktora, ali se proizvedena energija mora odvoditi. Reaktor može raditi na takvoj razini snage da raspoloživi sistem za odvod topline na bilo kojem mjestu u reaktoru i u bilo kojim okolnostima može održati temperature ispod specificiranih sigurnosnih granica. Granične temperature goriva ovise o vrsti reaktora i o vrsti goriva (U-metal, UO_2 , UC) i najčešće se određuju na osnovi metalurških osobina.

Kod vodom hlađenih reaktora gorivo je zaštićeno od mogućnosti kemijske interakcije hladilom, a osim toga sprečava se kontakt fisijskih produkata s hladilom. Inače fisijski produkti moraju ostati u gorivu u svim uvjetima rada reaktora jer se to smatra prvom preprekom za njihov bijeg. Postoje gornje granice temperature goriva i obloge te je prihvaćeno načelo projektiranja da se integritet obloge mora održati u svim mogućim pogonskim uvjetima. Kako ekspanzija goriva koje se tali može razoriti oblogu, bitan je projektni kriterij da se gorivo ne smije taliti. Talište UO_2 zavisi o odgoru (stupanj izgaranja), odnosno o frakciji fisibilnih atoma koji se podvrgavaju fisiji, a općenito je talište komercijalnog UO_2 2760 do 2816°C, dok je najviša temperatura reaktora koji troši UO_2 nešto ispod 2482°C. Na desnoj strani slike 3. prikazan je temperaturni profil šipke goriva jednog reaktora izvedbe Westinghousea.



Slika 3. Aksijalni i radijalni temperaturni profili kroz šipku goriva: (ϕ = neutronske fluks, (i) = entalpija hladila, (q''') = jačina volumetrijskog toplinskog fluksa, (t_i) = temperatura hladila, (t_c) = temperatura obloge goriva, (t_s) = temperatura na površini goriva, (t_m) = temperatura u središtu šipke goriva

Brzina raspadanja goriva odnosno proizvodnje topline po jedinici volumena (izdašnost toplinskog izvora) na lokaciji s u jezgri reaktora iznosi

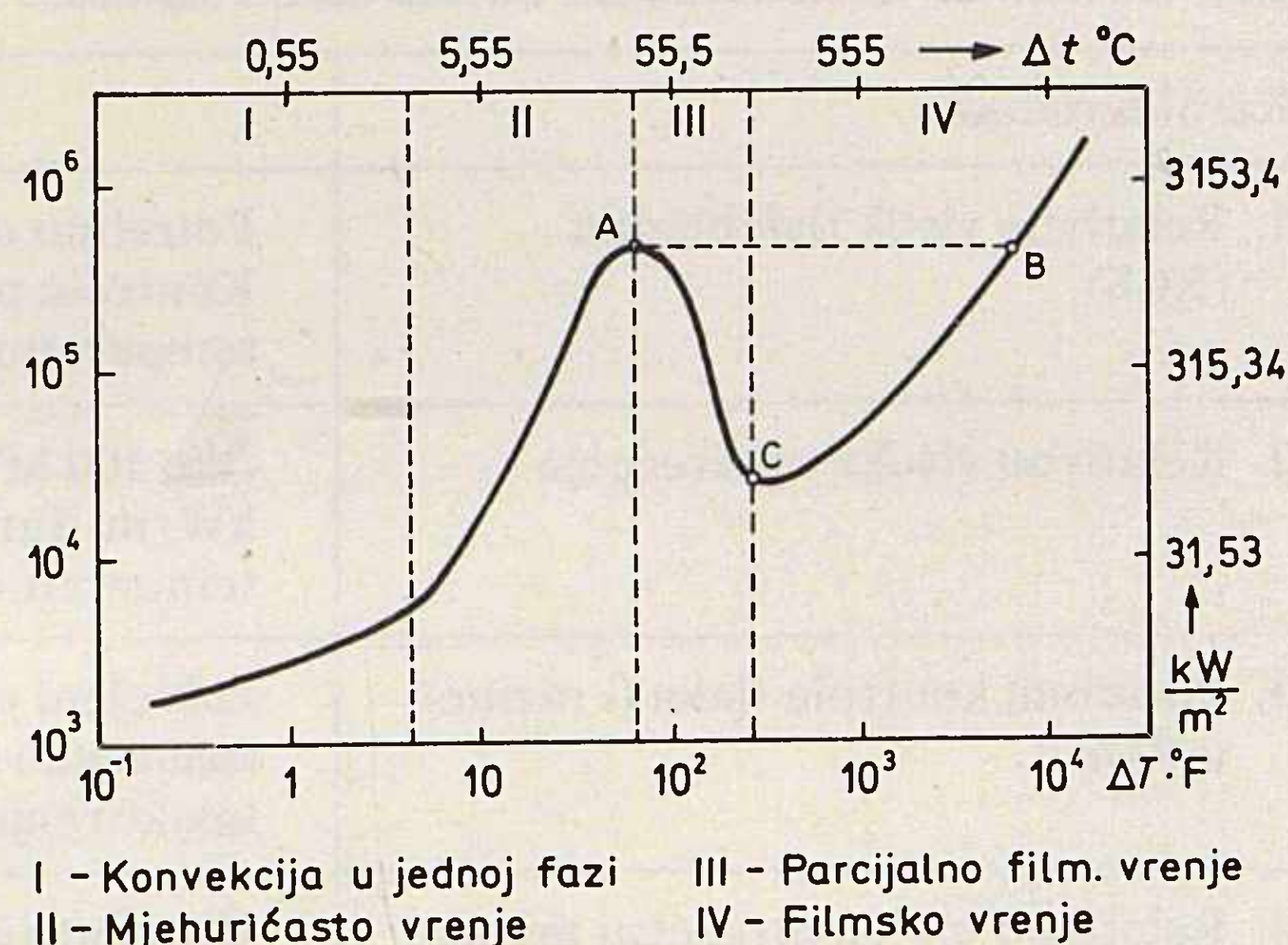
$$q'''(s) = Ed \int_0^\infty \Sigma_f(E) \phi(s, E) dE \text{ [MeV/cm}^3\text{]}$$

gdje je

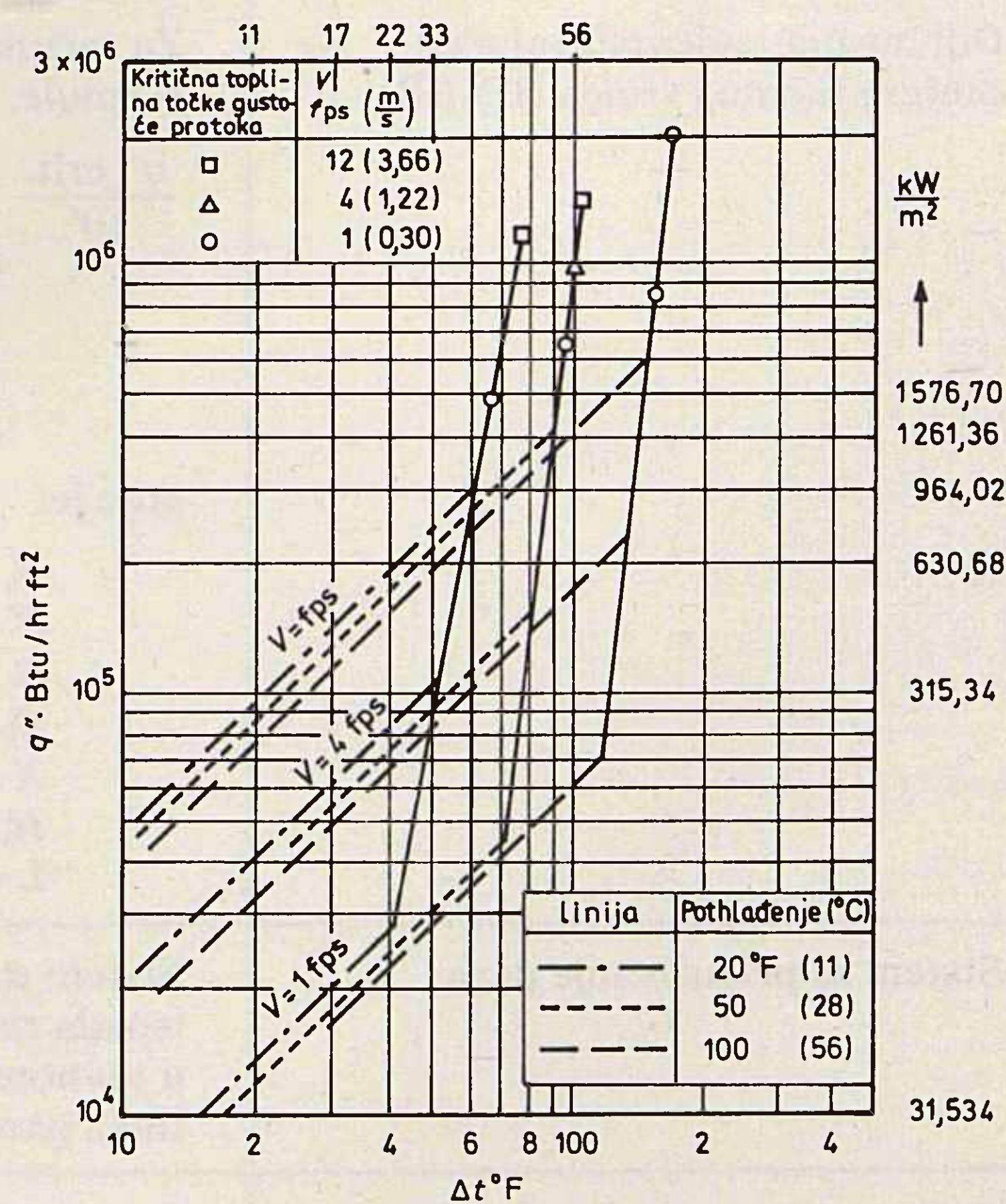
- Ed — energija deponirana u gorivu u točki, po jednoj fisiji;
- $E_{fs}(E)$ — makroskopski poprečni presjek goriva za fisiju;
- $\phi(s, E)$ — neutronske tok ovisan o poziciji i energiji neutrona.

Na slici 4. a prikazana je ovisnost toplinskog toka q'' kW/m² o razlici temperature stijenke i hladila. Inače su uobičajene oznake za:

- linearnu snagu q' [kW/cm]
- toplinski tok q'' [kW/cm²] i
- energetske gustoću q''' [kW/cm³]



Slika 4. a. Ovisnost toplinskog fluksa o razlici temperature stijenke i hladila



Slika 4. b. Toplinski fluks u prinudnoj konvekciji i kod mehuričastog vrenja u funkciji brzine, pothlađenja i razlike temperature

a odnos među njima (cilindrični element goriva radijusa r) jest:

$$q' = r\pi q'' = r^2\pi q'''.$$

Zbog visoko opterećenih ogrjevnih površina (goriva) tlačnovodnih reaktora prijelaz topline se mora odvijati u dvofaznom stanju optočnog medija, odnosno u području mjehuričastog vrenja (područje II, sl. 4. a), gdje je razlika temperature stijenke i optočne vode i nekoliko desetaka stupnjeva, te mogući toplinski tokovi i preko 1 000 kW/m². Pri tome, ako je temperatura u masi vode manja od temperature zasićenja (kod postojećeg tlaka), mjehurići zahvaćeni strujom vode kondenziraju, pa se govori o pothlađenom mjehuričastom vrenju ili lokalnom vrenju. Ako (ili kada) temperatura mase vode ima temperaturu zasi-

ćenja, mjehurići pare ostaju u struji vode, te se govori o zasićenom vrenju ili vrenju u masi. U svakom slučaju, mjehuričasta vrenja omogućuju efikasniji prijenos topline. Međutim, temperatura stijenke može se povećavati smao dotle dok se povećava i toplinski tok. Čim se porast toplinskog toka zaustavi, odnosno parni mjehurići uz stijenku nestaju i počinju formirati djelomično film vodene pare (početak parcijalnog filmskog vrenja, točka A na sl. 4. a) daljnje povećavanje opterećenja ogrjevne površine i porast njezine temperature treba spriječiti. U protivnom može doći do pregaranja stijenke, jer je generiranje topline veće od njezina odvođenja. Ovaj najviši toplinski tok (prijelaz iz mjehuričastog u parcijalno filmsko vrenje) zove se kritičan toplinski tok (q''_c). Stvarni toplinski tok treba ograničiti na nižu vrijednost (q''_g), pa je omjer

Tablica 1. Neke od karakteristika tlačnovodnih reaktora

Karakteristika	Komentar
1. Relativno visok tlak hladila (RCS)	Potrebno oko 16 MPa radi prijenosa topline. Debele stijenke posude. Kontrola posljedica ozračivanja materijala. Kontrola brzine promjene temperatura.
2. Relativno visoka opterećenja	Oko 100 MW/m ³ . Toplinski tok do 1 500 kW/m ² . Linearna snaga do 50 kW/m. Tanke šipke goriva da se ostvari oko 4 cm ² /cm ³ i prihvatljiva temperatura goriva.
3. Potrebna kontrola tlaka (i razine) u RCS	Izdvojeni tlačnik s električnim grijačima da se održi tlak iznad tlaka zasićenja i da se kontrolira inventar hladila (razina). Snižavanje tlaka injektiranjem hladnije vode. Program inventara u funkciji opterećenja.
4. Relativno malen prosječni prirast temperature hladila	Distribucija neutronske (toplinske) toke u aksijalnom i radijalnom smjeru utječe i na raspodjelu temperatura u jezgri. Ograničenje izlazne temperature smanjuje temperaturnu razinu ako se razlika temperature povećava.
5. Održavanje zadovoljavajućeg omjera kriznog vrenja (DNBR)	Za računanje kritičnog toplinskog toka postoje teorijsko-empirijske formule. Relacija Tonga ima oblik: $\frac{q''_{crit.}}{10^6} = \{ (2,022 - 0,000\,4302\,P) + (0,1722 - 0,000\,098\,4\,P) \times \exp(18,177 - 0,004\,129\,P)\,X \} \times [(0,1484 - 1,596\,X + 0,1729\,X^2)G/10^6 + 1,037] \times (1,157 - 0,869\,X) \times [0,2664 + 0,8357\,\exp(-3,151\,De)] \times [0,8258 + 0,000\,794\,(H_{sat} - H_{in})]\,F_s[Btu/h\,ft^2]$ gdje je: F_s = faktor rešetke (formula) P = 1 000 do 2 300 psia G = 1,0 × 10⁶ do 5,0 × 10⁶, lb/h ft² De = 0,2 do 0,7 in (ekv. promjer) X ≤ 0,15 frakcija pare H_{in} ≥ 400 Btu/lb, entalpija vode L = 10 do 144 in, dužina šipke
6. Sistem za prigušivanje pare	Sistem može preuzeti velik dio energije pri naglom ispadu turbine, bez ispada reaktora. Omogućava pri ispadu reaktora, dovodenje postrojenja u ravnotežno stanje bez otvaranja sigurnosnih ventila. Dopušta kontrolu tlaka pare pri startu i obustavi postrojenja (kontrola temperature).
7. Generatori pare	Generatori pare PWR sistema su komponente čija izvedba nema konačno rješenje, a čini se da je glavni problem visoko termohidrauličko opterećenje cijevnog snopa.

$\frac{q''_c}{q''_g} > 1$ i označava se sa

DNBR prema engleskom **D**eporture from **N**ucleate **B**oiling **R**atio (omjer pri prestanku mjehuričastog vrenja).

Proces prijenosa topline kod mjehuričastog vrenja uz stijenku (eksperiment McAdamsa i dr.), pri različitim okolnostima i pod tlakom od 206,8 do 620,5 kPa prikazan je na slici 4. b. Kritični toplinski tokovi označeni su sa $\square$, Δ i $\circ$.

Još neke karakteristične pojedinosti tlačnovodnih reaktora dane su u tablici 1.

3. PRISTUP PROJEKTIRANJU REAKTORSKIH POSTROJENJA

3.1. Opća načela projektiranja

Fenomen stalne prisutnosti radioaktivnog materijala zahtijeva da se taj materijal (koliko je god praktički moguće) stalno zadržava pod kontrolom, zatvoren.

Nuklearna postrojenja se zato projektiraju na ideji **mногоstrukih barijera** protiv bijega radioaktivnog materijala (tablica 2) i na više razina sigurnosti; od-

nosno, iza svake barijere stoje tri razine sigurnosti koje osiguravaju obranu po dubini za svaku barijeru. Još je US AEC ove razine definirala posebnim pravilima i to:

Prva razina sigurnosti

Pravilo: »Projekt za maksimum sigurnosti u normalnom pogonu i maksimum snošljivosti za kvar u sistemu. Sadržaj projekta treba dati prednost sigurnom pogonu te naglasiti kvalitetu, redundantnost, inspektibilnost i testibilnost od perioda prije nego se prihvati komercijalni pogon pa kroz cijeli životni vijek postrojenja.«

Drugim riječima već sam projekt treba osigurati, npr.:

- da reaktor ima promptno negativan temperaturni koeficijent i negativan koeficijent praznina
- da se samo materijali čija su svojstva dobro poznata i koji su stabilni u radnim uvjetima (uključivši izloženost zračenju) koriste za gorivo, hladilo i ostale glavne i sigurnosne sisteme
- instrumentacija i kontrola osigurava operatorima pregled i uvid (informacije) u status postrojenja u svakom trenutku, da je dovoljno redundantna i testibilna i da automatski djeluje zaštitno u slučaju pouzdanog znaka opasnosti

Tablica 2. Barijere protiv bijega radioaktivnog materijala

Barijera	Komentar
Gorivo, sinterirane keramičke tablete (UO ₂)	Visokoionizirani fisijski fragmenti (osim onih nastalih blizu površine) zaustave se unutar goriva. Međutim, zatim nastali plinovi, kao što su izotopi joda i plemeniti ksenon i kripton, podliježu difuziji te mogu pobjeći iz goriva u zazor. Radi rekristalizacije UO ₂ iznad 1673 °C iz tableta može pobjeći 50 do 100% plinova, a pri taljenju svi.
Obloga gorja (Zircaloy)	Da ne pobjegnu plinoviti fisijski produkti i zatvoreni fragmenti fisije emitirani pri površini tablete, gorivo je složeno u cjevčice. Zazor je napunjen helijem pod tlakom od 35 kp/cm ² , da bi pri kraju ciklusa narastao tlak do 140 kp/cm ² . Karakteristične su temperature: prag reakcije Zr-H ₂ O:982 °C, ubrzana reakcija:1 260 °C i taljenje obloge: 1 857 °C.
Zatvoreni sistem hladila (RCS)	Eventualno pobjegli fisijski produkti iz goriva, aktivirani atomi pokupljeni hladilom te aktivirani samim hladilom zatvoreni su u optočnim krugovima. Osim toga, hladilo se ionskom izmjenom kontinuirano pročišćava (dekontiminira).
Posuda reaktora (RV)	Kao izvor i neposredna barijera ispuštanju radioaktivnog materijala projektira se, proizvodi i testira u skladu s najstrožim standardima kvalitete i pouzdanosti (ASME, Sec. III).
Kontejnment	Zatvara cjelokupno reaktorsko postrojenje radi zadržavanja radioaktivnog materijala i/ili pare, pri oštećenju sistema reaktorskog hladila. Omogućava kontrolu tlaka, temperature i aktivnosti unutar vlastitog prostora za vrijeme normalnog pogona i u akcidentnim uvjetima.
Lokacija postrojenja	Smješta se dalje od velikih naseljenih mjesta i u području malih vjerojatnosti nastanka prirodnih fenomena (potres, poplava itd.).
Evakuacija	Dobro organizirana evakuacija je konačna zaštita ljudstva u slučaju da fizičke barijere ne bi na zadovoljavajući način izvršile svoje funkcije.

- da ugrađena oprema i sistemi udovoljavaju najvišim standardima inženjerske prakse i
- da komponente budu projektirane i ugrađene na način koji dopušta neprekidan ili periodički pregled ili nadzor na znakove istrošenosti.

Druga razina sigurnosti

Pravilo: »Pretpostaviti incidente koji će nastati usprkos pažljivom projektiranju, gradnji i pogonu. Predvidjeti sigurnosne sisteme da zaštite operatore i stanovništvo i da spriječe ili minimiziraju posljedice (druga oštećenja) kada takvi incidenti nastupe.«

To, recimo, znači:

- da reaktor treba biti opskrbljen sistemom za hlađenje jezgre u opasnosti kako bi se spriječilo taljenje goriva i bijeg produkata fisije zbog gubitka hladila i zagrijavanja
- da reaktor treba imati redundantnu sposobnost za brzo gašenje u slučaju da se neke od kontrolnih šipki, iz bilo kojih razloga, ne mogu ubaciti u jezgru;
- da postrojenje treba biti opskrbljeno izvorima energije nezavisnim od rada reaktora da bi se osigurao rad bitnih sigurnosnih sistema, odnosno energija za kontinuirani rad instrumentacije i kontrole. Takvi izvori energije uključuju dva fizički odvojena vanjska izvora i dva nezavisna i odvojena vlastita izvora energije koji imaju brzi start, a pokreću se redundantnim dizel motorima.

Treća razina sigurnosti

Pravilo: »Predvidjeti odgovarajuće dodatne sisteme sigurnosti koji se baziraju na procjeni efekata hipotetičkih akcidenata, gdje se pretpostavlja da se neki zaštitni sistem pokvari istovremeno s akcidentom koji treba kontrolirati.«

Treća razina sigurnosti dopunjava prve dvije, dodajući stupanj sigurnosti u slučaju ekstremno hipotetičkih događaja, kakav je npr. **Design Basis Accident (DBA)** ili prerez najvećeg cjevovoda u optoku reaktorskog hladila.

Konkretno, pristup projektiranju, utvrđen je u US NRC (Nuclear Regulatory Commission), Code of Federal Regulations, 10 CFR 50, Appendix A, General Design Criteria for Nuclear Power Plants (opća načela za projektiranje nuklearnih energetske postrojenja), gdje su navedeni minimalni zahtjevi u obliku načela za projektiranje, grupirani u 6 grupa, i to:

- I. Opći zahtjevi
- II. Zaštita višestrukim barijerama za fisijske produkte
- III. Zaštita i sistemi kontrole reaktivnosti
- IV. Fluidi sistemi
- V. Reaktorski kontejnment
- VI. Gorivo i kontrola reaktivnosti.

Radi primjera iz svake grupe navodi se po jedno načelo kako slijedi:

I-1. Standardi kvaliteta i dokumentacija. Građevine, sistemi i komponente važne za sigurnost imaju se projektirati, proizvoditi, ugraditi i testirati prema standardima kvalitete koji odgovaraju važnosti sigurnosnih funkcija koje treba da obavljaju. Gdje se primjenjuju općenito preporučena pravila i standardi, oni se moraju identificirati i ocijeniti da se odredi njihova primjenljivost, adekvatnost i zadovoljivost, a trebaju se i dopuniti i izmijeniti ako je potrebno da se osigura kvalitetan proizvod u smislu zahtijevane sigurnosne funkcije. Treba utvrditi program osiguranja kvalitete i ispuniti ga da bi se zadovoljili navedeni zahtjevi. Pripadajuća projektna dokumentacija te dokumentacija o proizvodnji, gradnji i testiranju građevina, sistema i komponenata važnih za sigurnost, treba biti pod kontrolom nosioca dozvole za nuklearno energetske postrojenje u toku cijelog životnog vijeka.

II-13. Instrumentacija i kontrola. Instrumentacija treba osigurati pregled varijabli i sistema preko njihovih pretpostavljenih područja u normalnom pogonu, u predviđenim pogonskim događajima **te u akcidentalnim uvjetima primjereno dobivanju adekvatne sigurnosti**, uključivši i one varijable i sisteme koji mogu utjecati na proces fisije, na integritet jezgre reaktora, na tlačnu granicu sistema reaktorskog hladila, te kontejnment i pripadne mu sisteme. Primjerena kontrola ima se osigurati za održavanje ovih varijabli i sistema unutar propisanih pogonskih područja.

III-23. Stanja u kvaru zaštitnog sistema. Zaštitni sistem ima se tako projektirati da u slučaju kvara ostane u sigurnom stanju ili u stanju koje se čini najprihvatljivijim u razmatranju nekih drugih definiranih osnova ako dođe do isključenja sistema, gubitka energije (npr. električne struje ili instrument zraka) ili **nepodnošljivosti okoline** (npr. ekstremnog zagrijavanja, ili hlađenja, požara, tlaka, pare, vode i radijacije).

IV-34. Odvod ostatne topline. Treba osigurati sistem za odvod ostatne topline. **Sigurnosna funkcija sistema treba biti prijenos** topline raspada fisijskih produkata i ostale ostatne topline iz jezgre reaktora takvom brzinom da propisana prihvatljiva projektna ograničenja za gorivo i projektni uvjeti za tlačnu granicu reaktorskog hladila ne budu povrijeđeni.

V-53. Mogućnost testiranja i inspekcije reaktorskog kontejnmenta. Reaktorski kontejnment treba projektirati tako da se dozvoli potrebna periodička inspekcija svih važnijih područja kao što su prodori, zatim da se osigura primjerni nadzorni program i periodičko testiranje na nazivnom tlaku kontejnmenta, propusnost prodora koji imaju elastično brtvljenje ili dilatacijsko brtvljenje.

VI-62. Sprječavanje kritičnosti pri odlaganju i rukovanju gorivom. Kritičnost u sistemu za odlaganje i manipulaciju gorivom ima se spriječiti fizičkim sistemom ili procesom, pri čemu treba dati prednost primjeni geometrijski sigurnog razmještaja.

3.2. Načela nuklearne sigurnosti za projektiranje stacionarnih PWR postrojenja prema American Nuclear Standardu

Smjernice ovog standarda što ga je odobrio American National Standards Institute, Inc. (NASI/ANS — 51.1 — 1983) predstavljaju usuglašen opseg i odredbe koje trebaju služiti svim sudionicima u aktinostima pri projektiranju i gradnji nuklearnih postrojenja. Budući da su članovi udruženja The American Nuclear Society, odnosno njegova odbora za standarde, ujedno i članovi mnogih profesionalnih organizacija i/ili udruženja za projektiranje, proizvodnju, gradnju, eksploataciju i mnoge druge usluge u navedenim aktivnostima (pa i sama U. S. NRC), ovi se standardi mogu uzeti kao jedna od bitnih regulativa. Zahtjevi ovih standarda dosta su konkretni i pojačavaju načela 10 CFR 50, App. A (U.S. NRC). Na taj se način bolje definira postojeća praksa, koja je usklađena s licenčnim zahtjevima U.S. NRC pripadajućim industrijskim pravilima i dobrom inženjerskom praksom.*

3.2.1. Opći pristup, pogonska stanja postrojenja i načela nuklearne sigurnosti

Projektiranje nuklearnih postrojenja zahtijeva objedinjavanje brojnih interdisciplinarnih razmatranja da bi se osigurala primjena načela nuklearne sigurnosti (njihova identifikacija i ispunjenje).

Spektar normalnih i vanrednih pogonskih događaja — slučajeva (Plant Conditions, PC) i odgovarajući kriteriji za radiološke doze izvan elektrane identificiraju se u skladu s najboljom procjenom frekvencija stanja ili događaja (F) po reaktoru i godini (Rx. god.) i dijeli se u pet kategorija, kako slijedi:

Stanje postrojenja (PC)	Frekvencija F /Rx. god.	Kriterij za radiološku dozu
1	Normalan pogon	10 CFR 50, App. I
2	$F \geq 10^{-1}$	10 CFR 50, App. I
3	$10^{-1} > F \geq 10^{-2}$	10% 10 CFR 100
4	$10^{-2} > F \geq 10^{-4}$	25% 10 CFR 100
5	$10^{-4} > F \geq 10^{-6}$	100% 10 CFR 100

Slučajevi s najboljom procjenom frekvencija događaja $F < 10^{-6}$ /Rx. god. u projektiranju se ne razmatraju, ako neku posebnu kombinaciju ne zahtijeva regulatorni organ vlasti.

Za pogonska stanja PC-1 i PC-2 postrojenje se treba projektirati tako da stvarna doza zadovolji 10 CFR

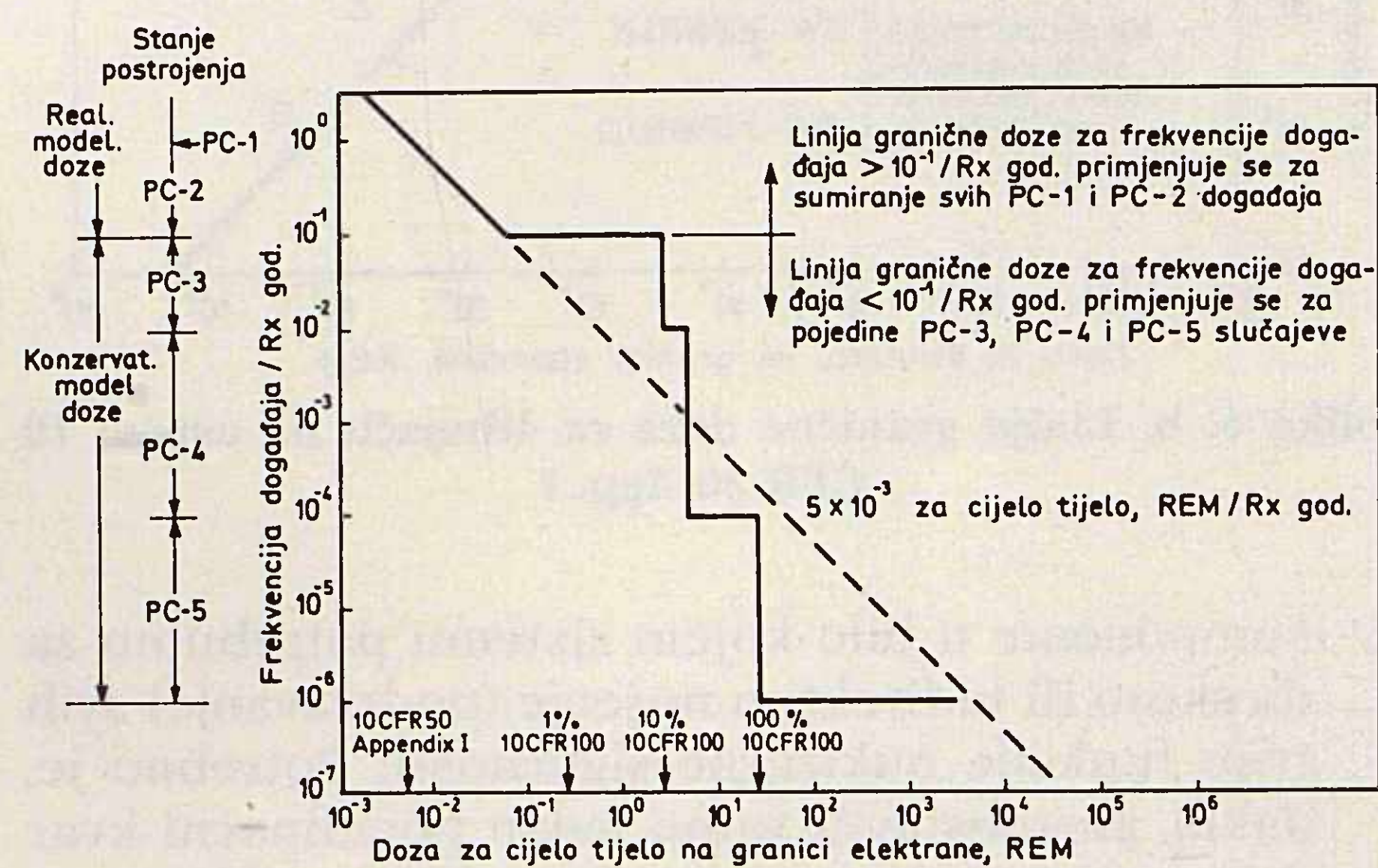
* **NUKLEARNI STANDARDI U SAD.** Standarde koji se odnose na nuklearne materijale i uređaje pripremaju mnoga tehnička udruženja i organizacije, uključivši i U.S. Department of Energy (DOE, Oakridge National Laboratory). Kada pripremljeni standard neko tehničko udruženje predloži Institutu za Američke nacionalne standarde (American National Standards Institute, ANSI) na razmatranje kao Američki nacionalni standard, oni ga označe sa ANSI standard broje, iako ti standardi mogu imati identifikaciju organizacije koja ga je izradila pa može biti vezan na tu organizaciju isto kao i na ANSI. Na primjer, ANSI/ASME, ANSI/IEEE, ANSI/ANS itd.

50, App. I, a to znači $5 \cdot 10^{-3}$ Rem/Rx. god. za cijelo tijelo pri frekvenciji 1 po reaktoru i godini (sl. 5. a i 5.b). Doze za relativno visoke frekvencije stanja zasnivaju se na realističkim analizama, a manje frekventni i hipotetički događaji (PC-3, PC-4 i PC-5) u projektu tretiraju se na osnovi razumnih konzervativnih analiza i za konkretnu lokaciju postrojenja. Radiološke doze se pri tome uzimaju kao postoci 10 CFR 100 (Reactor Site Criteria). Kao što se vidi i na slikama 5. a i 5. b te 6. a i 6. b, granične doze rastu s opadanjem frekvencije događaja (metoda konstantnog rizika), jer načela nuklearne sigurnosti i polaze od toga da normalan pogon nema nikakve posljedice za okolinu, a da ekstremne situacije (hipotetičke) s potencijalno najtežim posljedicama za stanovništvo moraju imati ekstremno niske frekvencije pojave (na slikama 6. a i 6. b, oznake $S_2C - \delta$ i $TW - \beta$ uzete su iz izvještaja WASH — 1 400 gdje je analizirana mala LOCA s pretlakom u kontejnmentu zbog greške).

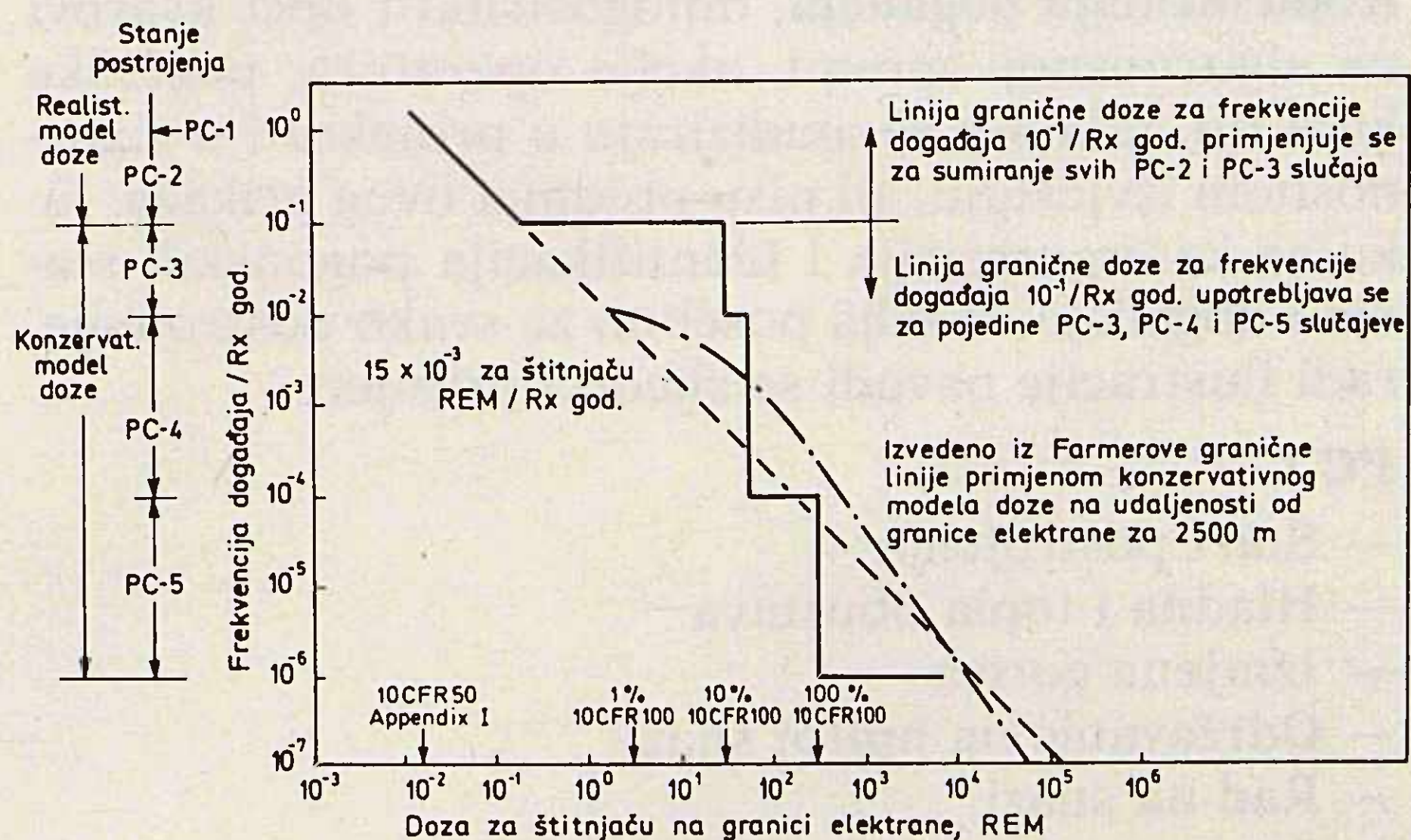
Pri projektiranju nuklearnih postrojenja treba uzeti u obzir još neka načela kao što je:

Načelo jednostrukog kvara. Ono zahtijeva da je postrojenje sposobno izvršiti:

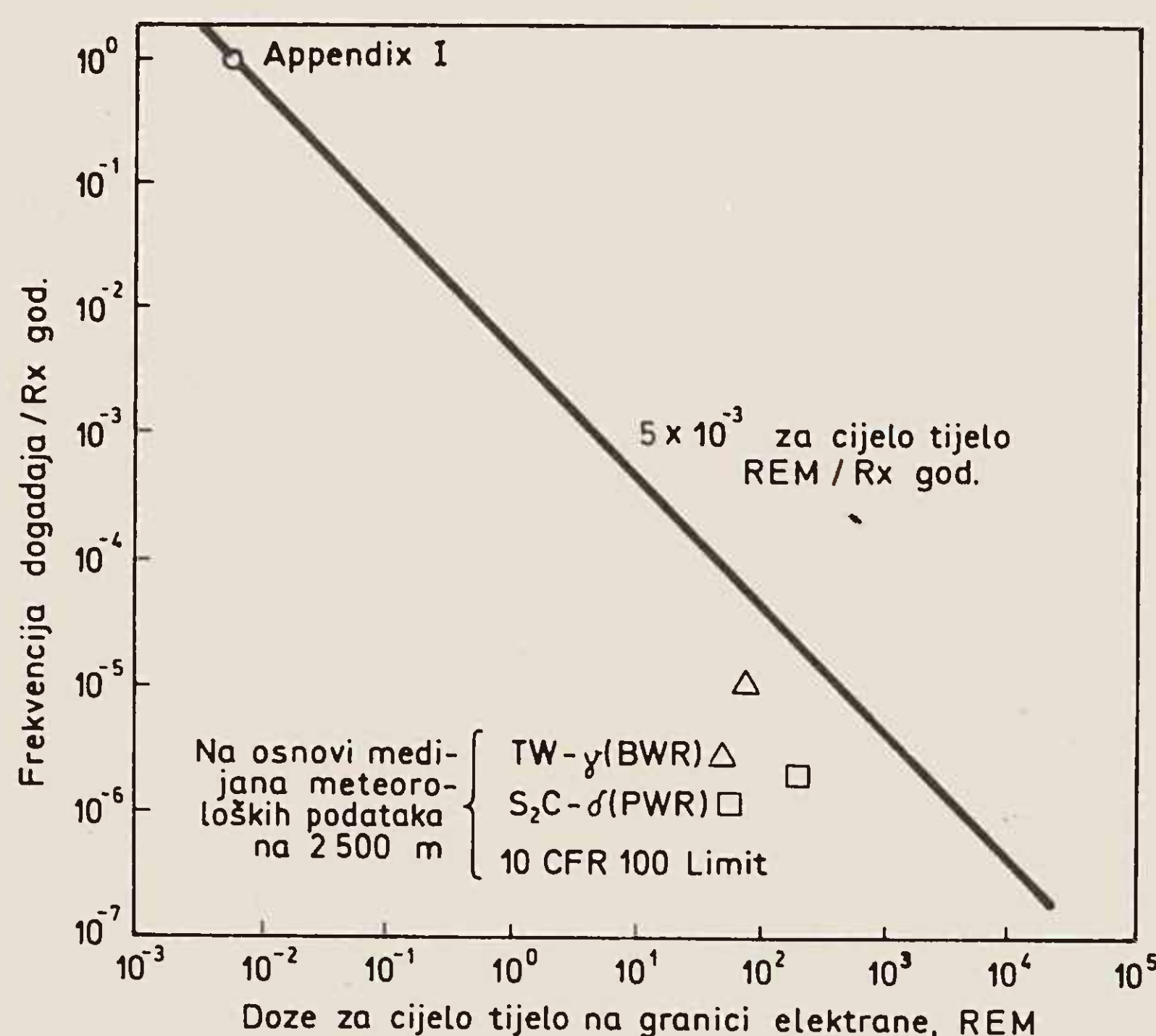
- kontrolu reaktivnosti jezgre u opasnosti
- odvođenje topline iz jezgre i iz kontejnmenta u slučaju nužde i
- izolaciju kontejnmenta i očuvanje njegova integriteta, te pročišćavanje njegove atmosfere pri datom inicirajućem događaju plus neovisni pojedinačni (jednostruki) kvar nuklearne sigurnosne



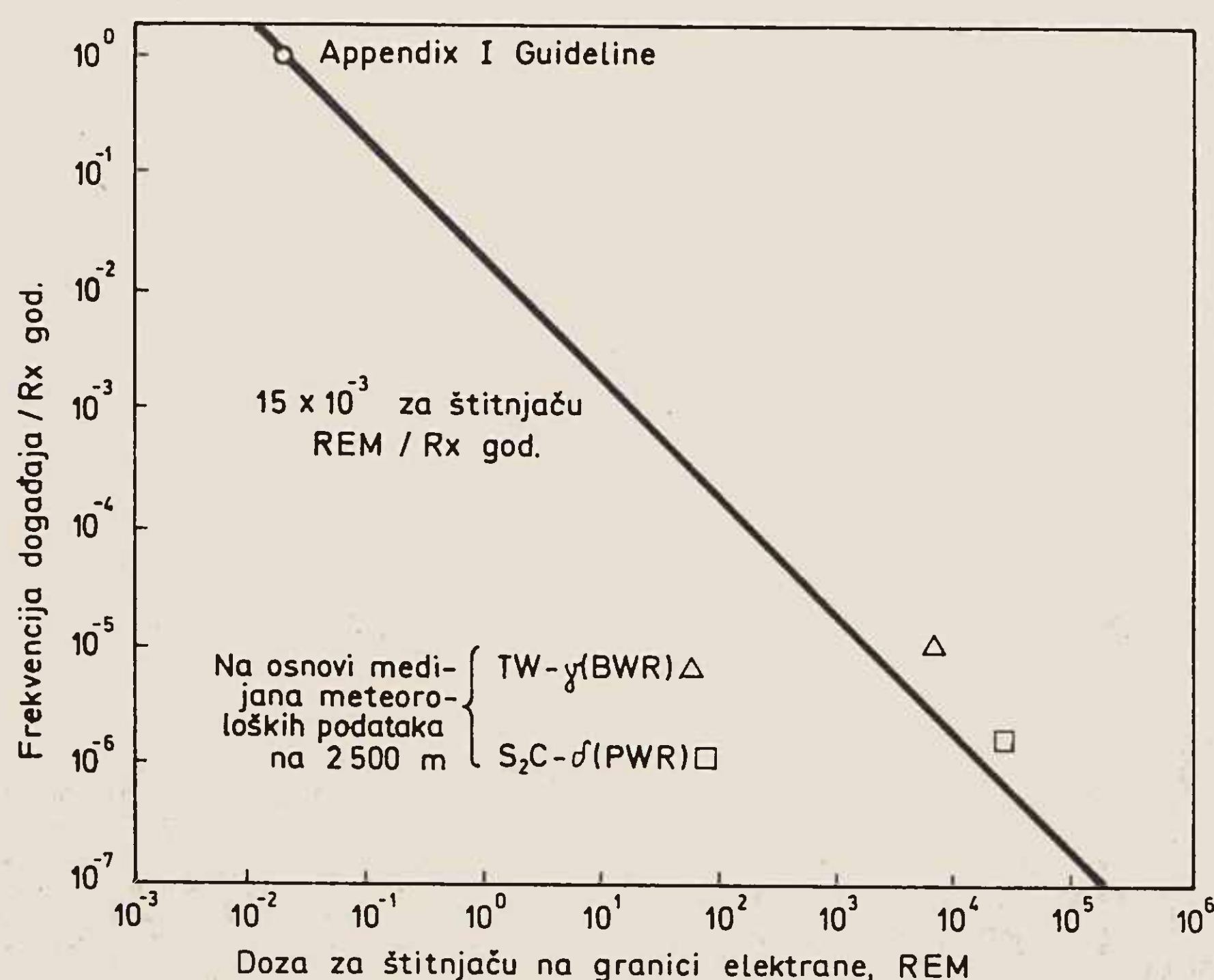
Slika 5. a. Linija granične doze za cijelo tijelo na granici elektrane



Slika 5. b. Linija granične doze za štitnjaču na granici elektrane



Slika 6. a. Linija granične doze za cijelo tijelo na osnovi 10 CFR 50 App. I



Slika 6. b. Linija granične doze za štitnjaču na osnovi 10 CFR 50 App. I

komponente u bilo kojem sistemu potrebnom za direktno ili indirektno nošenje (podržavanje) svih triju funkcija nuklearne sigurnosti. Potrebno je, dakle, pretpostaviti samo jedan pojedinačni kvar u sigurnosnoj opremi nuklearnog postrojenja za bilo koji inicijalni događaj.

Koincidencija događaja, mnogostruki i opći kvarovi na sigurnosnoj opremi, akcije operatora, pogreške ljudi itd. također se analiziraju u projektu i u sigurnosnom izvještaju, ali nisu predmet ovog prikaza. Iako se kategorizacija i identifikacija pogonskih stanja i događaja obavlja posebno za svako postrojenje, radi ilustracije navodi se sljedeći primjer:

PC-1

- Start postrojenja
- Hladna i topla obustava
- Izmjena goriva
- Održavanje na nultoj snazi
- Rad na snazi.

Za sva ta navedena stanja smatra se da su osigurani i pod kontrolom svi pogonski parametri (npr. tlak,

temperatura, vlažnost, radijacija), da su sva odstupanja unutar tehničkih specifikacija, da se postrojenje propisno čuva, održava i testira, da je eventualno curenje cijevi generatora pare unutar postavljenih granica itd.

PC-2

- Pogrešno izvlačenje grupe kontrolnih šipki
- Djelomični gubitak ili prekid protoka reaktorskog hladila (izuzimajući blokiranje rotora pumpe)
- Djelimičan gubitak hlađenja sigurnosne opreme ili prostora
- Pad kontrolne šipke
- Pad tlaka u sistemu reaktorskog hladila pogrešnim djelovanjem aktivne komponente (npr. otvaranje sigurnosnog ventila)
- Manje curenje RCS ili vezanog mu sistema, koje ne bi spriječilo normalnu obustavu reaktora
- Požar ograničen na jedan prostor
- Manje propuštanje sekundarnog sistema koje ne bi spriječilo normalnu obustavu reaktora
- Razlika u opterećenju reaktor-turbina, uključivši i ispad opterećenja, preopterećenja i ispad turbine
- Pogrešno razređivanje hladila (kemijskog apsorbira)
- Gubitak protoka rashladne vode
- Djelomičan gubitak grijanja napojne vode
- Ispad reaktora
- Pogrešno pokretanje sistema za hlađenje jezgre u nuždi
- Dekompresija RCS pogrešnim djelovanjem raspršivača u tlačniku
- Pojedinačna greška operatora
- Pojedinačni kvar u električnim sistemima
- Gubitak kompresora za zrak
- Ispad turbine
- Curenje cijevi generatora pare koje je veće od dozvoljenog tehničkim specifikacijama, ali manje od ekvivalenta puknuća cijele cijevi.

PC-3

- Curenje RCS koje ne bi spriječilo kontroliranu obustavu i ohlađivanje reaktora
- Curenje sekundarnog sistema koje ne bi spriječilo kontroliranu obustavu i ohlađivanje reaktora
- Gubitak vanjskog izmjeničnog napona uključivši smetnje u naponu i frekvenciji
- Pogon s pogrešno orijentiranim ili pogrešno smještenim snopom goriva
- Pogrešno izvlačenje bilo kojeg pojedinačnog kontrolnog snopa za vrijeme izmjene goriva
- Pogrešno pokretanje sistema za polijevanje kontejnmenta
- Manji akcident u manipulaciji s gorivom
- Postupni gubitak ili prekid (forsiranog) protoka reaktorskog hladila isključivši blokiranje rotora pumpe
- Puni lom jedne cijevi generatora pare.

PC-4

- Mali LOCA (akcident s gubitkom hladila)
- Pad snopa ozračenog goriva računajući samo snop koji je pao

- Curenje bazena za istrošeno (ozračeno) gorivo u količini većoj od mogućnosti normalnog dodavanja
- Blokiranje rotora pojedine pumpe reaktorskog hladila
- Bježanje reaktorskog hladila kroz više sigurnosnih ili rasteretnih ventila
- Pucanje bilo koje posude neseizmički (kategorije I) izvedene, a koja sadrži radioaktivni materijal
- Greška pri izvlačenju kontrolne šipke tako da se mogu prijeći ograničenja tehničkih specifikacija
- Pucanje cjevovoda srednje energije ili lom cjevovoda visoke energije izvan kontejnmenta, izuzev cjevovoda svježe pare ispred turbinskog zaustavnog ventila ili cjevovoda napojne vode iza kontrolnog ventila.

PC-5

- Veliki LOCA (gubitak hladila) do, i uključivši lom najvećeg cjevovoda u tlačnoj granici reaktorskog hladila
- Izbacivanje pojedine kontrolne šipke
- Lom velikog cjevovoda u sekundarnom sistemu do, i uključivši najveći cjevovod
- Pad snopa istrošenog goriva na druge snopove istrošenog goriva.

3.2.2. Klasifikacija opreme

Utvrđeni sistem klasifikacije opreme daje osnovu za određivanje relativne strogosti pojedinih zahtjeva koji se za opremu primjenjuju. Originalna oprema i ona za zamjenu (radi identifikacije) označava se u skladu s definiranim (ANS) standardom. Oprema se označuje prema jednoj od četiri klase (SC-1, SC-2, SC-3 ili NNS). Kada je označena sa SC-1, SC-2 ili SC-3, znači da je projektirana za obavljanje nuklearnih sigurnosnih funkcija i da mora zadovoljiti osnovne zahtjeve koji su u standardu definirani. Na tablici 3. prikazani su osnovni zahtjevi za opremu sigurnosne klase, dok je na tablici 4. prikazana veza pojedinih IEEE standarda s elektroopremom klase 1E.

3.2.2.1. Sigurnosna klasa 1

Sigurnosna klasa 1 (SC-1) mora se primijeniti za dijelove koji su pod tlakom i elemente za nošenje mehaničke opreme koja čini dio tlačne granice reaktorskog hladila, a čiji bi kvar mogao prouzročiti gubitak reaktorskog hladila u količini većoj nego je normalni kapacitet sistema za dodavanje reaktorskog hladila (Projektiranje prema American National Standard ASME Boiler and Pressure Vessel Code, Section III).

3.2.2.2. Sigurnosna klasa 2

Sigurnosna klasa 2 (SC-2) mora se primijeniti za dijelove pod tlakom i elemente za nošenje primarnog kontejnmenta, te za drugu mehaničku opremu za ko-

Tablica 3. Osnovni zahtjevi za opremu sigurnosne klase

Sigur. klasa	QA zahtjevi	Seizmički zahtjevi	Zahtjevi za uređaje pod tlakom	Zahtjevi za elektro opremu
SC-1	ANSI/ASME NQA-1-1979. i NRC 10 CFR 50 App. B, odnosno zahtjeva se QA program	seizmička kategorija	Po ASME Sec. III klasa 1	nije primjenjivo
SC-2			ASME Sec. III klasa II	
SC-3			ASME Sec. III klasa III	odgovarajući IEEE Klasa 1E
NNS	formalno bez QA programa za spec funkc. potrebni certifikati	prema odgovarajućem ANSI/ANS i/ili industrijskom standardu za specifičnu opremu		

Tablica 4. Standardi za sigurnosnu klasu 3 Elektrooprema (Klasa 1E)

Standard	Moduli	Senzori	Sistemi	Kablovi	Konektori	Sklopke	Transformatori	Dizel generatori	Baterije	Motori	Pokretači ventila	Penetracije	Kontrolne ploče	Komponente	Kotovni razvodi
IEEE-279			×												
IEEE-308			×												
IEEE-334										×					
IEEE-336			×												
IEEE-338															
IEEE-344	×	×		×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
IEEE-352			×												
IEEE-379			×												
IEEE-383				×											
IEEE-450									×						
IEEE-577			×												

ju vrijede zahtjevi ASME, Sec. III, a koja nije uključena u SC-1, a projektiranje i izvođenje se vrši za obavljanje sljedećih nuklearno-sigurnosnih funkcija:

- Barijera fisijskim produktima, odnosno zadržavanje ili izoliranje radioaktivnih materijala u primarnom kontejnmentu

- Osiguranje odvoda topline u nuždi iz atmosfere kontejnmenta u međutoplinski ponor, ili odvođenje radioaktivnog medija iz atmosfere kontejnmenta
- Uvođenje u nuždi negativne reaktivnosti radi održavanja potkritičnosti reaktora (BIS) ili reduciranje dodavanja pozitivne reaktivnosti preko opreme vezane na tlačnu granicu
- Hlađenje jezgre u nuždi direktnim uvođenjem hladila u jezgru (RHR i ECC)
- Održavanje dovoljnog inventara reaktorskog hladila za ECC (RWST).

3.2.2.3. Sigurnosna klasa 3

Sigurnosna klasa 3 (SC-3) mora se primijeniti za opremu koja nije uključena u SC-1 i SC-2, a obavlja sigurnosne funkcije navedene u ANS-51.1, točka 3.3.1.3. Klasa SC-3 odnosi se na opremu koja pomaže ili omogućava sigurnosne funkcije opreme SC-1 i SC-2, te obavljanje ostalih sigurnosnih funkcija opreme i personala.

3.2.2.4. Nenuklearna sigurnost

Oprema nenuklearne sigurnosne klase (NNS) mora se upotrijebiti za one dijelove sistema koji nisu uključeni u SC-1, SC-2 ili SC-3. Ova oprema nije u funkciji nuklearne sigurnosti direktno, ali se neka oprema izdvaja i u određenoj mjeri mora odgovarati indirektno sigurnosnim funkcijama. Odabrani zahtjevi utvrđuju se od slučaja do slučaja na bazi funkcija koje NNS oprema treba obavljati, kao što je npr. pregled nad zaštitnim i kontrolnim funkcijama te nad statusom SC-1, SC-2 ili SC-3 opreme u pogonu.

3.2.2.5. Međusobna povezanost sigurnosnih klasa i tlačni integritet fluidnih sistema

Ako kvar opreme sigurnosne ili nesigurnosne klase vezane na opremu sigurnosne klase može onemogućiti opremu sigurnosne klase u vršenju njezine funkcije nuklearne sigurnosti, između prethodne i posljednje opreme, mora se ugraditi posebna barijera ili izolacijski uređaj. Kod mehaničke opreme to su, uzimimo, membrane (npr. cijevi izmjenjivača topline, mijehovi, klipovi, posebne brtve, slijepe priрубnice ili prigušnice) koje čine odvajanje tlačne granice od opreme vezane na nju, ili opreme različitih klasa, međusobno. Na slici 7. prikazan je niz pojedinih slučajeva koji se ovdje neće detaljnije komentirati. Pri tome su bitna neka načela kao što su:

- Izolacijski uređaj koji veže opremu SC ili NNS fluidnog sistema s drugom opremom sigurnosne klase mora biti sposoban ograničiti gubitak fluida iz ove posljednje u slučaju kvara na onoj prvoj.
- Ograničenje se mora izvršiti ili po kriteriju granične doze ili po kriteriju inventara rashladnog flu-

ida i/ili njegovog tlaka radi izvršenja njegovih sigurnosnih funkcija.

- Vrijeme zatvaranja otvorenih ventila, propuštanje zatvorenih ventila i ograničenja curenja kroz prigušnice mora se ocjenjivati kada se odredi propuštanje fluida itd.

3.2.3. Industrijska pravila i propisi. Sigurnosne analize

Gdje postoje industrijski propisi i standardi, moraju se koristiti za projektiranje i gradnju konstrukcija, sistema i komponenata. Za opremu i projektna stanja koja nisu obuhvaćena u primjenljivim propisima i zahtjevima za naprezanja, deformacije, zamor i druga ograničenja projektant za svaki posebni slučaj mora utvrditi ogovarajuća načela, ako je to potrebno. Za komponente pod tlakom i odgovarajuće sigurnosne klase moraju se primijeniti sljedeća opća načela:

ASME III Klasa 1 projektna pravila, za komponente SC-1;

ASME III klasa 2 projektna pravila, za komponente SC-2;

ASME III klasa 2 projektna pravila, za komponente SC-3.

Sigurnosne analize moraju utvrditi i na tehničkoj osnovi demonstrirati da nuklearno postrojenje može raditi bez radiološke opasnosti za zdravlje i sigurnost stanovništva.

3.2.4. Načela projektiranja

Za svaki sistem koriste se opća i posebna načela za projektiranje. Na sljedećem primjeru dan je kratak sadržaj projektnih načela za sistem reaktorskog hladila:

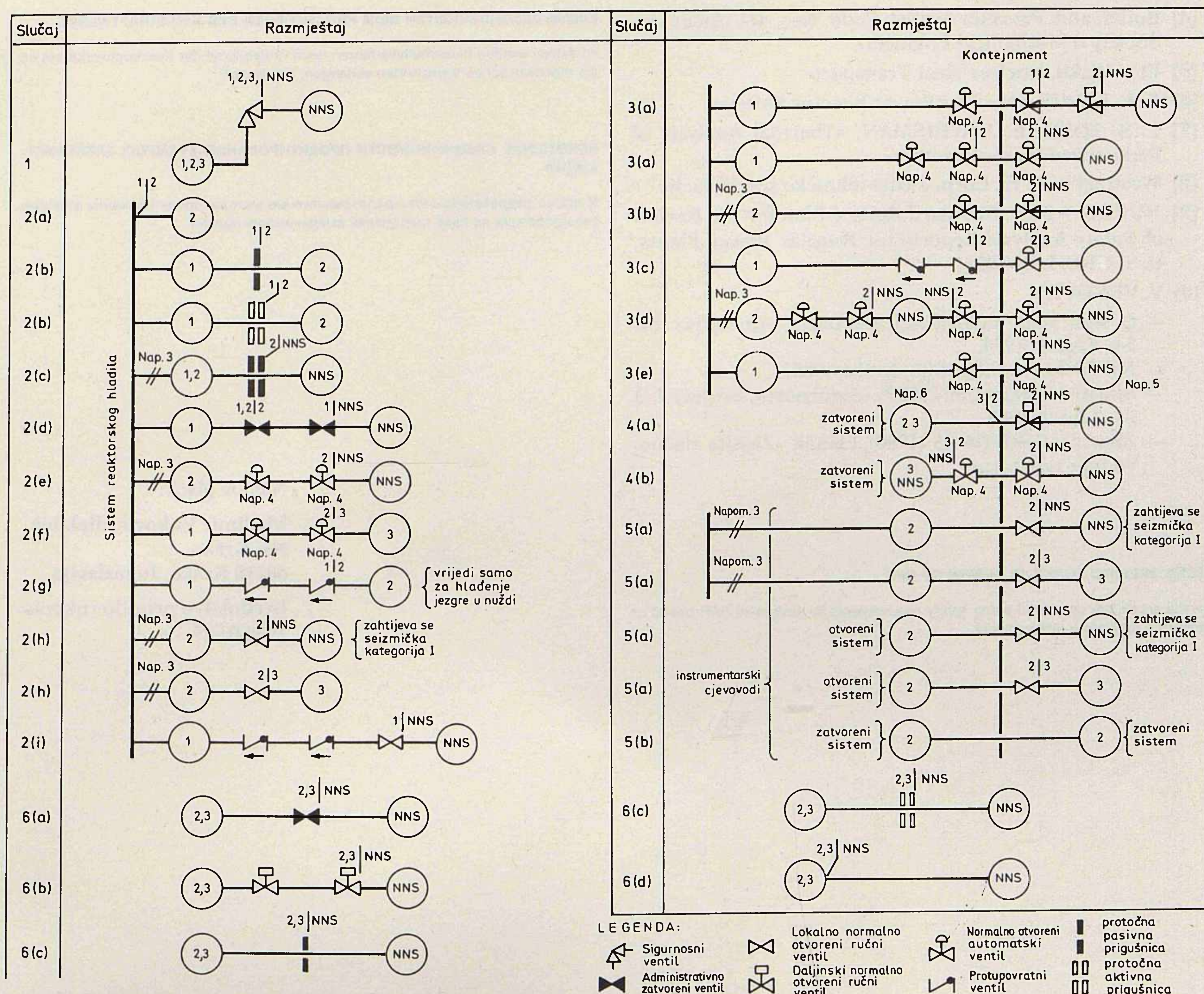
3.2.4.1. Funkcija sistema

3.2.4.2. Definicija sistema

3.2.4.3. Sigurnosne klase

3.2.4.4. Projektna načela

- Nuklearna načela projektiranja
- Načela projekta sistema
- Načela strojarskog projekta
- Načela elektroprojekta
- Načela projekta instrumentacije i kontrole
- Načela projekta za konstrukcije
- Načela inspekcija i testiranja
- Načela razmjesta radi održavanja i inspekcije u pogonu.



Slika 7. Slučajevi povezivanja fluidnog sistema sigurnosnih klasa prema ANSI/ANS-51.1-1983.

4. ZAKLJUČAK

4.1. Kada se radi o projektiranju i gradnji nuklearnih energetske postrojenja, i analizi njihove kvalitete (pouzdanosti, raspoloživosti i sigurnosti), bez obzira na cijenu, trebaju se slijediti svi pozitivni propisi i pravila. Pri tome je bitna kvaliteta, odnosno realizacija bitnosti načela, a ne formalnost. Realizacija načela mora se obavljati i primjenom najbolje inženjerske prakse te standarda uskih specijalnosti.

4.2. Ljudski faktor je prisutan u svim fazama aktivnosti i dosta često može biti uzrokom iznenađenja, te »nemoguće« činiti »mogućim«. Zato je potrebno i savršene sisteme činiti još savršenijima, a pouzdanim tehničkim uređajima, ovisnost opreme u eksploataciji, u što većoj mjeri, osloboditi od zamorne direktne intervencije ljudi. Dakle, treba biti ostvarena što pouzdanija auto-

matska kontrola i zaštita, te pouzdan sistem informiranja i alarmiranja.

4.3. Nuklearna regulativa je dosta kompleksna, pa realizacija njezinih načela zahtijeva dobro poznavanje principa nuklearne tehnike i informiranosti s različitim propisima, pravilima i standardima koji se u ovoj domeni imaju koristiti. S obzirom na multidiscipliniranost i veličinu ove problematike, nužan je timski i dobro koordinirani pristup poslu (velike pripreme i sistematičan rad).

LITERATURA

- [1] NE Krško, Final Safety Analysis Report
- [2] USA, Codes of Federal Regulations, 10 CFR 50
- [3] Nuclear Safety Criteria for the Design of Stationary PWR Plants, an American National Standard, ANSI/ANS-51.1 — 1983.

- [4] Boiler and Pressure Vessel Code, Sec. III, American Society of Mechanical Engineers
- [5] El — Wakil, Nuclear Heat Transport
- [6] E. E. LEWIS, »Nuclear Power Reactor Safety«
- [7] L. S. TONG, E. J. WEISMAN, »Thermal Analysis of Pressurized Water Reactors«
- [8] Westinghouse El. Corp., razne-tehničke specifikacije
- [9] NUREG — 0800, Standard Review Plan for the Review of Safety Analysis Reports for Nuclear Power Plants, U. S. NRC, July 1981.
- [10] V. VUKOVIĆ:
- O sigurnosti nuklearnih elektrana »Energija« br. 5-6, Zagreb 1974.
 - NE Krško, monografija, Krško 1985.
 - Slučaj s reaktorom TMI-2, »Sigurnost«, brojevi 2, 3 i 4, Zagreb 1980.
 - Zbornik JUREMA 25 (1980), članak »Zaštita tlačno-vodnih reaktora«

SOME SPECIFIC TOPICS IN DESIGN OF NPP

In the article are described some safety requirements in design of NPP based on american regulatory requirements.

EINIGE BESONDERHEITEN BEIM PROJEKTIEREN DER KERNKRAFTWERKE

Im Artikel werden Sicherheitsverfahren beim Projektieren der Kernkraftwerke wie es die amerikanischen Vorschriften verlangen, bearbeitet.

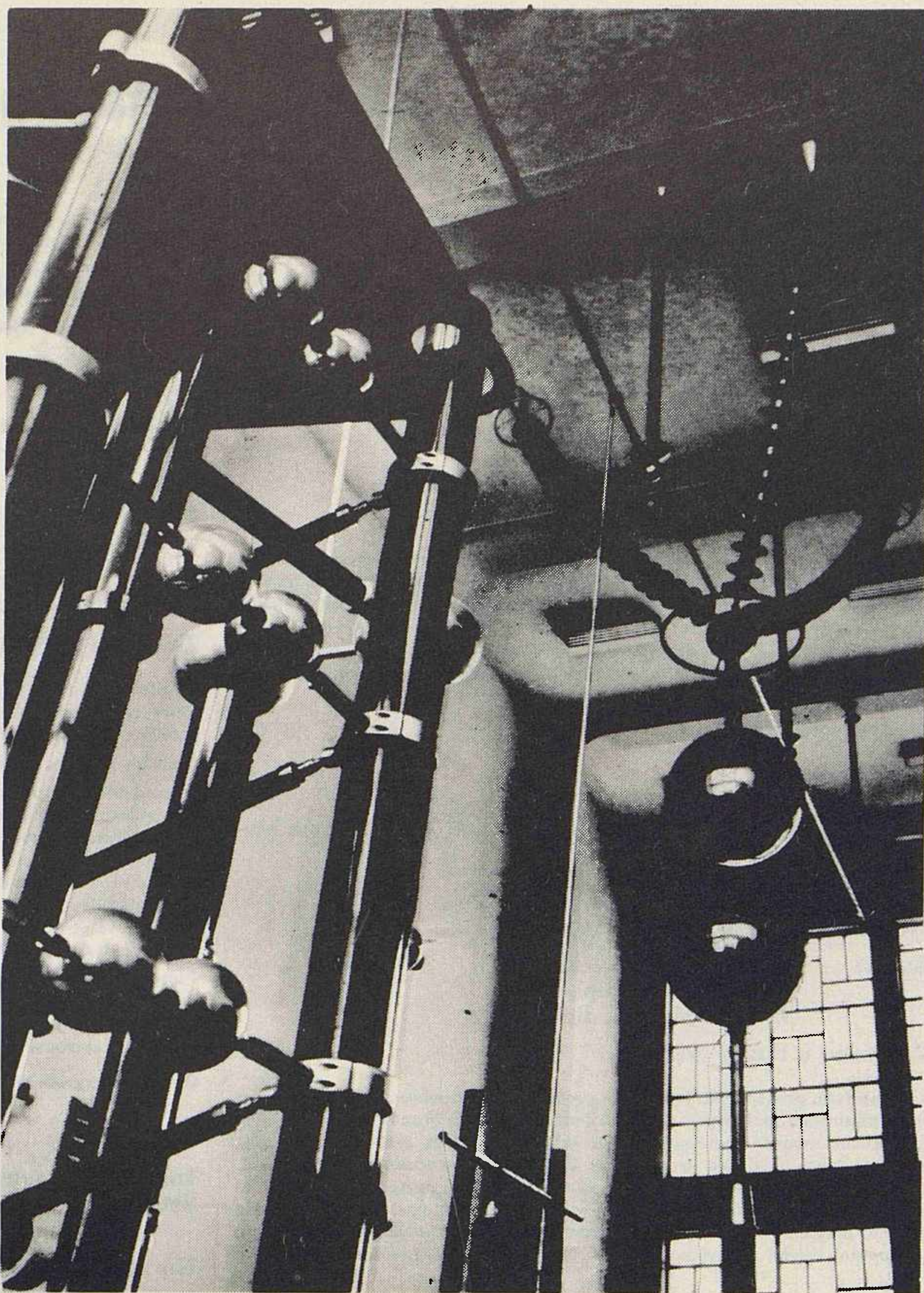
НЕКОТОРЫЕ СПЕЦИФИЧНОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ АТОМНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

В статье разрабатываются предохранительные методы проектирования атомных электростанций на базе требований американских правил.

Naslov pisca:

**Vladimir Vuković, dipl. inž.
NE Krško,
68270 Krško, Jugoslavija**

Uredništvo primilo rukopis
1986-03-27



RAD INSTITUTA ZA ELEKTROPRIVREDU U 1985. GODINI

Institut za elektroprivredu u Zagrebu osnovan je sa zadatkom da znanstveno obrađuje probleme razvoja elektroprivrede i ostale energetike, i u tom području djeluje već više od trideset godina.

Svojim razvojem i afirmacijom Institut je postao nosilac obrade važnih problema jugoslavenske i hrvatske elektroprivrede i energetike uopće. Naročito vanja istaknuti aktivnost Instituta na znanstvenim istraživanjima metoda bilaciranja energetske sistema uspoređivanjem vrijednosti elektrona, stalni rad na studiji perspektivnog razvoja jugoslavenske mreže visokog i najvišeg napona, te rad na analizi potrošnje i drugim problemima razvoja razdjelnih mreža.

Osim rada na užoj problematici razvoja elektroenergetskog sistema, razvio se rad na tehnološkim elementima termoenergetike, te u tehnici visokog napona. U pojedinim specijalnostima ovih područja Institut je vodeća ustanova u zemlji. Posljednjih godina ubrzano se razvija i studij nuklearne energetike.

Suradnici Instituta su također i priznati stručnjaci izvan Instituta, među kojima je i nekoliko istaknutih sveučilišnih profesora.

Znanstveno istraživački rad se obavlja, prema unutarnjoj organizaciji, u nekoliko posebnih grupa, od kojih svaka ima svoj zaokruženi djelokrug rada:

Studijska radna jedinica za elektroenergetske sisteme i ekonomsku problematiku

Studijska radna jedinica za razdjelne, visokonaponske, n. n. mreže i za projektiranje

Studijska radna jedinica za termoenergetske sisteme
Zavod za visoki napon i prijenosne mreže

Studijska radna jedinica za hidrotehničke sisteme.

U daljnjem tekstu prikazani su važniji radovi iz djelovanja ovih grupa u 1985. godini.

STUDIJ ELEKTROENERGETSKIH SISTEMA

Energetsko korištenje gornjeg toka Gojačke Dobre — HE Lešće, energetsko-ekonomske analize

Naručilac: Elektroprojekt, Zagreb

Autori: Nikola Bilčar, dipl. inž.
mr Slavko Alerić, dipl. inž.
mr Luka Staničić, dipl. oec.
Mladen Zeljko, dipl. inž.
Neda Komerički, oec.

Završeno u rujnu 1985.

Energetsko-ekonomskim alanizama u elektroenergetskom sistemu Hrvatske razmatrane su varijante izgradnje hidroelektrane Lešće. Razmatrane su tri veličine izgradnje i tri usporne kote. Osim toga, promatrana je HE Lešće u lancu s HE Gojak. Nakon proračuna moguće proizvodnje (lanac HA Gojak — HE Lešće) uklapanjem promatrane hidroelektrane u elektroenergetski sistem određeni su optimalni parametri (veličina izgradnje Q ; m^3/s i usporna kota H mnm). Rezultati analize poslužili su za daljnje projektiranje hidroelektrane Lešće.

Opseg: 62 stranice, 68 tablica.

Moguća proizvodnja i ekonomska obrada HE Krčić na biološki minimum

Naručilac: Elektroprojekt, Zagreb

Autori: mr Slavko Alerić, dipl. inž.
Nikola Biličar, dipl. inž.
Marijan Magdić, dipl. oec.

Završeno u lipnju 1985.

U ovom radu proračunata je moguća proizvodnja hidroelektrane Krčić na biološki minimum (mali agregat) i provedena ekonomska obrada. U okviru dijela (proračuna moguće proizvodnje) hidrološki niz protoka 1952-1965. korelativnom analizom je trebalo produžiti do 1926-1965. (mjerodavni hidrološki niz). Nakon toga, uz poznavanje osnovnih karakteristika agregata (stupanj djelovanja itd.), određeni su koeficijenti za točniji proračun moguće proizvodnje. Na temelju moguće proizvodnje te strukture i dinamike financiranja određena je proizvodna cijena električne energije, troškovna kvota, investicijski količnik itd.

Opseg: 4 stranice, 8 tablica, 4 slike.

Program aktivnosti na istraživanjima i izučavanjima ekonomike elektroprivrede

Naručilac: Zajednica elektroprivrednih organizacija Hrvatske, Zagreb

Autor: Zvonimir Milonja, dipl. oec.

Završeno u srpnju 1985.

Obrada ekonomskih tema za potrebe elektroprivrede Hrvatske radi se uglavnom prema potrebi koja je nametnuta važnošću i bitnošću pojedinih pitanja ekonomske naravi.

Takav način rada onemogućava sustavna istraživanja ekonomike elektroprivrede koja obuhvaća svu specifičnost proizvodnje električne energije kao proizvođa velikog tehnološkog sistema. Uviđajući potrebu sustavnog istraživanja ekonomike elektroprivrede, ovom studijom se definiraju samo ekonomska područja koja bi bilo potrebno istraživati, a to su:

- ekonomska jednostavna reprodukcija elektroprivrede prema okolini i unutar elektroprivrede, koja obuhvaća istraživanja na području cijena električne energije, tarifnog sistema i tarifnih stavova, naknada i davanja izvan cijene električne energije, te ekonomski položaj elektroprivrede u primarnoj i sekundarnoj raspodjeli, a unutar elektroprivrede, istraživanje zajedničkog prihoda, stjecanja i raspodjele dohotka, izdavanja i raspodjelu sredstava za osobne dohotke i zajedničku potrošnju radnika.
- ekonomska proširena reprodukcija elektroprivrede prema okolini unutar elektroprivrede koja obuhvaća istraživanja: elektroenergetskih osnova razvoja elektroprivrede, sistema financiranja proširene reprodukcije, udruživanje sredstava potrošača električne energije, udruživanje rada i sredstava

unutar elektroprivrede, vlastita sredstva elektroprivrednih organizacija i ekonomske obrade investicijskih programa elektroprivrednih objekata, te — planiranje i analiza poslovanja i ekonomski položaj elektroprivrednog sistema elektroprivrednih djelatnosti i elektroprivrednih organizacija.

Opseg: 20 stranica teksta.

Metode za izradu elektroenergetske bilance (I dio — osnove metode)

Naručilac: Zajednica elektroprivrednih organizacija Hrvatske, Zagreb

Autori: dr Goran Granić, dipl. inž.
mr Branka Jelavić, dipl. inž.

Završeno u travnju 1985.

U ovom radu detaljno je razrađena godišnja elektroenergetska bilanca po pojedinim funkcijama, i to u smislu razvoja postojeće metodologije i programske podrške, koja treba poslužiti pri izradi godišnje elektroenergetske bilance.

Godišnja elektroenergetska bilanca obuhvaća:

- predviđanje potrošnje električne energije
- planiranje korištenja akumulacijskih bazena
- određivanje moguće proizvodnje hidroelektrana
- planiranje remonta
- planiranje razmjene i isporuka iz drugih republika
- izradu bilance snage i energije hidroelektrana
- odrađivanje potrebne proizvodnje termoelektrana i troškova za gorivo u termoelektranama radi ekonomske valorizacije.

Pojedine funkcije prikazane su u smislu postojećih problema (metodoloških, raspoloživih podataka, samoupravnih itd.) i cilja koji treba ostvariti u okviru pojedine funkcije da bi se omogućilo kreiranje metode i programske podrške za godišnju elektroenergetsku bilancu.

Opseg: 12 stranica teksta i 1 slika.

Izrada programa dnevnog dijagrama optimiranja EES-a SRH (I faza — II dio)

Naručilac: Zajednica elektroprivrednih organizacija Hrvatske, Zagreb

Autori: mr Branka Jelavić, dipl. inž.
mr Nikola Plavec, dipl. inž.
dr Goran Granić, dipl. inž.

Završeno u lipnju 1985.

U ovom programu koristi se gradijentna matrična metoda koja omogućava uvažavanje niza karakteristika elektroenergetskog sistema, a optimalno rješenje u smislu minimuma troškova proizvodnje termoelektrana dobiva se interaktivnim postupkom.

U ovom radu metodološki su obrađeni neki problemi uočeni u optimizacijskom modelu i dnevnoj bilanci (karakteristike hidro i termoelektrana, ograničenje proizvodnje termoelektrana, te razmjena).

U nastavku dane su opširne upute za korištenje programa, te test-primjer za EES SR Hrvatske.

Opseg: 43 stranice teksta, 16 tablica i 8 slika.

Problematika gubitaka električne energije u prijenosnoj i distributivnim mrežama Jugoslavije

Naručilac: Zajednica jugoslavenske elektroprivrede

Autor: mr Jakša Topić, dip. inž.

Suradnici: mr Zdenko Tonković, dipl. inž.
Mladen Zeljko, dipl. inž.
Ivica Posavec, teh.
Mara Morić, teh.

Završeno u lipnju 1985.

Studija je podijeljena u dva dijela. U prvom dijelu je izvršena analiza gubitaka električne snage i energije u prenosnoj mreži Jugoslavije, a u drugom analiza gubitaka u 4 distributivne organizacije: Elektrodistribuciji — Zrenjanin, Elektrokrajini — Banja Luka, Elektroprimorskoj — Nova Gorica i Elektrodistribuciji — Titograd.

Prvi dio osim metodološkog prikaza obuhvaća proračun veličine i strukture gubitaka električne energije u prijenosnoj mreži Jugoslavije u 1982. god. Izvršena je usporedba iskazanih gubitaka s gubicima u većini evropskih zemalja. Ispitan je utjecaj izgradnje planiranih vodova, promjena napona generatorskih čvorišta, promjena prijenosnih odnosno interkonektivnih transformatora i promjena jalovih opterećenja u čvorištima potrošnje na gubitke u prijenosnoj mreži. Ukazano je na poduzimanje određenih mjera, posebno mjera organizacijskog karaktera radi daljnjeg praćenja, analiziranja i smanjenja gubitaka električne energije, odnosno njihova dovodenja do tehnoekonomskeg optimuma.

U drugom dijelu objavljena je analiza veličine i strukture gubitaka za četiri spomenute distributivne organizacije. Zbog opsega distributivne mreže analiza je izvršena na određenim reprezentativnim dijelovima mreže.

Opseg: 114 stranica teksta, 27 tablica, 10 slika.

Problematika napajanja konzumnog područja Zagreb — makro s aspekta izgrađenosti i pouzdanosti superponirane mreže i interkonekcije

Naručilac: Elektroprenos, Zagreb

Autori: Nikola Bilčar, dipl. inž.
mr Damir Pešut, dipl. inž.
mr Jakša Topić, dipl. inž.
mr Zdenko Tonković, dipl. inž.

Završeno u travnju 1985.

U radu su provedena dodatna ispitivanja u vezi s potrebama izgradnje DV 400 kV Melina — Tumbri. Ispitivanja su bazirana na računu vjerojatnosti mogućih stanja sistema, i to sa ili bez toga voda, pretpostavljajući različitu izgrađenost elemenata EES do onog stanja koje se ocjenjuje realnim ili vrlo vjerojatnim. Osim toga izvršen je usporedni pregled dalekovoda sa stajališta troškova u EES koje donosi njihova izgradnja.

Opseg: 31 stranica teksta, 3 slike, 6 tablica.

Primjena metode novčanih tokova za ocjenu ekonomske uspješnosti elektrana prilikom planiranja njihove izgradnje

Naručilac: Zajednica elektroprivrednih organizacija Hrvatske

Autor: Marijan Magdić, dipl. oec.

Završeno u rujnu 1985.

Ostvarivanje cilja nekog projekta mjerimo pored ostalog, i novčanim izrazima. Osim energetske-ekonomskeg doprinosa elektrane u elektroenergetskom sistemu potrebno je analizirati i prihodnu stranu projekta. Potrebno je analizirati akumulativnu i reprodukcijisku mogućnost elektrana.

U elaboratu se analizira mogućnost primjene metode novčanih tokova kao dinamične metode za ocjenu uspješnosti elektrana. U tu svrhu analizira se ekonomska uspješnost sa stanovišta investitora, likvidnost i izvori financiranja, kao i ekonomska uspješnost sa stajališta društva.

Opseg: 191 stranica, 3 tablice, 1 slika, praktični primjer.

Metodologija za primjenu i izradu analize poslovanja elektroprivrednih organizacija korištenjem elektroničkog računala

Naručilac: Zajednica elektroprivrednih organizacija Hrvatske, Zagreb

Autori: Nada Hruška, dipl. oec.
Lada Jurišić, dipl. oec.

Završeno u svibnju 1985.

Studija je po svojoj razradi i sadržaju zamišljena tako da se izrada analize izvodi onim redom koji je odraz stvarnog toka jednostavne reprodukcije električne energije, tj. od analize potrošnje električne energije preko zadovoljenja te potrošnje proizvodnjom i nabavom električne energije do ostvarenih financijskih rezultata. Tako predloženom izradom analize poslovanja dana je metodologija

utvrđivanja sadržaja »ulaznih« podataka koja obuhvaća utvrđivanje i definiranje »ulaznih« podataka, njihovo šifriranje i način popunjavanja »ulaznih« tablica. Sadržaj i način izrade »izlaznih« tablica, obrađen u poglavlju 3. ove studije, obuhvaća izbor »izlaznih« tablica po formi i sadržaju, rokove za izradu »izlaznih« tablica, te njihove korisnike. »Ulaznim« i »izlaznim« tablicama natojalo se identificirati i šifrirati one veličine (subjekte odnosno podatke) koji se pojavljuju u okviru poslovanja elektroprivrednih organizacija Hrvatske.

Opseg: 228 stranica, 80 tablica.

Metodologija za primjenu i izradu privrednog plana elektroprivrednih organizacija korištenjem elektroničkog računala

Naručilac: Zajednica elektroprivrednih organizacija Hrvatske, Zagreb

Autori: Lada Jurišić, dipl. oec.
Nada Hruška, dipl. oec.

Završeno u svibnju 1985.

Zadatak je i cilj ove studije da se na osnovi definiranog načina izrade plana i sadržaja plana, utvrde potrebni podaci i način stvaranja datoteke koja će se uklopiti u jedinstven informacijski sistem elektroprivrede Hrvatske čija izgradnja je preduvjet za dobru informiranost koja omogućuje donošenje kvatilitativnih poslovnih odluka. Objedinjavanje izrade planova poslovanja pojedinih elektroprivrednih organizacija stvara mogućnost većeg broja kombinacija izlaznih rezultata poslovanja koje se odnose na:

- elektroprivredni sistem u cjelini
- elektroprivredne djelatnosti pojedinačno (proizvodnja, prijenos, distribucija električne energije)
- elektroprivredne radne organizacije
- elektroprivredne osnovne organizacije udruženog rada

Sadržaj zajedničkog plana poslovanja je određen Zakonom o planiranju, kao i samoupravnim sporazumima. Na osnovi sadržaja plana, određuje se i veza između elemenata plana i način njihova proračunavanja.

Opseg: 178 stranica, 50 tablica.

Metodologija za primjenu i izradu raspoređivanja zajedničkog prihoda elektroprivrednog sustava Hrvatske korištenjem elektroničkog računala

Naručilac: Zajednica elektroprivrednih organizacija Hrvatske, Zagreb

Autori: Lada Jurišić, dip. oec.
Nada Hruška, dipl. oec.

Završeno u rujnu 1985.

Sadržajem studije je, budući da u elektroprivredi Hrvatske postoji za sada samo formiranje i raspoređivanje zajedničkog prihoda osnovnih organizacija udruženog rada proizvodnje i prijenosa električne energije Hrvatske, obuhvaćena samo ova obrada na elektroničkom računalu. Razradi metodologije za primjenu i izradu utvrđivanja i raspoređivanja zajedničkog prihoda elektroprivrednih organizacija proizvodnje i prijenosa električne energije nastojalo se prići s pozicije ekonomsko-poslovne informatike, a to znači radi utvrđivanja sadržaja ekonomskih podataka i metoda rada prema važećem Samoupravnom sporazumu o utvrđivanju i raspoređivanju zajedničkog prihoda osnovnih organizacija udruženog rada proizvodnje i prijenosa električne energije i Kriterijima i mjerilima za utvrđivanje dijela objektiviziranih sredstava za reprodukciju elektroprivrednih organizacija proizvodnje i prijenosa električne energije Hrvatske.

Opseg: 246 stranica, 30 tablica.

Model samoupravnog sporazuma o udruživanju rada i sredstava za izgradnju elektroenergetskih objekata na područjima drugih republika, odnosno pokrajina

Naručilac: Zajednica elektroprivrednih organizacija Hrvatske, Zagreb

Autor: Zvonimir Milonja, dipl. oec.

Završeno u lipnju 1985.

U ovoj studiji obrađen je model samoupravnog sporazuma o udruživanju rada i sredstava radi izgradnje elektrana na područjima drugih republika, tj. postav-

ljena su opća načela energetske, elektroenergetske, ekonomske i financijske naravi koja bi trebalo da sadrži svaki samoupravni sporazum o udruživanju rada i sredstava u elektroprivredi radi izgradnje elektrana.

Modelom su naročito obrađena sljedeća područja: ciljevi udruživanja i predmet sporazumjevanja, određivanje sudionika, određivanje energetskih kapaciteta, načela udruživanja rada i sredstava, odnosi za vrijeme izgradnje, sredstva za financiranje izgradnje, određivanje udjela u udruživanju sredstava, prekoračenje investicijskih iznosa, garancije poslovnih banaka, utvrđivanje lančanih vrijednosti investicija, organizacija izgradnje koordiniranje izgradnje i zajednički organ, kadrovi i društveni standard, te ostala prava, obveze i odgovornosti u fazi izgradnje.

Uz navedena područja, koja su inače predmet samoupravnog sporazumjevanja, razmatrana su i opća pitanja udruživanja rada i sredstava, njihova klasifikacija i manifestacija u elektroprivredi.

Opseg: 68 stranica teksta.

Idejni projekt VES Lučica — knjiga 5. energetsko-ekonomske analize

Naručilac: Elektroprojekt, Zagreb

Autori: Nikola Biličar, dipl. inž.
mr Slavko Alerić, dipl. inž.
mr Luka Staničić, dipl. oec.

Završeno u rujnu 1985.

U ovoj knjizi 5. Idejnog projekta određeni su osnovni parametri hidroelektrane Lučica (veličina izgradnje i volumen akumulacijskog bazena).

Energetsko-ekonomskim analizama u elektroenergetskom sistemu Hrvatske razmatrane su tri veličine izgradnje i tri veličine akumulacijskog bazena i u usporedbi s alternativnim rješenjem akumulacijskog bazena i u usporedbi s alternativnim rješenjem određena je optimalna veličina izgradnje $Q_i \text{ m}^3/\text{s}$ i najpovoljniji volumen akumulacijskog bazena $V_k \text{ hm}^3$.

Opseg: 64 stranice, 77 tablica.

Kriteriji za određivanje pouzdanosti opskrbe potrošača električnom energijom (II dio)

Naručilac: ZEOH, Zagreb

Autori: mr Damir Pešut, dipl. inž.
dr Goran Granić, dipl. inž.

Završeno u lipnju 1985.

Ova studija nastavak je započetih istraživanja na temu definiranja kriterija za određivanje pouzdanosti opskrbe potrošača električnom energijom, a u njoj se obrađuje problem definiranja kriterija sigurnosti proizvodnih postrojenja. Postavljena je nova metodologija kvantificiranja sigurnosti opskrbe potrošnje koja mnogo šire i detaljnije obrađuje utjecajne veličine na sigurnost nego li postojeće metode. Napravljena je jedna primjer-analiza kojom je pokazana ovisnost potrebne izgradnje sistema o iznosima pojedinih kriterija sigurnosti.

Opseg: 47 stranica, 13 tablica, 14 slika.

Energetska obrada i ekonomski pokazatelji HE Valići

Naručilac: Elektroprivreda Rijeka

Autori: Nikola Biličar, dipl. inž.
mr Slavko Alerić, dipl. inž.
Mladen Zeljko, dipl. inž.
mr Luka Staničić, dipl. oec.
Neda Komerički, oec.

Završeno u lipnju 1985.

Na osnovi Sporazuma utvrđene podjele korištenja voda Rječine načinjena je energetska obrada HE Valići, te izvršen proračun i određena energetsko-ekonomska vrijednost hidroelektrane, uzimajući u obzir preostale vode za energetiku i utvrđeni odnos u financiranju objekta.

Opseg: 49 stranica, 104 tablice.

Podloge i postupci određivanja racionalne politike cijena energije

Naručilac: ZEOH, Republički komitet za energetiku

Autori: Nikola Biličar, dipl. inž.
Josip Bunjevčević, tehn.
dr Goran Granić, dipl. inž.
Zlatko Hill, dipl. oec.
Marijan Magdić, dipl. oec.
mr Luka Staničić, dipl. oec.
Ivan Šimurina, inž.
mr Branko Vuk, dipl. inž.

Završeno u prosincu 1985.

Analizirane su postojeće cijene pojedinih oblika energije u nas i u svijetu, te je pokazano da postojeći odnosi u nas ne odgovaraju jer potiču neracionalnu upotrebu energije i neadekvatan ekonomski položaj energetskih grana.

Određeni su nivoi i odnosi cijena pojedinih oblika energije u našim uvjetima, koji bi podržavali predviđenu strukturu potrošnje energije i osigurali prihvatljiv ekonomski položaj energetskih grana.

Opseg: 126 stranica.

Metode za predviđanje potrošnje električne energije, II dio

Naručilac: Zajednica elektroprivrednih organizacija Hrvatske

Autor: Mladen Zeljko, dipl. inž.

Završeno u prosincu 1985.

Problematika ove studije vezana je za predviđanje potrošnje električne energije za potrebe razvoja elektroenergetskog sustava. Tu su predloženi neki osnovni principi kojih bi se trebalo pridržavati u pripremnim radnjama i u samom postupku predviđanja. Osim toga, definirana su razdoblja za koja se vrši predviđanje potrošnje električne energije (kratkoročno, srednjoročno i dugoročno), kao i ciklusi u kojima treba obnavljati odnosno korigirati predviđanje potrošnje električne energije.

Dio studije obradio je potrebne podatke koji trebaju poslužiti kao podloga za predviđanje, zatim karakter samih podataka vezano za kvalitetu, uniformiranost i pouzdanost izvora podataka te način prikupljanja i čuvanja spomenutih podataka.

Opseg: 44 stranice, 4 slike.

Tjedne karakteristike potrošnje za razdoblje 1982-184. godine

Naručilac: Zajednica elektroprivrednih organizacija Hrvatske

Autor: Mladen Zeljko, dipl. inž.

Završeno u lipnju 1985.

Ova studija nastavak je jednog sistematskog rada na praćenju karakteristika potrošnje električne energije koji je započet u Institutu za elektroprivredu 1979. godine. Prije ovog rada na istu temu su već izišle dvije studije s istom problematikom, ali su obrađivale različita vremenska razdoblja.

Ova posljednja studija obradila je osnovne karakteristike potrošnje električne energije u SR Hrvatskoj za trogodišnje razdoblje (1982-1984), ali je istovremeno načinjena analiza karakterističnih veličinaza razdoblje od 1974. do 1984. godine, što je omogućilo praćenje promjera tih veličina u toku dužeg razdoblja.

Opseg: 29 stranica, 3 tablice, 14 slika.

Metode za predviđanje potrošnje električne energije, I dio

Naručilac: Zajednica elektroprivrednih organizacija Hrvatske

Autori: doc. dr Goran Granić, dipl. inž.

Završeno u ožujku 1985.

Predviđanje potrošnje električne energije jedan je od osnovnih elemenata prema kojima se određuje razvoj elektroprivrede i izgradnja elektroenergetskog sustava. Zato je tom problemu potrebno posvetiti dužnu pažnju.

U ovoj studiji su obrađene nazavisne i zavisne metode predviđanja potrošnje, električne energije, uz najnužnije matematičke podloge na kojima se zasnivaju metode.

Osim metoda za potrošnju električne energije, u ovom radu je izrađena i metoda za predviđanje krivulje trajanja opterećenja za pojedine vremenske intervale (tjedan ili mjesec). Predviđanje krivulje trajanja opterećenja vrši se na osnovi godišnje potrošnje električne energije dobivene predviđanjem.

Za razrađene metode napravljeni su programi za elektroničko računalo s detaljnim uputama za rad.

Na kraju studije prikazan je i jedan konkretan primjer proračuna.

Opseg: 64 stranice, 2 dodatka, 9 slika.

Dogradnja modela za energetskeko-ekonomsku valorizaciju elektrana radi njihova izbora, II dio elektroenergetska bilanca

Naručilac: Zajednica elektroprivrednih organizacija Hrvatske

Autori: dr Goran Granić, dipl. inž.
Miljenko Bradarić, dipl. inž.

Završeno u ožujku 1985.

U ovom radu predstavljena je nova metoda simulacija prilika u elektroenergetskom sistemu.

Kroz izbor reprezentativne hidrologije odgovarajuće vjerojatnosti riješen je problem neizvjesnosti ostvarenja moguće proizvodnje hidroelektrana, a kroz uključivanje u proračun vjerojatnosti neplaniranih ispada elektrana i problem raspoloživosti termoeenergetskih postrojenja. Kod potrošnje električne energije omogućeno je da se oblik krivulje trajanja opterećenja razlikuje u svakoj vremenskoj jedinici, čime su obuhvaćene sve specifičnosti i oscilacije potrošnje električne energije.

Promjenama u tretmanu obuhvaćena su sva proizvodna postrojenja:

- hidroelektrane s određivanjem najpovoljnijeg položaja u krivulji trajanja opterećenja
- crpno-akumulacijska postrojenja kroz različite varijante izvedbe postrojenja i korekciju krivulje trajanja opterećenja zbog crpljenja
- termoeenergetska postrojenja s uvažavanjem vlastite raspoloživosti na odrađivanje potrebne proizvodnje i utjecaja neraspoloživosti na proizvodnju ostalih elektrana
- termoelektrane na ostalim područjima koje imaju ograničenje u proizvodnji
- termoelektrane — toplane s uvažavanjem protutlačnog rada
- tretman tehničkog minimuma termoeenergetskih postrojenja.

Kod svih promjena u tretmanu pojedinih postrojenja nastojalo se da se što realnije aproksimiraju odnosi u raspodjeli opterećenja.

Unapređenje u metodi bilanciranja omogućit će izradu kvalitetnijih elektroenergetskih analiza, što će pridonijeti boljem i objektivnijem proučavanju prilika u elektroenergetskom sistemu.

Opseg: 98 stranica, 40 slika, 8 tablica, 16 literaturnih navoda.

Proračun troškova nuklearnog goriva (II faza)

Naručilac: Zajednica elektroprivrednih organizacija Hrvatske

Autor: Ratko Vojvodić, dipl. inž.

Završeno u lipnju 1985.

U studiji je na osnovi razrađene metodologije iz I faze obavljeno testiranje proračuna troškova nuklearnog goriva (program TROGOR). Na temelju dostupnih podataka i određenih pretpostavki izvršen je proračun za PKR — otvoreni gorivi ciklus, PWR — recikliranje urana i plutonija i Candu — prirodni uran. Dobiiveni rezultati su ilustracija pretpostavljenog stanja, a do točnijih rezultata doći će se evaluacijom konkretnih ponuda.

Opseg: 100 stranica, 11 tablica, 10 slika.

Mogućnost i opravdanost zamjene tekućeg goriva alternativnim domaćim gorivima u SR Hrvatskoj

Naručilac: Elektroprivreda, Zagreb, Republički komitet za energetiku, Opće udruženje energije, INA

Autori: Nikola Bilčar, dipl. inž.
mr Branko Vuk, dipl. inž.
Marijan Magdić, dipl. oec.
Ivan Šimurina, inž.
Josip Bunjevčević, tehn.

Završeno u srpnju 1985.

Na temelju registracije svih industrijskih kotlovnica i potrošnja goriva u pojedinim kotlovnicama analizirana je ekonomska opravdanost zamjene tekućeg goriva ugljenom prema tadašnjim cijenama. Pokazano je da se uštedama na gorivu, koja se ostvare za 1,5 do 3 godine, pokazuju potrebna ulaganja koje zahtijeva zamjena. Pri tome, u proračunu su uključivani neotpisani dijelovi postojećih kotlovskih postrojenja — sadašnja vrijednost osnovnih sredstava — za koji iznos su povećana investicijska ulaganja.

Opseg: 128 stranica, u prilogu 27 stranica i tablica.

HE Zrmanja — idejni projekt-energetska obrada i ekonomski pokazatelji

Naručilac: Elektroprivreda Dalmacije, Split

Autori: mr Slavko Alerić, dipl. inž.
Nikola Bilčar, dipl. inž.
Mladen Zeljko, dipl. inž.
Marijan Magdić, dipl. oec.

Završeno u srpnju 1985.

U ovom radu promatrana je HE Zrmanja u elektroenergetskom sistemu Hrvatske, te valorizirani učinci koje ona polučuje. Proračun moguće proizvodnje proveden je za dva hidrološka razdoblja i to 1926-1965. i niz 1946-1982. godine. Valja napomenuti da je računato s dekadnim i mjesečnim protocima. Osim toga, proračun moguće proizvodnje proveden je uz zadovoljenje hidrološkog minimuma te vodoopskrbe u ljetnim mjesecima. Nakon provedenog proračuna moguće proizvodnje HE Zrmanja promatrana je u elektroenergetskom sistemu Hrvatske te određena relativna energetskeko-ekonomska vrijednost, a uz uvažavanje investicija, dinamike i uvjeta financiranja načinjena je i ekonomska obrada.

Opseg: 38 stranica, 93 tablice, 14 slika.

INVESTICIONI PROGRAM — OBNOVA TLAČNOG DOVODA

Novi cjevovod Lič i vodna komora s uređajima za sprečavanje nedozvoljenih njihanja

Naručilac: Elektroprivreda, Rijeka

Autori: prof. Marko Čalogovi, dipl. inž.
Nikola Bilčar, dipl. inž.
Radovan Vugrinec, dipl. inž.
mr Slavko Alerić, dipl. inž.
mr Luka Staničić, dipl. oec.
Marijan Kovač, dipl. inž.
Jura Dobrinić, dipl. inž.
Ivan Grbčić, građ. tehn.

Završeno u lipnju 1985.

Na bazi prethodnih energetskeko-ekonomskih analiza obavljen je optimalni izbor sanacije dovodnih organa HE Nikola Tesla, te su izrađeni Idejni projekt i tehnička dokumentacija.

Opseg: 84 stranice, 8 slika.

Veličina izgradnje HE Valići (provjera izbora)

Naručilac: Elektroprivreda, Rijeka

Autori: Nikola Biličar, dipl. inž.
mr Slavko Alerić, dipl. inž.
Neda Komerički, oec.
Mladen Zeljko, dipl. inž.

Završeno u kolovozu 1985.

Idejni projekt HE Valići izrađen je ranije, pa je, s obzirom na u međuvremenu izmijenjene odnose u pogledu korištenja voda između, više korisnika i izmjene metode određivanja veličine izgradnje, provjeren izbor veličine izgradnje. Između tri veličine izgradnje tražena je, uz uvjet minimalnih troškova u elektroenergetskom sistemu, optimalna veličina izgradnje.

Opseg: 7 stranica.

Energetsko-ekonomska valorizacija sanacije dovodnih organa HE »Nikola Tesla« Vinodol (za idejni projekt)

Naručilac: Elektroprojekt, Zagreb

Autori: Nikola Bilčar, dipl. inž.
mr Slavko Alerić, dipl. inž.
Neda Komerički, oec.

Završeno u ožujku 1985.

U odnosu na postojeće stanje, u kojem je bilo važno sanirati oštećeni cjevovod Lič, obavljena je optimizacija između sanacije postojećeg (troškovi sanacije, izgubljena proizvodnja električne energije za vrijeme sanacije i gubici pada) i izgradnje paralelnog novog cjevovoda Lič s tri promjera. Prema učincima u elektroenergetskom sistemu izabrano je optimalno rješenje.

Opseg: 40 stranica, 33 tablice.

Mjesto i uloga TE Jertovec u elektroenergetskom sistemu Hrvatske do 1995. godine

Naručilac: Zajednica elektroprivrednih organizacija Hrvatske, Proleterskih brigada 37, Zagreb

Autori: mr Slavko Alerić, dipl. inž.
Nikola Bilčar, dipl. inž.
dr Goran Granić, dipl. inž.
Neda Komerički, oec.

Završeno u siječnju 1985.

Analizirali su se energetsko-ekonomski učinci KTE Jertovec u elektroenergetskom sistemu za razdoblje 1985-1990. po godinama te za 1995. godinu. Simuliranjem razvoja elektroenergetskog sistema i uključivanjem KTE Jertovec u njega određene su godišnje proizvodnje, vremena iskorištenja maksimalne snage te uštede na troškovima goriva u odnosu na alternativno rješenje. Uštede na troškovima goriva su, naravno, različite po godinama i s obzirom na različite troškove goriva u KTE Jertovec iznose od 243 do 565.10⁶ dinara. Proizvodnja se kreće od 0 do 237 GWh godišnje, a vrijeme korištenja od 0 do oko 3 000 sati u godini.

Opseg: 31 stranica, 6 slika.

Stjecanje i raspodjela dohotka u elektroprivrednim organizacijama udruženog rada u SR Hrvatskoj

Naručilac: Zajednica elektroprivrednih organizacija Hrvatske, Zagreb

Autor: Zvonimir Milonja, dipl. oec.

Završeno u veljači 1985.

U studiji se obrađuju principi raspoređivanja i raspodjele dohotka i čistog dohotka elektroprivrednih organizacija. Tri su osnovna uvjeta za mogućnost provedbe objektivizirane raspodjele dohotka u elektroprivrednim organizacijama. Na prvom mjestu je ostvarivanje takve primarne respodjele koja će osigurati pokriće troškova jednostavne reprodukcije i dio akumulacije za proširenu reprodukciju. Drugi uvjet je objektivizirano stjecanje dohotka kroz raspodjelu zajedničkog prihoda. Treća etapa u raspodjeli dohotka elektroprivrednih organizacija jest raspodjela njihovih individualnih dohodaka. Zajednički institucionalni temelj ovoj raspodjeli predstavlja grupacijski samoupravni sporazum o dohotku.

Predloženi kriteriji za raspodjelu dohotka odnosno za raspodjelu čistog dohotka i izdvajanje sredstava za osobne dohotke temelje se na načelima Dugoročnog programa ekonomske stabilizacije koja su preuzeta u Društvenom dogovoru o dohotku SFRJ.

Opseg: 166 stranica.

STUDIJ RAZDJELNIH NISKONAPONSKIH, VISOKONAPONSKIH MREŽA I PROJEKTIRANJE

Terećenje energetske uljne transformatora

Naručilac: ZEOH, Zagreb

Autor: Milan Puharić, dipl. inž.

Završeno 1985. godine

IEC-publikacija 354/172 »Smjernice za terećenje uljnih transformatora« potakle su izradu ove studije. JUS standard ne uzima u obzir temperature koje se razlikuju od temperatura u normalnim uvjetima rada, kao ni promjene tereta za vrijeme pogona transformatora. Za racionalno vođenje pogona transformatorskih stanica potrebno je poznavati mogućnosti terećenja transformatora. Transformatori se općenito mogu teretiti većim snagama od njihove nazivne, uvažavajući pri tome prosječnu brzinu relativnog trošenja vijeka trajanja.

Opseg: 49 stranica.

Zaštita i selektivnost pomoćnih strujnih krugova u TS 110/10 i 35/10 kV

Naručilac: ZEOH — Zagreb

Autor: Milan Puharić, dipl. inž.

Završeno 1985. godine

Zaštiti i selektivnosti u razvodu istosmjernog pomoćnog napona u trafo-stanicama 110/10 i 35/10 kV nije do sada poklonjena dovoljna pažnja. Korišteni su

elementi razvoda čije karakteristike nisu bile dovoljno točno ispitane. U studiji su se obradili najvažniji elementi razvoda: aku-baterije, ispravljači, prekidači, osigurači i vodiči. Posebna pažnja je posvećena aku-baterijama i prekidačima s obzirom na njihovo značenje u cjelokupnom istosmjernom razvodu. Studija bi trebala poslužiti kao pomoć prilikom projektiranja istosmjernog razvoda u novim trafo-stanicama 110/10 i 35/10 kV.

Opseg: 76 strana sa slikama

Izbor parametara i karakteristika distributivnih učinkovitih transformatora specijalne namjene

Naručilac: Zajednica elektroprivrednih organizacija Hrvatske

Autor: mr Mirjana Rimac, dipl. inž.

Završeno u lipnju 1985.

U studiji su obrađene karakteristike učinkovitih transformatora 20/10 kV. Posebno su obrađeni problemi vezani za pogon mreže u uvjetima kada se instalira takav transformator. Zbog ekonomskog značenja u dinamici prelaska mreža sa 10.kV na 20 kV provjerena je ekonomska opravdanost primjene takvih transformatora. Zaključno se prema prethodnim analizama predložila opravdanost primjene u mogućim situacijama u našim mrežama.

Opseg: 32 stranice sa slikama i tabličnim prikazima.

Uzemljenje zvjezdišta tipičnih 10(20) kV električnih mreža na području RO Elektroprimorje Rijeka

Naručilac: Elektroprimorje, Rijeka

Autor: mr Srđan Žutobradić, dipl. inž.
mr Božidar Filipović, dipl. inž.

Završeno u siječnju 1985.

II dio: Uzemljenje zvjezdišta mješovite 10 kV električne mreže napajane iz TS 11'0 kV »Lovran«

U općem dijelu studije razmotreni su kriteriji za provedbu uzemljenja zvjezdišta 10(20) kV mreža preko maloomskog otpornika.

U posebnom dijelu studije obrađen je problem uzemljenja mješovite 10 kV mreže napajane iz TS 110/10 kV »Lovran«. Obavljeni su svi potrebni proračuni u mreži, te podešenje relejne zaštite. Dan je prijedlog dopune postojeće zaštite.

Predloženo je ograničenje struje jednopolnog kvara na 150 A i izbor sheme uzemljenja na principu »jedan otpornik po transformatoru«.

U prilogu su dane tablice s detaljnim podacima o razmatranoj 10 kV mreži.

Opseg: 222 stranica sa slikama i tablicama.

Tipizacija uzemljivača i razrada prikladnih metoda za točnije projektiranje uzemljivača u distributivnim postrojenjima

Naručilac: Zajednica elektroprivrednih organizacija Hrvatske

Autor: mr Srđan Žutobradić, dipl. inž.

Suradnici: mr Božidar Filipović, dipl. inž.
mr Ivan Čauš, dipl. inž.

Završeno u veljači 1985.

U studiji je dan pregled tehničkih propisa koji se odnose na uzemljenje TS 35/10(20) kV i TS 10(20)/0,4 kV. Distributivne stanice su klasificirane prema uvjetima uzemljenja. Osim toga, prikazane su dispozicije tipskih stanica s predloženim uzemljivačima koji su poslužili kao polazna osnova za daljnje proračune.

U posebnom poglavlju je prikazan proračun impedancije sustava uzemljenja TS 35/10(20) kV, te združenog uzemljenja TS 10(20)/0,4 kV. Metodologija proračuna je pojednostavljena; sve potrebne veličine dane su u obliku dijagrama ili tablica.

U studiji su dane osnovne upute za mjerenje otpora uzemljenja, te specifičnog otpora tla. Ukratko je obrađen utjecaj dvoslojnosti tla.

Opseg: 84 stranice sa slikama i tablicama.

Dimenzioniranje uzemljivača — impulsne karakteristike i program za proračun udarnog otpora

Naručilac: Zajednica elektroprivrednih organizacija Hrvatske

Autor: mr Srđan Žutobradić, dipl. inž.

Završeno u travnju 1985.

U studiji je razrađen matematički model za proračun impulsnih karakteristika uzemljivača. Na temelju modela izrađeni su programi za elektroničko računalo. U studiji su dane upute za korištenje razvijenih programa.

Dobiveni rezultati pokazuju da se prilikom odvođenja struje groma u zemlju uzemljivač ponaša bitno drugačije nego prilikom odvođenja struja pogonske frekvencije. Impulsna impedancija uzemljivača može biti znatno veća od stacionarnog otpora (na vodljivim terenima), ali i znatno manja od stacionarnog otpora (na terenima loše vodljivosti). Razlike između impulsnog i stacionarnog otpora uzemljivača ovise i o dimenzijama uzemljivača, električnoj čvrstoći tla, te amplitudi i strmini struje groma.

Opseg: 80 stranica sa slikama i tablicama.

Prijedlog izmjene »Pravilnika o tehničkim normativima za elektroenergetska postrojenja iznad 1000 V« u dijelu koji se odnosi na uzemljenje

Naručilac: Zajednica elektroprivrednih organizacija Hrvatske

Autor: mr Srđan Žutobradić, dipl. inž.

Suradnici: mr Božidar Filipović, dipl. inž.
Andrija Miličević, dipl. inž.

Završeno u listopadu 1985.

U prvom dijelu studije dan je kritički osvrt na važeće jugoslavenske propise o ovoj problematici. Osim toga, ukratko su prikazani zapadnonjemački propis VDE 0141/7.76, te američki standard IEEE 80.

U drugom dijelu studije dan je nacrt novog »Pravilnika o uzemljenju postrojenja iznad 1000 V«. Nacrt je zasnovan na važećim tehničkim propisima, te na zapadnonjemačkom propisu VDE 0141/7.76. Kao značajna poboljšanja u predloženom nacrtu može se navesti sljedeće:

- dane su upute za određivanje struja mjerodavnih za dimenzioniranje uzemljivača
- dane su praktične smjernice za kontrolu uzemljivača s gledišta napona dodira, te popis dopunskih mjera za dovodenje tih napona u dopuštene granice
- dopušteni naponi dodira su povišeni za trajanja kvara kraća od 0,5 sek
- uveden je faktor očekivanja struje dozemnog kvara kojim se uzima u obzir činjenica da su te struje obično manje od maksimalnih mogućih struja.

Zamjenom važećih, a zastarjelih propisa predloženim nacrtom znatno bi se unaprijedila postojeća praksa pri projektiranju i izvođenju uzemljenja. Usvajanjem predloženog pravilnika postigle bi se veoma značajne uštede u izvedbi uzemljivača, a bez smanjivanja sigurnosti ljudi.

Opseg: 85 stranica sa slikama i tablicama.

Uzemljenje zvjezdišta i prenaponska zaštita 30 kV mreže na području Elektre Šibenik

Naručilac: Elektra, Šibenik

Autori: mr Srđan Žutobradić, dipl. inž.
mr Božidar Filipović, dipl. inž.

Konzultant: Velimir Hangi, dipl. inž.

Suradnik: Krešimir Mehičić, inž.

Završeno u prosincu 1985.

Mreža 30 kV na području Elektre Šibenik napaja se iz dvije pojne točke: TS 110/30 kV »Bilice« i HE »Jaruga«. Osim toga, navedena mreža radi zbog energetskih razloga u paraleli s mrežom Knina i Drniša, koja ima čak četiri pojne točke. Zbog toga je uzemljenje zvjezdišta na području Elektre Šibenik relativno kompliciran zadatak.

U studiji su obavljeni proračuni struja maksimalnog i minimalnog trolnog i jednopolnog kratkog spoja za različite načine rada razmatrane mreže. Na temelju dobivenih rezultata izvršena je kontrola uzemljivača TS 30/10 kV, te su dane upute za korekciju uzemljivača. Posebno je obrađena relejna zaštita mreže. Dane su upute za nadopunu opreme sa specifikacijom, te za podešenje relejne zaštite. Obrađena je problematika APU.

U drugom dijelu studije obrađena je prenaponska zaštita 30 kV nadzemnih vodova, te prenaponska zaštita 30 kV postrojenja. Izložen je matematički model koji omogućava korektnu analizu povratnih preskoka. Utvrđeno je da je efikasnost uzemljivača kao elementa zaštite od povratnih preskoka ograničena. Dane su upute za nadopunu prenaponske zaštite.

Opseg: 143 stranice sa slikama i tablicama.

Uzemljenje zvjezdišta 35 kV mreže na području »Elektre« Križevci

Naručilac: Elektra, Križevci

Autori: mr Božidar Filipović, dipl. inž.
mr Srđan Žutobradić, dipl. inž.

Suradnik: Krešimir Mehičić, inž.

Završeno u studenom 1985.

U studiji su razmotreni kriteriji za uzemljenje zvjezdišta 35 kV mreža. Obavljeni su proračuni struja maksimalnog i minimalnog trolnog i jednopolnog kratkog spoja. Na temelju dobivenih rezultata izvršena je kontrola uzemljivača TS 35/10 kV, te su dane upute za korekciju uzemljivača. Analizirani su unutrašnji prenaponi u rezistantno uzemljenoj mreži.

Posebno je obrađena relejna zaštita u 35 kV mreži uzemljenoj preko otpornika. Dane su upute za nadopunu i podešavanje relejne zaštite, te je obrađena problematika APU. Studiji je priložena procjena troškova prelaska 35 kV mreže na rad s uzemljenim zvjezdištem.

Opseg: 78 stranica sa slikama i tablicama.

Uzemljenje zvjezdišta 20 kV mreže na području Kostajnice i Dubice

Naručilac: Elektra, Sisak
Autori: mr Srđan Žutobradić, dipl. inž.
mr Božidar Filipović, dipl. inž.
Suradnik Duda Meštrović, el. teh.
Završeno u kolovozu 1985.

U elaboratu su dani kriteriji za izbor veličine otpornika za uzemljenje zvjezdišta. Predloženo je uzemljenje zvjezdišta u TS 35/20 kV »Kostajnica« preko otpornika nazivne struje 300 A. Obavljeni su proračuni kratkog spoja u kompletnoj mreži 20 kV.
Za sve TS 20/0,4 kV dane su upute za izvedbu tipiziranih uzemljivača.
U posebnom poglavlju izloženi su principi relejne zaštite 20 kV mreže. Dan je prijedlog dopune relejne zaštite i ostale opreme, te izbor podešenja zaštite u TS 35/20 kV »Kostajnica«.
Elaborat je izrađen u formi investicione dokumentacije.
Opseg: 65 stranica sa slikama i tablicama.

Priključak tvornice »Chromos« na postojeću mrežu i prelazak na 20 kV mrežu

Naručilac: Eldis, Jastrebarsko
Autori: mr Božidar Filipović, dipl. inž.
mr Srđan Žutobradić, dipl. inž.
Suradnici: mr Ivan Čauš, dipl. inž.
Krešimir Mehičić, inž.
Završeno u studenome 1985.

Tvornica »Chromos« zahtijeva kvalitetno napajanje električnom energijom, a preduvjet za to je priključak na 20 kV mrežu napajanu iz TS 110/20 kV »Zdenčina«. Zbog toga je u elaboratu obrađeno uzemljenje zvjezdišta 20 kV mreže napajane iz TS 110/20 kV »Zdenčina«.
Izloženi su kriteriji za izbor veličine otpornika za uzemljenje zvjezdišta. Odabran je otpornik nazivne struje 300 A. Predložena je izvedba tipiziranih uzemljivača za sve TS 20/0,4 kV.
Detaljno je obrađena relejna zaštita i APU 20 kV mreže. Predložena je dopuna i podešenje zaštite. Elaboratu je priložena procjena troškova za prelazak mreže na rad s uzemljenim zvjezdištem. U prilogu su dani podaci o vodovima i transformatorskim stanicama u 20 kV mreži.
Opseg: 179 stranica sa slikama i tablicama.

Osnovno rješenje električne mreže na području Cres — Lošinj

Naručilac: Elektroprimorje, Rijeka
Autori: Zvonimir Kovačević, dipl. inž.
mr Srđan Žutobradić, dipl. inž.
Završeno u prosincu 1985. godine

I — Energetsko rješenje

Područje općine Cres — Lošinj (stanje 1985. g.) opskrbljivalo se električnom energijom preko TS 110/35 kV Krk (22+20 MVA), 3 TS 35/10 kV i 111 TS 10(20)/0,4 kV.
Ukupna duljina vodova iznosila je: 35 kV — 68 km i 10 kV — 226 km.
Konzum područja je u 1984. g. iznosio:
— potrošnja električne energije: 33 538MWh
— maksimalno opterećenje: 9,5 MW.
Na temelju razrade konzuma u perspektivi do oko 2005. g. proizlazi slijedeći konzum:
— potrošnja električne energije: 160 000 MWh
— maksimalno opterećenje: 45 MW.
Električna mreža oko 2005. g. razrađena je u četiri varijante: A1 (110-20-0,4 kV sa dvije TS 110/20 kV), A2 (110-20-0,4 kV sa tri TS 110/20 kV) i C (110-35-10-0,4

kV). Usporedba troškova izgradnje mreže pokazala je da je varijanta A1 povoljnija od ostalih varijanti, i to za 9 % od B, za 23 % od C i za 34 % od A2.
Prema najpovoljnijoj varijanti A1 područje općine Cres — Lošinj oko 2005. g. trebalo bi se opskrbljivati električnom energijom preko dvije TS 110/20 kV — Cres (2 × 20 MVA), Lošinj (2 × 40 MVA) i 209 TS 20/0,4 kV. Ukupna duljina vodova 20 kV tada bi iznosila oko 435 km.

II — Proračun kratkog spoja

U studiji su obavljeni proračuni maksimalnih struja kratkog spoja na 110 kV strani TS 110/20 kV Cres i Lošinj. Dobiveni su slijedeći rezultati:
TS Cres: I₃ = 3,96 kA; I₁ = 3,54 kA
TS Lošinj: I₃ = 2,93 kA; I₁ = 2,72 kA.
Na temelju energetskog rješenja predloženo je uzemljenje zvjezdišta 20 kV mreže preko otpornika nazivne struje:
TS Cres: I_R = 150 A
TS Lošinj: I_R = 300 A
U listinzima su dani granični otpori za uzemljivače TS 20/0,4 kV.
Opseg: 33 stranice, 36 tablica i 14 slika.

Mogućnost i posljedice priključivanja velikih trošila na N. N. mrežu sa preporukom za zaštitu i zakonsku regulativu

Naručilac: Zajednica elektroprivrednih organizacija Hrvatske
Autor: mr Ernest Mihalek, dipl. inž.
Završeno u veljači 1985.

Razvojem standarda i potreba u kućanstvu, obrtu i sl. postepeno se povećava snaga trošila, kao i vršno opterećenje takvih potrošača. Zbog energetske krize i neadekvatnih odnosa cijena među energentima dosta naglo su u potrošnju na niskom naponu ušla trošila snage 6 do 30 kW.
U radu je najprije analizirano sadašnje stanje velikih trošila u SRH, a zatim i zakonska regulativa kod nas i u svijetu (tarifni sistemi i sl.).
Na osnovi karakteristika ovih trošila izračunata su specifična opterećenja skupa kućanstava. Prikazane su tablice gubitaka snage i energije u vodovima 0,38 kW.
Poseban osvrt dan je utjecaju velikih trošila na pojave »fliker« — efekta i kriterij dozvoljene promjene jednofaznog opterećenja. Nadalje je obrađena i pojava nesimetrije zbog uključenja velikog trošila te zaključno razmatranje.
Opseg: 79 stranica, 13 grafikona i shema, 8 tablica te dijagrami izbora tarife ovisno o uređajima na razdjelniku stana (novi tarifni sistem).

Pravilnik o održavanju elektrodistributivnih objekata i postrojenja

Naručilac: Zajednica elektroprivrednih organizacija Hrvatske
Autor: Josip Moser, dipl. inž.
Završeno u rujnu 1985.

U nacrtu Pravilnika o održavanju elektrodistributivnih objekata i postrojenja autor je u pet glavnih poglavlja sažeo svu problematiku pravilnog održavanja elektrodistributivnih objekata i postrojenja. Ta poglavlja su: 1. Opće odredbe, 2. Tehničke upute za izvršenje pogleda, održavanja i remonta postrojenja, 3. Obveze i odgovornosti, 4. Dokumentacija i 5. Završne odredbe. Najopsežniji dio ovog pravilnika jesu Tehničke upute za izvršenje pregleda, održavanja i remonta postrojenja, gdje su rasčlanjene sve radnje pregleda u naponskom stanju, pregleda u beznaponskom stanju, njege i održavanja, zatim remonta i održavanja kod hitnih intervencija svih postrojenja u okviru distributivne djelatnosti — distribuiranja električne energije od mjesta nabave do mjesta predaje potrošačima. Pri tome su definirani obvezni rokovi izvršavanja propisanih radnji. Propisane su i obveze i odgovornosti svih osoba vezanih za problematiku održavanja. Isto tako propisana je i dokumentacija koja se u distributivnoj organizaciji mora voditi.
Ovaj nacrt pravilnika prošao je javnu raspravu u okviru distributivnih organizacija u Hrvatskoj, te ga je 16. siječnja 1986. usvojila Skupština ZEOH-a i stavljen je u upotrebu.
Opseg: 303 stranice teksta i 16 dodataka.

STUDIJ HIDROTEHNIČKIH SISTEMA

Energetske karakteristike akumulacije Sušik u sistemu HE Gojak

Naručilac: Elektroprivreda, Zagreb

Autori: mr Mladen Petričec, dipl. inž.
Ljiljana Aleksić, dipl. inž.

Završeno u travnju 1985.

U elaboratu su valorizirane energetske i ekonomske karakteristike izgradnje akumulacije u porječju potoka Sušika. Energetski doprinos je razmatran s obzirom na povećanu proizvodnju HE Gojak u uvjetima djelomične regulacije dotoka. Također je razmatran utjecaj izgradnje na režim malih i velikih voda Zagorske Mrežnice.

Opseg: 70 strana teksta i 95 strana slika i priloga.

Kvaliteta podzemnih i površinskih voda na lokaciji NE Slavonija

Naručilac: Elektroslavonija, Osijek

Autor: mr Mladen Petričec, dipl. inž.

Završeno u prosincu 1985.

U elaboratu je dan pregled dosadašnjih istraživanja kvaliteta površinskih i podzemnih voda na širem području lokacije NE Slavonija. Statistički su obrađeni podaci mjerenja kvalitete vode na tri referentne stanice: Bezdan i Vukovar na Dunavu i Nemetin na Dravi.

Izdvojeno od ostalih parametara kvalitete prikazane su statističke karakteristike temperatura površinskih voda na odabranim stanicama. Na bazi ekstremnih i prosječnih vrijednosti parametara kvalitete provedena je kategorizacija voda Dunava u području lokacije NE Slavonija.

Opseg: 80 strana taksta i 175 strana slika i priloga.

Elektroenergetske podloge za prostorni plan SR Hrvatske

Naručilac: Radna zajednica elektroprivrednih organizacija
Hrvatske

Autori: Đuro Hatić, dipl. inž.
Aleksander Russo, dipl. inž.
Mladen Nadinić, dipl. inž.
mr Niko Malbaša, dipl. inž.
mr Zdenko Tonković, dipl. inž.

Knjiga 1. Postojeće stanje
Knjiga 2. Planirani objekti

Elektroenergetske podloge za Prostorni plan SR Hrvatske predstavljaju jedinstveni prikaz postojećih elektroenergetskih izvora i prijenosne mreže, kao i moguću izgradnju potencijalnih hidroelektrana, termoelektrana, termoelektrana — toplana i nuklearnih elektrana, te danas sagledivi razvoj prijenosne elektroenergetske mreže do kraja stoljeća i duže.

Osim osnovne namjene na Prostorni plan SR Hrvatske, Elektroenergetske podloge mogu poslužiti kao opći informativni materijal za potrebe Zajednice elektroprivrednih organizacija SR Hrvatske i šire.

Opseg: 650 stranica, 76 priloga, karta SR Hrvatske (mj. 1:300 000) s ucrtanim proizvodnim i prijenosnim postrojenjima.

Uređenje i korištenje dionice Drave nizvodno od Terezinog Polja

Zajednički jugoslavensko-mađarski osnovni projekt

Naručilac: Elektroslavonija Osijek
SVIZ Drava — Dunav — Osijek
OVIBER — Budapest

Autori: Đuro Hatić, dipl. inž.
Aleksander Russo, dipl. inž.
Krunoslav Klak, dipl. inž.
Nedjeljko Šimundić, dipl. inž.
Stjepan Hršak, inž.

Projekt se bavio kompleksnom problematikom uređenja i korištenja voda Drave na dionici nizvodno od Terezinog Polja, a realiziran je u suradnji s projektantima iz NR Mađarske.

Nosilac zadatka s jugoslavenske strane jest Elektroprojekt Zagreb. Institut za elektroprivredu Zagreb sudjelovao je u izradi dijelova projekta, kako slijedi:

Knjiga 31. Obrana od poplava
Knjiga 32. Regulacija rijeke
Knjiga 411. Proračun vodnih lica za početno stanje korita u bazenu VS Osijek i produbljeno korito nizvodno od VS Donji Miholjac — Podloge i metoda proračuna
Knjiga 412. Proračun vodnih lica za početno stanje korita u bazenu VS Osijek i produbljeno korito nizvodno od VS Donji Miholjac — Rezultati proračuna
Knjiga 6. Gospodarske usporedbe i izbor najbolje varijante

U knjizi 31. obrađeno je alternativno rješenje obrane od poplava na temelju kojega su određene koristi od obrane od poplava.

Opseg: 48 strana teksta i 37 grafičkih priloga.

U knjizi 32. obrađeno je alternativno rješenje regulacija rijeke na temelju kojeg su određene koristi od regulacija rijeke.

Opseg: 32 strane teksta i 9 grafičkih priloga.

U knjizi 411. opisan je matematički model korišten za proračun vodnih lica i prikazani su korišteni ulazni podaci.

Opseg: 222 strane i 8 tabličnih priloga.

U knjizi 412. prikazani su rezultati karakterističnih proračuna pomoću izlaznih lista s računala i uzdužnih profila vodnih lica.

Opseg: 387 strana i 14 grafičkih priloga.

U knjizi 6. provedene su gospodarske usporedbe varijanata mogućeg uređenja Drave na dionici nizvodno od Terezinog Polja, a na temelju tih usporedbi obavljen je izbor najbolje varijante.

Opseg: 150 strana teksta s izlaznim listama.

Mogućnosti energetskega iskoriščenja akumulacije Rasinja

Naručilac: SVIZ za vodno područje »Drava — Dunav« Osi-
jek, Splavarska 2a

Autori: Nedjeljko Šimundić, dipl. inž.
mr Mladen Petrićec, dipl. inž.
Ljiljana Aleksić, dipl. inž.
Đuro Stanković, dipl. inž.
Stjepan Hršak, inž.

U studiji se razmatraju mogućnosti energetske iskoristivosti višenamjenske akumulacije Rasinja. Studija, osim polaznih podataka, hidroloških i energetskih obrada, sadrži i idejno rješenje HE Rasinja.

Opseg: 76 strana, 3 priloga.

Studija o mogućnostima energetskeg korištenja akumulacije Samarica

Naručilac: VRO Zagreb, OOUR Projekt Zagreb
Proleterskih brigada 220

Autori: Nedjeljko Šimundić, dipl. inž.
Đuro Stanković, dipl. inž.
Stjepan Hršak, inž.

Studija istražuje mogućnosti energetskog iskorištenja planirane akumulacije Samarica. Studija sadrži tri dijela, a to su:

- polazni podaci: tehničko rješenje brane i temeljnog ispusta, proprotoci, padovi i podaci o distributivnoj mreži
- izbor veličine izgradnje, vrste i tipa agregata s energetskim proračunima i troškovima izgradnje
- idejno rješenje HE Samarica i priključak elektrane na mrežu.

Opseg: 66 strana, 2 priloga.

Osnovni projekt vodoprivrednog rješenja i energetskog iskorištenja rijeke Mure na pograničnoj dionici prema NR Mađarskoj

Naručilac: Elektroprivreda, Zagreb

Autor: Ljiljana Aleksić, dipl. inž.

Na temelju Osnovnog projekta vodoprivrednog rješenja i energetskog iskorištenja rijeke Mure na dionici od Gibine do ušća (Institut za elektroprivredu Zagreb, 1982. godine) izrađen je prikaz »Osnovnog projekta« za dionicu pograničnu s NR Mađarskom s novelacijom troškova izgradnje. Prikaz se sastoji od tri dijela, a sadrži četiri knjige:

- Knjiga 1. Mogućnosti kompleksnog uređenja Mure na dionici od zajedničkog interesa
- Knjiga 2/1. Energetsko rješenje — Vodna stepenica Letenje
- Knjiga 2/2. Energetsko rješenje — Vodna stepenica Kotoriba
- Knjiga 3. Troškovi izgradnje — VS Letenje i Kotoriba

Opseg: 267 strana, 50 priloga.

Hidrološka studija sliva Kupe

Naručilac: SVIZ za vodno područje sliva Save, Zagreb
SVIZ za vodno područje primorsko-istarskih slivova, Rijeka

Elektroprivreda, Zagreb

Elektroprivreda, Rijeka

Autori: Irena Pavić, dipl. inž.
Boris Štajer, dipl. inž.
u suradnji sa RHMZ — Zagreb — Centar za hidrološka mjerenja i istraživanja

U studiji je provedena hidrološko-statistička obrada hidroloških stanica porječja Kupe. U okviru statističke obrade analizirana je i grafički prikazana koincidencija ekstremnih protoka Kupe i pritoka.

Određivanje dopustivog toplinskog kapaciteta Save s obzirom na toplinsko opterećenje zbog rada NE Krško

Naručilac: NE Krško

Autori: mr Niko Malbaša, dipl. inž.
Krešimir Plantić, dipl. inž.
Branislav Nadinić, dipl. inž.
Ljiljana Aleksić, dipl. inž.

Ostali radovi

Naručitelji: razni

- Recenzija — Studija optimalnog korištenja voda slivova Like i Gacke, hidrološko-klimatološke obrade
- Recenzija — Idejni projekt HE Lešće
- Recenzija novelacije Idejnog projekta HE Podsused
- Consulting-poslovi za potrebe istraživanja lokacije NE Slavonija

STUDIJ TERMOENERGETSKIH SISTEMA

Parametri i uvjeti za lokaciju NE Prevlaka dani u tenderskoj dokumentaciji za međunarodni natječaj za ključnu opremu

Naručilac: ZEOH

Autor: mr Jure Ćurković, dip. inž.

Završeno u prosincu 1985.

U ovom radu obavljen je pregled dokumentacije koja je prikupljena u posljednjih desetak godina od kada se vrše intenzivna istraživanja lokacije NE »Prelaka«. S tim u vezi napravljen je popis od 46 osnovnih lokacijskih parametara i uvjeta.

Parametri i uvjeti grupirani su ovako:

- Seizmološko-geološki i geotehnički parametri
- Hidrološki parametri
- Parametri vanjskih efekata
- Demografski parametri
- Meterološki parametri
- Parametri dani u vodoprivrednim uvjetima
- Parametri dani u naredbi o zaštitnim zonama.

Pri obradi seizmološko-geoloških i geotehničkih uvjeta obavljen je pregled 28 studijsko-istraživačkih radova i odabrano je 10 osnovnih lokacijskih parametara.

Pri obradi hidroloških karakteristika lokacije NE »Prelaka« izvršen je pregled 15 studijsko-istraživačkih radova i odabrano je 9 osnovnih parametara lokacije. Iz studije »Procjena mogućih ekstremnih opasnosti izazvanih ljudskim aktivnostima na lokaciji nuklearne elektrane Prelaka«, koja je jedina studija iz ovog područja, odabrano je 7 osnovnih lokacijskih parametara.

Za analizu demografskih karakteristika lokacije NE »Prelaka« napravljena su dva studijska rada i odabrana su dva osnovna parametra lokacije.

Meterološke karakteristike lokacije NE »Prelaka« obrađivane su u 15 studijsko-istraživačkih radova. Iz ovog područja sistematizirano je 5 osnovnih lokacijskih parametara.

Iz uvjeta postavljenih u suglasnostima na lokaciju NE »Prelaka« sistematizirano je 12 osnovnih zahtjeva kojima ova lokacija mora udovoljiti.

Na taj način napravljen je popis od 46 parametara i uvjeta za lokaciju NE »Prelaka« koji su dani u tenderskoj dokumentaciji za međunarodni natječaj za ključnu opremu.

Utvrđivanje normativnih karakteristika bloka 3 u TE-TO Zagreb

Naručilac: Elektroprivreda, Zagreb, OOUR TE-TO Zagreb

Autori: Čedomir Selanec dipl. inž.,
Ernest Prištuf, dipl. inž. i mjerna ekipa

Završeno u 1985.

Elaborat je izrađen da posluži kao osnova za određivanje normativa potroška topline i vlastitog potroška električne energije bolka 3 u TE-TO Zagreb. Proučavanja i ocjenjivanje raznih energetskih procesa provodi se na osnovi energetskih i eksergetskih bilanci.

Bilanciranje provedeno u ovom elaboratu osnovano je na kompleksnom praćenju svih zbivanja na bloku, a kao polazni kriterij poslužile su karakteristike turbinskog ciklusa. Spomenute karakteristike utvrđene su na osnovi 36 provedenih ispitivanja u raznim uvjetima i opterećenju bloka, čime je obuhvaćen cijeli dijapazon rada koji u praksi dolazi u obzir.

Karakteristike bloka podijeljene su u nekoliko grupa:

a/ kondenzacioni režim rada bloka, b/ i c/ toplifikacijski režim rada uz dvo i jednostepeno zagrijavanje mrežne vode, d/ rad bloka po toplinskom dijagramu uz davanje pare preko kolektora 8 bara i e/ rad kotla samo za potrebe toplifikacije i industrijske pare, turbina izvan pogona. Elaborat obuhvaća dva osnovna poglavlja. U jednom poglavlju obrađene su normativne karakteristike bloka za režima rada pod a/, b/, c/, dok su u drugom poglavlju obrađene normativne karakteristike za rad bloka za režime rada pod d/ i e/. Pomoću normativnih karakteristika može tehničko rukovodstvo TE-TO na jednostavan način za svaki režim utvrditi ekonomske i toplinske pokazatelje.

Opseg: 228 strana osnovnog elaborata, 92 strane priloga, 50 slika i dijagrama.

Proračun faktora razrađena za visinu ispusta 60 m u normalnom pogonu i u slučaju nezgode NE Krško

Naručilac: NE Krško

Autori: mr Vladimir Jelavić, dipl. inž.
mr Jure Ćurković, dipl. inž.
mr Berislav Nadinić, dipl. inž.

Završeno u svibnju 1985.

U radu je dan prikaz modela ATMOS za proračun faktora razređenja za ispuštanje radioaktivnih plinova kroz ventilacijski otvor nuklearne elektrane uzimajući u obzir: suho taloženje, mokro taloženje, uvjete zadimljenja i uključivanje kisika. Faktori razređenja izračunavaju se za slučaj dugotrajnih (rutinskih) ispuštanja i za slučajeve kratkotrajnih (akcidentnih) ispuštanja. Matematički model temeljen je na preporukama američke prake i dokumentima MAEE. Model je primijenjen za izračunavanje faktora razrijeđenja NE Krško.

Opseg: 137 stranica, 78 tablica, 15 slika.

Reevaluacija dijela meteoroloških parametara sadržanih u sigurnosnom izvještaju za NE Prevlaka

Naručilac: ZEOH — Radna grupa za izgradnju NE Prevlaka i EGS Maribor

Autori: mr Vladimir Jelavić
mr Jure Ćurković dipl. inž.

Završeno u prosincu 1985.

U radu je opisan model proračuna faktora razređena za dugotrajna (rutinska) i kratkotrajna ispuštanja. Modelom se izračunavaju faktori razređenja u skladu s američkom praksom i preporukama MAEE. Model je primjenjen za izračunavanje faktora razređenja lokacije NE Prevlaka.

Opseg: 30 stranica, 10 tablica, 1 slika.

Izbor lokacije za toplanu na ugljen na području Zagreba

Naručilac: Elektroprivreda, Zagreb

Autor: mr Niko Malbaša, dipl. inž.

Završeno u prosincu 1985.

Prezentiran je kompletan postupak izbora lokacije za toplanski blok na ugljen na području Zagreba. Nakon definiranja toplane i osnovnih pretpostavki za njen rad formirani su na osnovi važećih propisa kriteriji za vrednovanje i uspoređivanje lokacija te obrađeni najbitniji parametri. Od preko 20 mikrolokacija na početku izbor se sveo na svega 3, na kojima su izvršena i terenska istraživanja ograničenog opsega. Konačno je kao preferentna mikrolokacija izabrana lokacija Resnik.

Opseg: 150 stranica, 11 slika i 7 priloga.

Izrada sažetka podloga potrebnih za ocjenu izvedivosti plana akcija za slučaj akcidenta na nuklearnoj elektrani Prevlaka s preliminarnom ocjenom izvedivosti plana akcija i Priprema i podloga za utvrđivanje podobnosti NE Prevlaka s aspekta ONO

Naručilac: Elektroprivreda Zagreb

Autor: Jadranko Karuza, dipl. inž.

Završeno u travnju 1986.

U okviru navedenog rada pod naslovom podijeljenim u dvije grupe izrađene su za NE Pavlaka, u pripremnoj fazi za dobijanje lokacijske dozvole, osnovne analize potrebnih podloga za ocjenu izvedivosti plana akcija za slučaj akcidenta i utvrđivanje podobnosti NE Prevlaka s aspekta ONO. Rad je podijeljen u četiri dijela i to:

- A. Nacrt sekcije 13.3. Izvještaja o sigurnosti NE Prevlaka prema formatu o izradi sigurnosnih izvještaja u SAD (Regulatory Guide 1.70 rev. 3.). U ovom dijelu rada govori se o problematici Plana akcija za slučaj akcidenta (PASA) koji je predviđen za NE Prevlaka prema formatu definiranom u citiranom propisu i na temelju današnjih saznanja o izgledu buduće NE Prevlaka. Nacrt teksta koji je izrađen obogaćen je odgovarajućim komentarima i analizama o potrebi dodatnih saznanja kako bi se ovaj materijal u toku izgradnje NE Prevlaka dopunio i doradio.
- B. Osnove Plana Akcija za Slučaj Akcidenta (PASA) na NE Prevlaka prema američkom dokumentu NUREG-0654. U ovom dijelu rada, imajući u vidu promjenjivost propisa na području planiranja akcija zaštite za slučaj akcidenta na nuklearnoj elektrani, prikazane su osnove Plana akcija za slučaj akcidenta na NE Prevlaka kako bi one bile izvedene na osnovi najnovijih dokumenata u SAD i u skladu s preporukama Međunarodne Agencije za Atomsku Energiju.
- C. Prijedlog dodatnih podloga PASA. Na osnovi prethodnih analiza u ostalim poglavljima ovog rada izlučene su i sistematizirane osnovne aktivnosti koje je potrebno provesti kako bi se izradio adekvatan Plan akcija za slučaj akcidenta na NE Prevlaka. Prikazane su osnove na kojima treba da je izrađena analiza ugroženosti okoline NE Prevlaka, analiza mogućnosti avakuacije stanovništva oko NE Prevlaka i izrađen preliminarni plan akcija za slučaj akcidenta.
- D. Aspekti ONO. U radu je izvršen pregled potrebnih dokumenata i planova koje će trebati razraditi u fazi izgradnje NE Prevlaka, a prikazane su i osnove za materijalizaciju tih planova kako bi NE Prevlaka i s aspekta ONO bila uključena u sistem ONO i društvene samozaštite.

PREDAVANJA

Tema: Ultrazvučno ispitivanje

Autor: Mato Cvitanović, dipl. inž.

Bez obzira na neke nedostatke, ultrazvučno ispitivanje dijelova, sklopova i zavarениh spojeva na nuklearnoj elektrani zauzima značajno mjesto u nerazornom ocjenjivanju u proizvodnji, montaži i eksploataciji. U predavnju su prikazani specifični utjecaji parametara koje donose materijal, greške, tehnike ispitivanja i baždarenje na ustanovljavanje i provođenje kriterija osiguranja kvalitete. Diskutirane su najvažnije tehnike rada na UZ-ispitivanju i specifični elementi baždarenja.

Tema: PWR (Sistemi, strukture i oprema)

Autor: Vladimir Bradač, dipl. inž.

Materijal je pripremljen kao predavanje u okviru seminara »Vodenje izgradnje nuklearnih elektrana« održanog u 9. i 10. mjesecu 1985. godine u Institutu za elektroprivredu. U elaboratu su prikazani osnovni sistemi nuklearne elektrane PWR tipa (s vodom pod tlakom). Prikazani su reaktorski sistemi, sugurnosni sistemi nuklearnog dijela elektrane. Dani su i osnovni podaci o glavnim komponentama primarnog kruga nuklearne elektrane kao što su reaktorska posuda, generatori pare, pumpe primarnog hladioca, tlačnik i cjevovodi primarnog kruga.

Tema: Ispitivanje vrtložnim strujama

Autor: Mijo Martinko, dipl. inž.

Predavanje se bavi osnovnim principima vezanim uz metodu ispitivanja pomoću vrtložnih struja s osvrtnom na glavne faktore koji utječu na inspekciju kao: faktor ispunjenja, dubina penetracije te ispitna frekvencija. Opisani su različiti tipovi sondi za ispitivanje vrtložnim strujama kao i njihova primjena. Predavanje se bavi principima baždarenja, interpretacijom signala i procedurom miksanja u skladu s ASME B & PV Code Sekcijom V. Jedno od najsloženijih ispitivanja tokom pogonske inspekcije u nuklearnim elektranama je ispitivanje cijevi generatora pare pomoću vrtložnih struja prema NRC RG 1.83. Zbog toga na kraju predavanja autor daje opći pregled glavnih QA zahtijeva i organizacije koji se trebaju primjenjivati kod ispitivanja generatora pare. Također je opisana višefrekventna oprema za ispitivanje pomoću vrtložnih struja koju koristi Institut za elektroprivredu za potrebe ispitivanja cijevi u termoelektranama i nuklearnim elektranama.

Tema: Proces izdavanja dozvola za NE u Jugoslaviji (prilog)

Autor: mr Niko Malbaša, dipl. inž.

Prezentiran je prijedlog sadržaja zaključnih dokumenata za analizu sigurnosti lokacije za nuklearnu elektranu i za izradu studije o utjecaju nuklearnih elektrana na okolinu.

Tema: Proces izdavanja dozvola za nuklearne elektrane u Jugoslaviji

Autor: mr Niko Malbaša, dipl. inž.

Analizirane su osnovne pretpostavke za kvalitetan proces izdavanja dozvola te dane osnovne postupka i najbitije aktivnosti. Analizirane su nadležnosti upravnih organa i domaći propisi iz ovog područja.

Tema: Osiguranje kvalitete za nuklearne elektrane

Autor: Vladimir Bradač, dipl. inž.

Elaborat je pripremljen kao predavanje na seminaru »Vodenje izgradnje nuklearnih elektrana« održanom u »Institutu za elektroprivredu« u 9. i 10. mjesecu 1985. godine.

Svrha predavanja je bila upoznavanje polaznika seminara s osnovnim principima osiguranja kvalitete kod izgradnje nuklearnih elektrana. Prikazan je ukratko razvoj regulative na području osiguranja kvalitete, sigurnosni propisi Međunarodne Agencije za Atomsku Energiju i posebno propisi i smjernice MAAE na području osiguranja kvalitete.

Tema: Ispitivanje tekućim penetrantima i magnetskim česticama

Autori: Marino Balog, dipl. inž. i Mato Cvitanović, dipl. inž.

Ukratko je prikazan način i mogućnosti primjene površinskih metoda ispitivanja pomoću tekućih penetranta i magnetskih čestica, te osnovni principi i vrste navedenih metoda. Razmatrani su utjecajni faktori na izbor pojedinih tehnika ispitivanja, te osnovni zahtjevi osiguranja kvalitete (QA) koji se traže kod provedbe ispitivanja.

STUDIJ VISOKONAPONSKE OPREME I PRIJENOSNIH MREŽA

Uzemljenje zvjezdišta mreže 10(20) kV Elektroistre — konkretna primjena na mreže Poreča i Rovinja

Naručilac: Elektroistra, Pula

Autori: dr Miroslav Jung, dipl. inž. (I dio: Uzemljenje zvjezdišta i proračun kratkog spoja)
Željko Žlutar, dipl. inž. (II dio: Relejna zaštita), ETF
Srećko Bojić, dipl. inž. (III dio: Prenaponska zaštita)
Ante Sekso, dipl. inž. i Srećko Bojić, dipl. inž. (IV dio: Uzemljivači postrojenja i zaštita od opasnih napona)
Proračun na računskom stroju: mr Davor Nevečerel, dipl. inž.

Završeno u prosincu 1985.

U I dijelu prikazana je problematika rješavanja uzemljenja zvjezdišta mješovitih nadzemnokabelskih razdjelnih elektroenergetskih mreže nazivnog napona 10 kV s izoliranim zvjezdištem koje će u doglednoj budućnosti biti stavljene pod nazivni napon 20 kV, s konkretnom primjenom na mreže 10(20) kV Poreča i Rovinja.

U navedenim mrežama iznose kapacitivne struje zemljspoja, uzrokovane uglavnom položenim kabelima, približno 60 ampera efektivne vrijednosti (50 Hz) što trostruko premašuje preporučenu granicu od 20 A za mreže 10 kV. Nakon prijelaza na napon 20 kV kapacitivne struje će se udvostručiti, ali i dalje korištenje opreme reda 10 kV bezuvjetno zahtijeva uzemljavanje njihovih zvjezdišta.

Radi spomenutih kapacitivnih struja zemljspoja potrebno je zvjezdišta navedenih mreža uzemljiti preko otpornika za ograničenje struja jednogpolnog kratkog spoja na barem 300 A, što, međutim, opasni naponi uvjetovani postojećim uzemljivačima TS 10(20)/0,4 kV priključenim na nadzemne vodove ne dozvoljavaju. Kako bi se u kabelskim dijelovima mreža šklopni prenaponi ipak ograničili na podnošljivu mjeru, uz najneophodnije zahvate na uzemljivačima postrojenja u nadzemnim dijelovima mreža, predloženo je kabelske dijelove mreža galvanski odvojiti od njihovih nadzemnih odnosno mješovitih dijelova, te zvjezdišta kabelskih mreža uzemljiti preko kovinskih otpornika $U_n = 6(12)$ kV, $I_n = 300$ A, a zvjezdišta preostalih nadzemnih mreža, nakon prijelaza na napon 20 kV, uzemljiti preko otpornika $U_n = 12$ kV, $I_n = 100$ A.

U II dijelu analizirane su prilike pri trolnom kratkom spoju i pri jednogpolnom kratkom spoju sa stajališta relejne zaštite. Predložena je relejna zaštita vodova 10 kV, otpornika u zvjezdištu na transformatoru 10/0,4 kV, kao umjetnim zvjezdištem. Udešenja releja provjerena su i proračunata s obzirom na zahtjeve sigurnosti i osjetljivosti.

U III dijelu studije prikazana je problematika prenaponske zaštite mreže u uvjetima otporno uzemljenog zvjezdišta. Budući da nivo unutarnjih prenapona prvenstveno ovisi o iznosu (otporom ograničene) struje jednogpolnog kratkog spoja, prikazana je kratka kvalitativna analiza ovisnosti nivoa unutarnjih prenapona o veličini otpora u zvjezdištu mreže. Pokazuje se da se ograničenjem struje jednogpolnog kvara na nivo otprilike 300 A postižu zadovoljavajuća sniženja nivoa unutarnjih prenapona, a kao razumno donja granica može se preporučiti ograničenje struje jednogpolnog kvara na iznos od 150 A. U takvim uvjetima uzemljenja zvjezdišta preostaje provedba zaštitnih mjera od prenapona atmosferskog porijekla.

Prenaponska zaštita postrojenja organizirana je ventilnim odvodnicima prenapona. S obzirom na razgranatost mreže 10(20) kV i brojnost postrojenja 10(20)/0,4 kV, odabrane su karakteristične konfiguracije i njihov sistem zaštite, dok je za postrojenja 110/35/10(20) kV i 35/10(20) kV sistem zaštite proanaliziran i prikazan posebno za svaki pojedini slučaj. U prenaponskoj zaštiti vodova 10(20) kV treba se ograničiti samo na zaštitu pojedinih stupnih mjesta gdje su zabilježena česta uništenja izolacije ili oštećenja stupa.

IV dio. Problematika uzemljivača u slučaju ovakvih mreža diktira opće rješenje uzemljenja zvjezdišta. Optimalno rješenje treba tražiti u tehničko-ekonomskoj analizi svih alternativa uključujući i promjene konfiguracije mreža, tj. striktno odvajanje kabelskih od nadzemnih mreža. Naime, analiza karakteristika uzemljivača, provedena na reprezentativnom mjernom uzorku, pokazuje da u postojećem stanju mješovitih mreža nije moguće naći rješenje za uzemljivače koje bi bilo ekonomski prihvatljivo i koje bi istovremeno osiguralo minimalne prenapone u mreži. Stoga se na primjeru mreža 10(20) kV Rovinja i Poreča predložilo odvajanje gotovo čistih kabelskih mreža od pretežno nadzemnih mreža, i to uz različite vrijednosti struja jednogpolnih kratkih spojeva, što je razrađeno u I dijelu studije. Uz 300 A u kabelskim mrežama ostaje da se urede uzemljivači u samo 2 TS u mreži Rovinja, dok uz 100 A u pretežno nadzemnim vodovima treba popraviti uzemljivače u relativno malom broju trafo-stanica. Na kraju treba reći da je ovakvo rješenje bazirano na polaznoj pretpostavci o zaštiti niskonaponskih mreža primjenom nulovanja čija bi zamjena drugim zaštitnim mjerama ekonomski bila teško izvediva.

Opseg: 139 stranica teksta, 23 tablice, 39 slika.

Podloge za »Studiju razvoja prijenosne mreže Jugoslavije 2010. godine«

Naručilac: ZEOH

Autor: mr Zdenko Tonković, dipl. inž.

Završeno u listopadu 1985.

Za studiju razvoja superponirane prijenosne mreže Jugoslavije razrađene su podloge za SR Hrvatsku. Za promatrano razdoblje dano je opterećenje sistema na razini 110 kV, te očekivano angažiranje izvora na višim naponskim razinama. Ova razrada učinjena je prema globalnim planskim veličinama. Razvoj mreže dan je u alternativama.

Opseg: 24 stranice, protokoli računskog stroja.

Prijenosna mreža SR Hrvatske za razdoblje 1985-1990. godine

Naručilac: ZEOH

Autor: mr Zdenko Tonković, dipl. inž.

Završeno u veljači 1985.

U studiji su najprije razradene elektroenergetske podloge za potrebe planiranja prijenosnog sistema na bazi globalnih veličina. S tako formiranim podacima o čvorištima i podacima o mreži postavljen je model sistema za ispitivanje na računskom stroju. Dalje su dani način i kriteriji ispitivanja. Analiza sistema na modelu provedena je prvo za superponiranu mrežu 220 kV i 400 kV u cjelini, a onda je 110 kV mreža analizirana po elektroprivrednim područjima Osijeka, Rijeke, Splita i Zagreba. Ustanovljena su uska grla i kritičkim osvrtom dana je potrebna izgradnja mreže.

Opseg: 138 stranica, 53 slike, protokoli s računskog stroja.

Analiza najpovoljnijeg uklopnog stanja TS 380/220/110 kV Melina

Naručilac: Elektroprivreda, Rijeka

Autor: mr Zdenko Tonković, dipl. inž.

Završeno u rujnu 1985.

U radu se analizira topologija mreže u široj okolini TS Melina, od HE Senj do TS Pehlin i TE Plomin, i incidencija vodova i sistema sabirnica u TS Melina. Glavni problem koji je ispitivan u elaboratu jest pitanje rasporeda odgovarajućih vodova na sabirničke sisteme u TS Melina. U postrojenju su izgrađene trostruke glavne sabirnice 110 kV i 220 kV pa su prvo uvedeni kriteriji tretiranja takvih sabirnica, a onda je provedeno uzdužno sekcioniranje postrojenja i postavljen model za ispitivanja na računskom stroju. U traženju rješenja ustanovljena su reprezentativna elektroenergetska stanja i onda je ispitivan najpovoljniji način priključivanja vodova. Predloženo (i prihvaćeno) rješenje osigurava najveću pouzdanost u pogonu uz najmanje gubitke.

Opseg: 37 stranica, 22 slike, protokoli s računskog stroja.

Elektroenergetske podloge za projekciju prostornog plana SR Hrvatske — prijenosna mraža

Naručilac: ZEOH

Autor: mr Zdenko Tonković, dipl. inž.

Završeno u lipnju 1985.

Za potrebe Generalnog prostornog plana SRH do 2000 (2015) godine dano je postojeće stanje mreže, kao i ono maksimalno sagledivo u budućnosti. Posebno je ispitana veza novih proizvodnih kapaciteta sa mrežom. Dane su i alternative.

Opseg: 24 stranice, topografske karte s ucrtanim trasama 110-400 kV vodova na teritoriju SRH.

Optimalni način priključka TS 400/110 kV Žerjavinec na 110 kV mrežu — I etapa

Naručilac: Elektroprivreda, Zagreb

Autor: mr Zdenko Tonković, dipl. inž.

Završeno u srpnju 1985.

U radu je traženo najpovoljnije uklapanje buduće TS 400/110 kV mrežu. Predloženim (i prihvaćenim) rješenjem poštuje se etapnost razvoja mreže i postrojenja te je određena minimalna potrebna izgradnja. Iznesena su i još neka relevantna pitanja u vezi s 400 kV stanicama.

Opseg rada: 35 stranica, 26 slika, protokoli s računskog stroja.

Tipizacija nadzemnih radova za potrebe elektroenergetskog sistema Hrvatske

Naručilac: Dalekovod, Zagreb

Autori: mr Zdenko Tonković, dipl. inž. (Poglavlje 1.: Električki i mehanički parametri dalekovoda 110 kV), mr Davor Nevečerel, dipl. inž. (Poglavlje 2.: Konstante voda) dr Miroslav Jung, dipl. inž. (Poglavlje 3.: Struje kratkog spoja i njihova raspodjela)

Završeno u svibnju 1985.

U prvom poglavlju tražen je optimalni presjek za 110 kV vod. U tom su cilju najprije dani osnovni parametri mreže 110 kV, a onda je dana metodologija izbora presjeka vodiča i zaštitnih užeta za nadzemne vodove 110 kV. Postavljeni su osnovni kriteriji za tipizaciju vodiča, pa najčešće do sada upotrebljavani materijali i presjeci, i na kraju je predložen najpovoljniji presjek za tipiziranje vodiča. S obzirom na predloženi presjek i pretpostavke koje su prethodile provjerenju je na modelu opterećenja 110 kV mreže SR Hrvatske u srednjeročnom razdoblju. Analogno vodičima obrađeno je i zaštitno uže.

U nastavku je obrađeno dozvoljeno strujno opterećenje vodiča presjeka 150 do 490 Ač s obzirom na postojeću jugoslavensku regulativu. Na kraju su dani tablični i grafički prikazi maksimalne opteretivosti vodiča u ovisnosti o temperaturi okoline.

U drugom poglavlju sadržana su osnovna načela proračuna direktne i nulte uzdužne impedancije i poprečne admitancije po jedinici dužine voda kod struja pogonske frekvencije. Tu su sadržani jednostruki i dvostruki vodovi kao i konstantne nazivne odnosno ovisne o dužini voda, tablični pregled konstanta izgrađenih karakterističnih vodova 110 kV na području SR Hrvatske i zaključak.

Za potrebe projektiranja trofaznih nadzemnih elektroenergetskih vodova nazivnog napona 110 kV s brzim automatskim isklapanjem jedno i višepolnih kvarova, na području SRH, načelno je prikazan u trećem poglavlju proračun najvećih mogućih vrijednosti ukupnih početnih struja trolnog i jednopolnog kratkog spoja, kao i njihove raspodjele u trasi bolesnog voda, kod neistodobnih potpunih kvarova na različitim položajima projektiranog voda, u određenoj elektroenergetskoj mreži.

Opseg: 103 stranice, 17 slika, 3 tablice.

Uzemljenje zvjezdišta mreža 30 kV napajanih iz TS 110/30 kV Resnik i TE-TO Aktualizacija studije iz godine 1975.

Studiju sačinjavaju tri dijela:

- I dio: Uzemljivač postrojenja
- II dio: Uzemljenje zvjezdišta
- III dio: Proračun kratkog spoja.

Završeno u lipnju 1985.

Autor I dijela: Josip Kučak, dipl. inž.

Prijelazom mreža 30 kV istočnog dijela grada Zagreba, napajanih iz TS 110/30 kV Resnik i TE-TO, sa pogona s izoliranim zvjezdištem na pogon sa zvjezdištem uzemljenim preko malog otpora dolazi do znatnog povećanja struja jednopolnih kratkih spojeva u odnosu na struje zemljospoja.

Zadatak je elaborata bio da se mjerenjem na mreži 30 kV Elektre — Zagreb, istočni dio, provjeri stanje uzemljivača transformatorskih stanica 30/10 kV iz kojih uglavnom izlazi i niski napon (0,4) kV u novim uvjetima. U mreži 30 kV vezanih na TE-TO ispitano je 8 stanica, a u mreži 30 kV Resnik ispitano je 9 trafo stanica.

Sva ispitivanja provedena su niskim naponom 380 odnosno 220 V, uz napomenu da je kratki spoj napajan iz kućnog transformatora u TS Resnik i TE-TO. Program mjerenja obuhvatio je sljedeće:

- mjerenje potencijala uzemljivača
- raspodjela struje jednopolnog kratkog spoja
- napon dodira i potencijal nul-vodiča
- uzdužna EMS-a na signalnim kabelima TK.

Analiza rezultata mjerenja u kabelskoj mreži pokazala je da je potrebna provjera nekih uzemljivača s visokim naponom pošto su zbog utjecaja smetnji rezultati nepouzdati kod niskog napona.

Osim toga, razmatrana je termička izdržljivost plašta kabela i zaštitnog užeta. U nadzemoj mreži 30 kV pokazalo se da uzemljivači ne zadovoljavaju za struju 1 000 A.

Opseg: 47 stranica teksta, 20 nacрта.

Autor II dijela: dr Miroslav Jung, dipl. inž.

Nakon havarije od 16. listopada 1981. u mreži 30 kV Jaruna započela je široka akcija na uzemljivanju dotad uglavnom izoliranih zvjezdišta razdjelnih elektroenergetskih mreža visokog napona na području SR Hrvatske.

U okviru navedene akcije pristupilo se je i aktualizaciji studije uzemljenja zvjezdišta mreža 30 kV Elektre Zagreb, iz godine 1975, pa je zvjezdište mreže 30 kV Jaruna uzemljeno 15. travnja 1983. preko kovinskog otpornika $U_n = 18\text{ kV}$, $I_n = 1\text{ 000 A}$. U ovoj studiji aktualizirano je ranije rješenje uzemljenja zvjezdišta

mreža 30 kV Resnika i TE-TO. Zvezdišta navedenih mreža predloženo je uzemljiti na jednaki način kao i u Jarunu, s time da se prethodno visokonaponskim ispitivanjima provjere potencijali uzemljivača i nul-vodiča odnosno naponi do dira nekih TS 30/10/0,4 kV, i to prema rezultatima niskonaponskih mjerenja i zaključcima iz I dijela ove studije.

Opseg: 21 stranica teksta, 21 tablica, 40 crteža.

Autor III dijela: Željko Zlatar, dipl. inž.

Prelaskom mreže 30 kV s izoliranog zvezdišta na uzemljenje preko malog otpora provedena je analiza rada relejne zaštite za redovito i izvanredno uklopno stanje. Za rad relejne zaštite razmatrani su trolni kratki spoj, zemljospoj i jednopolni kratki spoj.

Razmatrana je postojeća relejna zaštita, te njezin izbor za privremeno i konačno rješenje. Na kraju elaborata dan je proračun udešenja relejne zaštite sa strujnim i otpornim udešenjima s osvrtom na proračunata udešenja, releja. Također je obavljena toplinska provjera kabela i nadzemnih vodova.

Opseg: 39 stranica teksta, 29 slika.

Aktivnosti na pregledu i ocjeni idejnih rješenja, projekata i ostale projektne dokumentacije elektroenergetskih objekata

Izveštaj o recenziji »Studije daljinskog upravljanja energetskih objekata na području Dobre i Zagorske Mrežnice«

Investitor: Elektroprivreda, Zagreb

Izveštaj izradili: Duro Stanković, dipl. inž., IE
Dimitrije Avdejev, dipl. inž.
Srećko Bojić, dipl. inž.
Duro Hatić, dipl. inž.
dr Sejid Tešnjak, dipl. inž., ETF
Tomislav Tomiša, dipl. inž., ETF
Ante Marušić, dipl. inž. ETF

Studijom je prikazana koncepcija sistema daljinskog upravljanja hidroenergetskim objektima na području Dobre i Zagorske Mrežnice s namjerom da se optimalno iskoristi hidroenergetski potencijal porječja navedenih rijeka te sprečavanje štetnih posljedica nadolaska velikih vodnih valova.

U izvještaju su prikazane stručne ocjene i mišljenja autora o kompletnosti i vrijednosti tehničko-ekonomskih rješenja navedenih radova. Također su dane smjernice i preporuke za što potpuniju izradu dalje projektne dokumentacije.

Osiguranje kvalitete RHE »Obrovac«

Autori: dr Fedor Šprung, dipl. inž.
Pal Zahorec, dipl. inž.
Srećko Bojić, dipl. inž.

Završeno u ožujku 1985.

U povodu dovršetka izgradnje RHE »Obrovac« razrađena je i komentirana dokumentacija o osiguranju kvalitete dvaju sinhronih motor-generatora po 155 MVA, pripadnih blok-transformatora 15,75/400 kV i jednog mrežnog transformatora 400/115/31,5 kV, dva transformatora vlastite potrošnje, dva transformatora za tiristorsku uzbudu i oklopljenih sabirnica.

Ovaj rad specifičan je utoliko ukoliko su i ova hidroelektrana i pojedini dijelovi opreme specifični u odnosu na ostale hidroenergetske objekte, a posebno po pažnji koja je prilikom ugovaranja poklonjena osiguranju kvalitete. Prvi put su primijenjene sabirnice pod tlakom, izvedene od domaćeg ključnog materijala i montirane od domaćih radnih organizacija, te je za njih osim programa osiguranja kvalitete morao biti razrađen i niz kriterija o preuzimanju komponenti. Mali je broj domaćih proizvođača udovoljio tim kriterijima baziranim na preporukama IEC, ali su se našli proizvođači voljni da osvoje proizvode do sada u zemlji nezahtijevanih kvaliteta.

Dokumentacija po kojoj su sabirnice proizvedene i montirane kupljena je u inozemstvu i njezina nostrifikacija također je bila sastavni dio rada na osiguranju kvalitete.

Ove sabirnice na kraju su i ispitane pokretnom visokonaponskom ispitnom stanicom Instituta i u potpunosti zadovoljavaju IEC propise.

Također je prvi put u jednom elektroprivrednom objektu primijenjen sistem zaštite tiristorske uzbude i frekventnog pokretača koji reagira na gradijent struje kratkog spoja, još prije no što njen iznos postane opasan za tiristore.

Rad se sastoji od 3 knjige — jedna obrađuje generatore, druga transformatore, a treća oklopljene sabirnice.

Opseg: 786 stranica, 86 tablica i 62 dijagrama i slika.

Metodologija istraživanja zagađenja vanjske izolacije elektroenergetskih objekata

Autori: Ante Sekso, dipl. inž.

Zoran Rimac, dipl. inž., IRCE, Energoinvest

Završeno u rujnu 1985.

U studiji su sistematski prikazane metode istraživanja ponašanja vanjske visokonaponske izolacije izložene utjecaju zagađene atmosfere. Svrha je studije da pokrene zajedničku akciju na nivou elektroprivrede Jugoslavije u smislu dugoročnog istraživanja i pronalaženja najboljih rješenja. Zbog toga se u početnim poglavljima daje opći prikaz istraživanja u svijetu i kod nas, a zatim detaljniji prikaz stanja zagađenosti vanjske izolacije u Jugoslaviji. Na osnovi ankete i dosadašnjih radova izrađena je karta na kojoj su označena područja ugroženosti vanjske visokonaponske izolacije različitim izvorima zagađenja na teritoriju SFRJ.

Zatim je dan kratki prikaz meteoroloških fenomena koji utječu na fizikalnu pojavu preskoka na zagađenim izolatorima. Fizikalni i kemijski procesi koji vode do preskoka detaljno su opisani u posebnom poglavlju.

Osnovni dio studije čine poglavlja u kojima su opisane laboratorijske i terenske metode ispitivanja izolatora, te metode mjerenja nivoa zagađenja. Od laboratorijskih metoda kao osnovna preporuča se metoda slane magle, koja se već koristi u našoj zemlji. Stoga se kao najvažija dopuna dosadašnjim ispitivanjima predlaže izgradnja jedne centralne ispitne stanice za ispitivanje izolatora pod naponom u prirodnim uvjetima zagađenja.

Na kraju su dosta opširno opisane različite zaštitne mjere za ugroženu izolaciju, kao što su pranje, premazivanje itd., te je dan popis najvažnije laboratorijske i terenske opreme koju je nužno nabaviti. Usvajanjem predložene jedinstvene metodologije mjerenja nivoa zagađenja te izgradnjom terenske ispitne stanice dobili bi se uvjeti za brže i kvalitetnije rješavanje problematike rada izolacije u uvjetima zagađene atmosfere.

Opseg: 248 stranica sa 55 slika i 14 tablica.

Mjerenje napona opasnosti u dojavnim vodovima pod utjecajem elektroenergetskog voda 2 × 220(110) kV Pehlin-Plomin

Autor: dr Miroslav Jung, dipl. inž.

Završeno u travnju 1985.

S obzirom na nepovoljne rezultate proračuna napona opasnosti iz projekta utjecaja i zaštite dojavnih vodova pod utjecajem elektroenergetskog nadzemnog voda 2 × 220(110) kV Pehlin-Plomin, odnosno radi opravdanja visokih ulaganja u zaštitu utjecanih vodova, provedena su visokonaponska ispitivanja ukupne inducirane elektromotorne sile. Rezultati ispitivanja na sedam vodova pokazuju da je napon opasnosti u tri linije niži od dozvoljenih 430 V, u jednoj liniji iznosi 575 V (što je manje od 650 V), a u preostala tri voda iznosi 708, 902 odnosno 4 259 V.

Opseg: 6 stranica teksta, 6 stranica oscilograma, 24 stranice dodatka.

Program osiguranja kvalitete elektroopreme HE »Dubrava«

Autori: dr Fedor Šprung, dipl. inž.
mr Boris Kalan, dipl. inž.
Dimitrije Avdejev, dipl. inž.

Završeno u prosincu 1985.

Programom osiguranja kvalitete obuhvaćena je sva elektrotehnička oprema ove hidroelektrane: za cijevne generatore, za mjernu i regulacionu opremu vodnih turbina, za transformatore viših napona 110 kV i 35 kV, 6,3 kV i 0,4 kV; za telekomunikacije i istosmjerne razvode, za elektrotehničke komponente strojarske opreme i za prateću opremu za automatiku postrojenja.

Rad se osniva na dosadašnjem iskustvu sa NE »Krško«, HE »Čakovec« i TE-TO »Osijek«, a prvi put je obuhvaćena ovakvim programom cjelokupna elektrotehnička oprema jedne elektrane.

Opseg: 167 stranica.

Rješenje za određivanje topline gubitaka kabela, te ispitivanje specifičnog otpora tla s proračunom karakteristika kabela na trasi 110 kV od TS EL-TO, preko TS Centar I (Trpimirova) do TS TE-TO

Studija je sastavljena od 3 dijela.

Autori I dijela: dr Fedor Šprung, dipl. inž.
Srećko Bojić, dipl. inž.
Đuro Juretić, tehn.

Sadržaj I dijela

Trasa kabela na potezu navedenom u naslovu prolazi kroz vrlo različita područja: područja poslijeratne urbane i industrijske gradnje, područja izgrađena između dva svjetska rata i područja izgrađena prije prvoga svjetskog rata. Također se na mnogo mjesta pojavljuju križanja i paralelna vođenja s daljinskom toplovodnom mrežom, i cestovnim i željezničkim prometnim arterijama. Svi dijelovi trase, osim dijela s raslim terenom pokazuju velike nehomogenosti u sastavu tla do dubina važnih za odvođenje topline kabela. Zbog nehomogenosti tla je bilo potrebno ustanoviti toplinsku vodljivost u različitim dubinama na pojedinim mjernim mjestima toplinske vodljivosti tla. U tu svrhu su posebne sonde koje daju raspored toplinske vodljivosti po dubini terena. Broj mjernih mjesta morao je biti takav da se s dovoljnom vjerojatnošću ustanove duljine područja sa sličnim nepravilnostima u terenu radi zamjena materijala zatrpavanja kabelskog rova. Pomoću matematičkog modela kabela i tla ustanovljena je moć prijenosa topline po duljini trase kad se pojavi diskontinuitet u toplinskom otporu okoline kabela. Rješavano je i pitanje dodatnog i bočnog odvođenja topline u kritičnim dijelovima trase, kao što su paralelno vođenje i križanje kabela i toplovoda. Specifične okolnosti koje se pojavljuju na krajevima kabela duž trase na dva mjesta riješeno je hlađenje kabela putem prirodne ventilacije.

Opseg: 174 stranice unutar kojih su 32 dijagrama i dodatno 37 numeriranih slika na inače nenumeriranim stranicama.

Autor II dijela: Josip Kučak, dipl. inž.

Sadržaj II dijela

Izgradnjom budućih transformatorskih stanica 110/20 kV EL-TO i Centar I (Trpimirova), povezivanje mrežom 110 kV predviđeno je **kabelom** nazivnog napona 110 kV na TS 110/30/10 kV TE-TO na istočnoj strani gradske mreže Elektro Zagreb. Projektirane su 2 dionice kabela:

- a) od TS 110/20 kV EL-TO do TS 110/20 kV Centar I (Trpimirova) ukupne dužine 3 830 m,
- b) od TS 110/20 kV Centar I (Trpimirova) do TS 110/30/10 kV TE-TO ukupne dužine 6 350 m.

Zadatak studije bio je da se istraži specifičan električni otpor tla u skladu sa sljedećim programom:

- mjerenje specifičnog električnog otpora tla izvršiti metodom geoelektričkog sondiranja
- mjerenja na obje dionice ukupne dužine oko 10,5 km izvršiti na prosječnom razmaku oko 200 m
- na svakoj mjernoj točki izvršiti mjerenje na dubini 1,2 i 1,5 m.

Opseg: 23 stranice teksta, 8 nacrtā.

Autor III dijela: dr Miroslav Jung, dipl. inž.

Sadržaj III dijela

Za potrebe proračuna napona opasnosti u dojavnim vodovima — pod utjecajem elektroenergetskih kabelskih vodova nazivnog napona 110 kV u trasi EL TO — Centar II (Pierottieva) — Centar I (Trpimirova — Volovčica — TE TO, gdje će biti u trolistu položeni jednožilni kabeli tipa XHP-A, nazivnog napona 110/3 kV, sa aluminjskim vodičima presjeka 1000 mm² i bakrenom električnom zaštitom presjeka 95 mm² — proveden je najprije proračun električnih nadomjesnih parametara navedenog kabelskog voda. Zatim je za prilike u elektroenergetskom sistemu, očekivanom godine 1990, obavljen proračun raspodjele trostrukih nultih komponenata početnih struja jednopolnog kratkog spoja i inducirajućih struja u tlu kod neistodobnih kvarova na različitim mjestima duž trase navedenih kabelskih vodova. Rezultati su prikazani tabelarno i grafički. Budući da su rezultati navedenih proračuna inducirajućih struja u tlu, kao i rezultati proračuna ukupne inducirane uzdužne elektromotorne sile u utjecanim objektima na gradskom području nedovoljno pouzdani, preporuča se da se prilikom stavljanja navedenih kabela u pogon ispituju naponi opasnosti visokonaponskom metodom.

Opseg: 11 stranica teksta, 4 tablice, 7 crteža, 8 stranica protokola računskog stroja.

Aktivnosti na osiguranju kvalitete za I&C u NE Krško

Izvršioci: D. Avdejev, dipl. inž.,
mr B. Kalan, dipl. inž.

U toku remonta NE Krško obavljene su aktivnosti osiguranja kvalitete za opremu i siteme mjerenja, regulacije i upravljanja, i to: pregled radnih naloga, evaluacije rezultata ispitivanja, pregled primjene sistema QA (audit) u odjelu za održavanje opreme I&C, kao i pregled tehničke i ostale dokumentacije. Izdano je stručno mišljenje za početak rada NE Krško.

Konzultantski poslovi na izgradnji TE Plomin II

Izvršilac: B. Kalan, dipl. inž.

U toku priprema za izgradnju TE Plomin II obavljani su sljedeći konzultantski poslovi za opremu i sisteme MRA: pregled i komentar tenderske dokumentacije, izrada kriterija za odabiranje najpovoljnijeg ponuđača, kao i pregled i ocjena ponudbene dokumentacije.

Program osiguranja i kontrole kvalitete uređaja i sistema regulacije termoenergetskih jedinica na tekuća, plinovita i kruta goriva

1. Faza, 2. dio: Obrada zahtjeva na kvalitet regulacije generatora

Autori: mr B. Kalan, dipl. inž.
mr Ž. Nikolić, dipl. inž.

Završeno u ožujku 1985.

U studiji su obrađeni zahtjevi na kvalitetu regulacije sljedećih regulacijskih petlji generatora pare i regulacija tlaka pare, regulacija podtlaka u kućištu, regulacija izolirane temperature mlinova, regulacija razine vode u bubnju, regulacija napajanja i regulacija temperature svježe pare. Također su obrađeni zahtjevi na karakteristike objekata regulacije, kao i mjernih davača i izvršnih uređaja.

Opseg: 110 stranica, 52 slike, 11 tablica.

Proračun konstanata i raspodjele najvećih početnih struja jednopolnog kratkog spoja na vodu 110 kV Rakitje — Švarča — Delnice

Autor: mr Davor Nevečerel, dipl. inž.

Završeno u svibnju 1985.

Proveden je proračun raspodjele najvećih trostrukih nultih struja u vodičima i tlu, kod neistodobnih jednopolnih kratkih spojeva duž trase voda Rakitje — Švarča — Delnice. Podloge proračuna su posebno proveden proračun konstanata navedenih vodova kao i proračun nadomjesne mreže SRH u čvorovima redukcije TS Rakitje, TS Zagreb, TS Vojnić i HE Vinodol.

Opseg: 28 stranica, 5 slika, 2 tablice, protokol računskog stroja.

TS 110/35 kV Dubrava, proračun struja jednopolnog kratkog spoja

Autor: mr Davor Nevečerel, dipl. inž.

Završeno u lipnju 1985.

Studija sadrži proračun raspodjele najvećih trostrukih nultih struja u vodičima i tlu kod neistodobnih jednopolnih kratkih spojeva duž trase vodova TE Plomin — TS Dubrava — TS Raša, uz prethodno obavljen proračun konstanata vodova i redukciju elektroenergetskog sistema SRH na sabirnice TE Plomin i TS Raša.

Opseg: 21 stranica, 6 slika, 2 tablice, protokol računskog stroja.

Raspodjele struja jednopolnog kratkog spoja na DV 110 kV Pračno — Željezara — TE Sisak

Autor: mr Davor Nevečerel, dipl. inž.

Završeno u rujnu 1985.

Elaborat sadrži proračun raspodjele struje jednopolnog kratkog spoja na 110 kV vodovima na području Siska, vezano uz uključivanje TS 110/35 kV Željezare I u mrežu 110 kV (I etapa i definitivā).

Opseg: 59 stranica, 13 slika, 4 tablice, protokol računskog stroja.

Studija kratkog spoja na vodu 400 kV Dubrovo — Thessaloniki, god. 1990.

Autor: mr Davor Nevečerel, dipl. inž.

Završeno u svibnju 1985.

Proveden je proračun prijelaznog trolnog i jednopolnog maksimalnog i minimalnog kratkog spoja (struje, naponi) na potezu 400 kV voda Dubrovo — Thessaloniki oko 1990. godine, koji predstavlja interkonekciju elektroenergetskih sistema Jugoslavije i Grčke. Rezultati proračuna mogu poslužiti kao jednoznačni pokazatelji za modeliranje utjecaja elektroenergetskog sistema SFRJ u proračunima kratkog spoja u mreži Grčke i obrnuto.

Opseg: 10 stranica, 4 tablice, 3 dodatka.

Proračun kratkog spoja na 110 kV sabirnicama HE Lešće i Lučica

Autor: mr Davor Nevečerel, dipl. inž.

Završeno u lipnju 1985.

Zadatak ove razrade bio je proračun početnog jednopolnog i trolnog kratkog spoja na 110 kV sabirnicama predviđenih HE Lešće i HE Lučica. Uklapanje spomenutih HE je izvedeno novim 110 kV vodom na potezu HE Gojak — TS Vojnić. Rezultati proračuna poslužili su i za kritički osvrt na priloženi pojednostavnjeni proračun kratkog spoja u pogledu primjenjivosti metode.

Opseg: 6 stranica, 3 priloga, protokol računskog stroja.

Razvoj prototipnih uređaja za zaštitu istosmjernih krugova u TS prijenosne mreže

Autor: Dragutin Mihalic, dipl. inž.

U studiji je razmotrena problematika pouzdanosti napajanja istosmjernim naponom u TS prijenosne mreže, obuhvaćajući sve elemente u razvodu istosmjernog napona s naglaskom na objašnjenju svih potrebnih karakteristika opreme radi dobivanja najsigurnijeg modela razvoda s potpuno selektivnom zaštitom izvedenom s uređajima domaće proizvodnje. U tu svrhu osim teoretskih provedena su i potrebna eksperimentalna istraživanja. Istraživanje je započeto analizom ponašanja akubaterija u kratkom spoju te analizom istosmjernog razvoda u nekoliko postojećih TS. Razmatrane su nadalje karakteristike i upotrebljivost zaštitnih uređaja domaće proizvodnje te izvršen izbor optimalnih kombinacija prekidača s obzirom na selektivnost i ostale utjecajne faktore za razne modele razvoda. Rješavani je problem dimenzioniranja vodova te kontrole ispravnosti i signalizacija kvara. Na kraju je predložen najsigurniji model razvoda s optimalnom kombinacijom zaštitnih uređaja i potrebnim presjecima vodiča, dane su smjernice i obrazložene metode za proračun i izbor aku-baterije i proračun kratkog spoja te predložene rekonstrukcije u razmatranim postojećim objektima. Rezultate istraživanja i dobivene zaključke ove studije prihvatili su na izvršenoj recenziji naručioc i oni čine osnovu na kojoj će biti projektirano i izvedeno rješenje istosmjernog razvoda u tipskoj trafo-stanice 110/X.

Opseg: 106 stranica, 20 slika.

Izvještaj o ispitivanju električne opreme u HE Senj u 1985. godini

Autor: Dragutin Mihalic, dipl. inž.

U toku 1985. godine u HE Senj provedena su ispitivanja stanja električne opreme. Neke od tih ispitivanja obavili su osim Instituta za elektroprivredu i drugi izvođači, a Institut je imao zadatak analizirati sva provedena mjerenja, dati ocjenu stanja i prijedlog daljnjih potrebnih aktivnosti. Ovaj elaborat obuhvaća generator br. 3, energetske blok-transformatore kapacitivne naponske transformatore 110 kV kabele i generatorske sabirnice 10,5 kV te odvodnike prenapona.

Opseg: 84 stranice, 6 slika, 2 priloga.

Ispitivanje i analiza stanja elektrotehničke opreme TE »Plomin« — I dio

Autor: Dragutin Mihalic, dipl. inž.

Suradnici: S. Zubić, teh.
Đuro Juretić, tehn.
Ivan Konfic, tehn.
S. Subotić, tehn.
D. Advejev, dipl. inž.

Knjiga 1 — Generatori i elektromotori 6 kV

U TE »Plomin« obavljeno je ispitivanje stanja generatora i elektromotora 6 kV. U završnom eleboratu prikazane su mjerne metode i kriteriji za ocjenu stanja, izvršena je analiza mjernih rezultata, dani su zaključci o stanju opreme te preporučene potrebne aktivnosti radi daljnjeg kvalitetnog održavanja.

Opseg: 107 stranica, 14 slika, 2 priloga.

Knjiga 2 — Razvod istosmjernog razvoda 220 V

U TE Plomin izvedeno je ispitivanje i analiza stanja ugrađene opreme u razvodu istosmjernog napona 220 V, koje je obuhvatilo:
— kontrolu napona i stanje svih ćelija aku-baterije s provjerom kapaciteta baterije
— kontrolu karakteristika ispravljača
— pregled zaštite i spojeva u razvodu s mjerenjem otpora vodova
— detaljan proračun stanja kratkog spoja i padova napona
— analizu selektivnosti zaštite i preporuka za potrebne rekonstrukcije i poboljšanja
— proračun opterećenja aku-baterije u svim bitnim režimima rada
— prijedlog za izvedbu dojava nastanka upravljačkog napona po pojedinim dijelovima razvoda.

Opseg: 85 stranica, 18 slika.

Knjiga 3 — Energetski i mjerni transformatori postrojenja 110 kV, 6 kV i 0,4 kV

U TE Plomin obavljeno je ispitivanje analiza stanja energetskih transformatora, mjernih 110 kV transformatora prekidača 6 kV sabirnica 110 kV odvodnika prenapona, 6 kV kabela te sabirnica 110 kV, odvodnika prenapona 6 kV kabela te dizel-agregata. U završnom elaboratu pored rezultata mjerenja i njihove analize dani su prijedlozi za potrebne aktivnosti radi daljnjeg održavanja.

Opseg: 28 stranica, 13 slika, 2 priloga.

Sanacija kablenskog voda 35 kV HE Senj-TS 35/10 kV Biluća

Autor: Mužny Josip, dipl. inž.

Suradnici: Tomislav Veselić, inž.
Ivan Konfic, tehn.

Završeno u veljači 1985.

Podzemni kablanski vod koji je položen za zamjenu dijela zračnog voda HE Senj-TS Biluća nazivnog napona 30 kV izveden je pomoću tri jednožilna kabela s izolacijom od termoplastičnog polietilena sa slabovodljivim slojevima od grafitnog premaza i grafitiranih tekstilnih traka. Obavljeno je ispitivanje i analiza kvalitete ugrađenog kabela, ugroženosti kablenskog voda od atmosferskih prenapona te upotrebljivost primijenjene konstrukcije za uvjete polaganja i eksploatacije na takvom terenu. Ustanovljeno je da bi zbog loše kvalitete izrađenog kabela i njegove neodgovarajuće konstrukcije za keraunički nivo terena kojim prolazi kablenska trasa sanacija bila izuzetno skupa i bez garancije da bi se postigla tražena pogonska sigurnost. Jedino pravo rješenje jest zamjena kabela.

Optimalna konstrukcija prekidača 420 i 245 kV u otežanim klimatskim uvjetima TS Melina

Autor: Josip Kučak, dipl. inž.

Završeno u siječnju 1985.

Nakon nezapamćene bure 2. prosinca 1983. na TS Melina 400/200/110 kV proizvodnje »Rade Končara«. Zadatak istraživanja bio je da se istraži dinamička čvrstoća potpornog izolatora u posebnim vremenskim uvjetima uz istovremeno djelovanje vjetra koji je na udare iznosio preko 180 km/h. Istraživanjem statističke i mehaničke čvrstoće potpornog izolatora obuhvaćeni su osim prekidača 420 kV i prekidači 245 kV. Proračun dinamičkog naprezanja konstrukcije potpornog izolatora 420 i 245 kV razmatran je u 6 varijanti uz odabrane slijedeće uvjete:
— uz brzinu vjetra 150 km/h (41,7 m/s) odnosno pritisak vjetra 1 064 N/m²
— uz istovremeno djelovanje struje kratkog spoja od 80 kA

- uz dodatno opterećenje zbog leda debljine 2 cm
- elastična veza na aluminijske sabirnice
- kratki spoj između modula istog pola
- s komorom za povećanje rasklopne struje kratkog spoja

Nakon svih proračuna i eksperimentalnih ispitivanja za prekidače 420 kV odabrano je rješenje sa 2 potporna izolatora prekidne sile 7 000 N i elastičnom vezom između modula. Prekidači 245 kV ostali su na jednom potpornom izolatoru. Također su prvi put razmatrani prekidači na seizmička naprezanja. Iskustvo u TS Melina pokazuje da prekidač koji zadovoljava u Slavoniji mehanički ne zadovoljava u Primorju.

Opseg: 28 stranica i 7 slika.

Ispitivanja prijevoznom visokonaponskom ispitnom stanicom

Naručilac: Elektroprivredne organizacije SRH

Autor: Kolektiv studijske jedinice Zavod za visoki napon i prijenosne mreže

Posljednjih nekoliko godina Institut za elektroprivredu se, uz pomoć elektroprivrednih organizacija SRH, opremio za izvođenje ispitivanja elementa električnih postrojenja na terenu. Prijenosna ispitna oprema omogućuje izvođenje svih potrebnih ispitivanja za cjelovitu ocjenu stanja električne opreme elektrane, transformatorskih stanica, nadzemnih vodova, kabela i dr. Isto tako je organiziran pokretni visokonaponski laboratorij čiji je osnovni dio prijevozna visokonaponska ispitna stanica, namijenjena za naponsko ispitivanje izmjeničnim i istosmjernim ispitnim naponom električne opreme nazivnog napona do 110 kV. Prijevoznom visokonaponskom ispitnom stanicom obavljena su u 1985. godini mnogobrojna ispitivanja odvodnika prenapona i izolacijske čvrstoće opreme u elektroprivrednim postrojenjima.

Razni radovi

Naručilac: Elektroprivredne i druge organizacije

Autor: Kolektiv studijske jedinice

ISPITIVANJA

Ispitivanja uzemljivača

Na nizu trafo-stanica različitih naponskih nivoa obavljena su ispitivanja uzemljivača i kontrolna mjerenja napona dodira i koraka kod očekivanih struja zemljospoja ili jednopolnih kratkih spojeva.

Ispitivanja kabela

Ispitivani su kabeli radi određivanja kvalitete i karakterističnih konstanti. Mjerenja su svojstva izolacije izmjeničnim, istosmjernim i udarnim naponima, kao i dielektrični gubici. Rezultati mjerenja poslužiti će za usporedbu različitih konstrukcija izvedbi kabela. Uz ispitivanje u proizvodnji i na novim kabelima obavljena su ispitivanja kabela nakon polaganja. Značenje takvih ispitivanja je veliko jer se pravodobno mogu otkriti pogreške učinjene prilikom polaganja i izbjeći kasniji prekidi pogona. Ispitivane su kabeleske glave i spojnice. Ispitivanja su obuhvatila naponska ispitivanja izmjeničnim i udarnim naponima, kao i nepropusnost na mjestima brtvljenja. Također su ispitivane kabeleske mase i razna ulja.

Ispitivanje i atestiranje zaštitnih sredstava

Prema propisima JUS-a moraju se gumene rukavice i gumene čizme za električare ispitivati svakih šest mjeseci, a ako su neupotrijebljene na skladištu, svakih 12 mjeseci. Sva ta zaštitna sredstva koja su zadovoljila atestirana su u visokonaponskom laboratoriju. Također su ispitivane i atestirane izolacijske rasklopne motke za uzemljenje, te izolacijske ploče kod rada u postrojenju pod naponom.

Ispitivanje prototipa dijelova ili kompletne elektro-opreme u laboratoriju

Ispitivani su prototipovi neke opreme. Pri tome je bila osobito uspješna suradnja između VN laboratorija i proizvođača jer se nije samo formalno upozorilo na nedostatke, nego su se davali i prijedlozi za njihovo uklanjanje sve dok navedena ispitivanja nisu pokazala da proizvod potpuno zadovoljava propise i naznačenu primjenu. Nakon toga naručilac je od Instituta dobio atest za ispitivani proizvod.

Ispitivanje odvodnika prenapona obuhvaća kontrolu izmjeničnog i udarnog proradnog napona. U sklopu ovih ispitivanja obavljena su i dodatna ispitivanja odvodnika prenapona udarnim naponom u laboratoriju jer su prethodna terenska ispitivanja tih odnodnika prijevoznom visokonaponskom ispitnom stanicom ustanovila sumnjive vrijednosti proradnih izmjeničnih napona.

UREĐAJI ZA ISPITIVANJA

Uređaji za ispitivanje kabela IPKN-1 i IPKN10

Ispitivanje ovim uređajima obavlja se istosmjernom strujom, što ima prednost jer je uređaj lakši i pogodniji za pronalaženje eventualne pogreške u kabelu. Zato što točnije ustanovljavanje mjesta pogreške potrebno je, naime, da na tom povrijeđenom mjestu bude što manji otpor izolacije, tj. što bolji spoj. To se postiže tzv. propaljivanjem kabela tako da se, pošto je ispitivanjem ili pak za vrijeme pogona ustanovljena pogreška u izolaciji kabela, dovoljno jakim strujom i dovoljno visokim naponom propaliti kabel dok se na povrijeđenom mjestu ne postigne karbonizirani spoj minimalnog otpora. Nakon toga nije teško odrediti mjesto pogreške bilo kojom poznatom metodom. Prema tome, uređaji služe za ispitivanje izolacije kabela napona 1-10 kV poslije polaganja. On također omogućuje brzo i točno pronalaženje mjesta pogreške u kabelima bilo kojom od poznatih metoda, a može se upotrijebiti u granicama svojih karakteristika i u druge svrhe.

Uređaji IR-2S 50 A

Ovaj uređaj služi za ispitivanje i udešavanje sekundarnih neusmjerenih nadstrujnih releja i njihovih vremenskih članova. Proizvodi struju od 5,15 i 50 A, čija se vrijednost može kontinuirano mijenjati. Može se koristiti i kao izvor reguliranog napona od 0-300 V. Priključuje se na izmjenični napon 220 V. Uređaj služi za regulaciju i mjerenje s dodatnim uređajima (IR-1 000 A i IR-2 000 A).

Uređaji IR-UZ

Ovaj uređaj služi za ispitivanje i udešavanje sekundarnih usmjerenih nadstrujnih, zemljospojnih i sličnih releja i njihovih vremenskih članova. Uz dodatak IR-1 000 i IR-2 000 A mogu se obaviti primarna ispitivanja spomenutih releja. Fazni pomak između struje i napona može se grubo mijenjati po 60° induktivno, a unutar grubih stupnjeva kontinuirano, te se na taj način može ustanoviti i osjetljivost releja pri faznim pomacima. Uređaj se priključuje na trofaznu mrežu 380/220 V.

Uređaji IR-1 000 i IR-2 000 A i više

Ovi uređaji su dodatni uređaji za IR-2S 50 A i IR-UZ, pa imaju kontinuiranu regulaciju i mjerenje struje do 1 000 A, 2 000 A i više.

Izvještaj o pregledu VI Novelacije investicijskog programa RHE Obrovac

Naručilac: ZEOH, Zagreb
Nosioci zadatka: Institut za elektroprivredu i Građevinski Institut

Autori: Đuro Stanković, dipl. inž. — elektrostrojar-ski dio
Zoran Selanec, dipl. inž. — elektrostrojar-ski dio
Tomo Čandrlić, dipl. inž. — građevinski dio
mr Nikola Jakšić, dipl. inž. — građevinski dio
Marijan Magdić, dipl. oec. — ekonomski dio

Završeno u lipnju 1985.

Na osnovi izradene VI novelacije investicijskog programa RHE Obrovac od strane investitora u izvještaju su proanalizirana i realno sagledana ukupno potrebna financijska sredstva za kompletno dovršenje elektrane, te realan rok završetka izgradnje. U izvještaju su kvantificirani pojedini utjecaji prekoračenja financijskih sredstava za pojedine stavke investicijskog programa, te su obrazloženi razlozi koji su doveli do prekoračenja. Na temelju tako utvrđenih potrebnih financijskih sredstava u Izvještaju je načinjena ekonomska obrada s ekonomskim i financijskim analizama te izračunata cijena proizvedene električne energije.

Izveštaj o recenziji »Novelacije idejnog rješenja daljinskog upravljanja hidroelektrana na rijeci Dravi u SRH«

Investitor: Elektroprivreda, Zagreb

Izveštaj izradili: Đuro Stanković, dipl. inž., IE
Đuro Hatić, dipl. inž., IE
Dimitrije Avdejev, dipl. inž., IE
dr Sejid Tešnjak, dipl. inž., ETF
Tomislav Tomiša, dipl. inž., ETF
Ante Marušić, dipl. inž.

U svrhu optimizacije voda odnosno energije nužno je izgraditi sistem daljinskog upravljanja postrojenja već postojećih, a isto tako budućih energetskeg stepenica iz jednog centra daljinskog upravljanja sliva.

Idejnim rješenjem sagledan je opseg upravljanja postrojenjima, lokacija centra daljinskog upravljanja sliva te tehnička rješenja i ekonomska analiza sistema upravljanja.

U izveštaju su prikazane stručne ocjene i mišljenja autora o kompletnosti i vrijednosti tehničko-ekonomskih rješenja, navedenih radova. Također su dane smjernice i preporuke za što potpuniju izradu dalje projektne dokumentacije.

VIJESTI IZ ELEKTROPRIVREDE

HIDROENERGETSKI POTENCIJAL RIJEKE MURE

Najznačajniji prtok Drave Mure, koja iz Austrije dotječe na područje Jugoslavije (SR Slovenija i SR Hrvatska), vrijedan je hidroenergetski potencijal, ali do danas neiskorišten.

U posljednje vrijeme ozbiljno se raspravlja o korištenju vodnih snaga Mure. U taj rad uključena je elektroprivreda Slovenije i Hrvatske. S obzirom na današnju otežanu energetska situaciju u Jugoslaviji, gradnja elektrana na Muri predstavlja svakako doprinos u rješavanju te situacije. U SR Sloveniji dosad su obavljene brojne pripreme za početak gradnje murskih elektrana. Društvenim opredjeljenjima i planskim dokumentima SR Slovenije predviđena je gradnja sedam vodnih stepenica, i to HE »Apac«, HE »Gornja Radgona«, HE »Radenci«, HE »Hrastje«, HE »Verzej« HE »Mota« i HE »Gibina«. Godišnji proizvodni kapacitet navedenih hidroelektrana iznosit će oko 736 milijuna kWh električne energije. Za gradnju tih elektrana uz elektroprivredu zainteresirane su i organizacije udruženog rada iz područja vodoprivrede, šumarstva, poljoprivrede i dr.

U Hrvatskoj četiri elektrane

U SR Hrvatskoj Mura ima vodotok dug oko 74 km. Vodotok je na dionici od mjesta Gibine pograničan prema SR Sloveniji, a od ušća Mure u Dravu kod Legrada prema Mađarskoj.

U SR Hrvatskoj programirana je gradnja četiriju vodnih stepenica, i to dvije uzvodno protočna HE »Mursko Središće«, snage 12,8 MW, srednja godišnja proizvodnja 68 GWh, te derivaciona HE »Lendava«, snage 22 MW, s godišnjom proizvodnjom 116,5 GWh. Te dvije elektrane gradile bi se zajednički s elektroprivredom Slovenije. Nizvodno predviđene su dvije protočne hidroelektrane: HE »Letenje«, snage 17 MW, s godišnjom proizvodnjom 87 GWh i HE »Kotoriba«, snage 16,7 MW i proizvodnjom oko 87 GWh. Te elektrane bi se gradile zajednički s Mađarskom. Planiranom izgradnjom četiriju vodnih stepenica na području SR Hrvatske iskoristio bi se raspoloživi potencijal rijeke Mure oko 350 do 355 milijuna kWh električne energije. Od te proizvodnje elektroprivredi Hrvatske pripalo bi približno 65 posto ili oko 230 milijuna kWh. Izgradnjom tih proizvodnih kapaciteta na rijeci Muri osim energetskog raspoloživog po-

tencijala rješava se i problem obrane od poplava, regulacija rijeke, a stvara se i mogućnost za lakše zahvaćanje vode iz akumulacijskih bazena za potrebe poljoprivrede, vodoprivrede i drugih namjena.

Elektroprivreda Slovenije i Hrvatske nastavit će s daljnjim istražnim radovima, te razradom idejnih projekata i projektne dokumentacije, što bi trebalo dovršiti najkasnije do 1988. godine.

Potrebno je da se pokrene i odgovarajuća suradnja s Mađarskom. Zajedničkim radom trebalo bi riješiti osnovno višenamjensko korištenje rijeke Mure, na kojem će se temeljiti daljnji razvoj.

I. R.

ELEKTRIFIKACIJA PODRUČJA OTOKA RABA

Danas se napajanje električnom energijom područja otoka Rab vrši preko dalekovoda 35 kV iz hidroelektrane Senj i dvije transformatorske stanice 35/10 kV Rab, snage 4 MVA i Goli otok. Kako je potrošnja toga područja u stalnom porastu (ubrzani razvoj male privrede, turizma, široke potrošnje i dr.) — to postojeći sistem ne može zadovoljiti stvarne potrebe konzuma.

Da bi se osigurala dovoljne količine kvalitetne električne energije, OOUR »Elektroprenos« Opatija planira proširiti prienosno mrežu otoka Raba. Stručnjacima Instituta za elektroprivredu Zagreb povjerena je izrada studije — »Osnovno rješenje električne mreže na području Raba s usporedbom sistema 110 — 35 — 10 kV i 110 — 20 kV«. Nakon obavljenih analiza i ispitivanja izabrana je varijanta da se područje Raba napaja preko 110 kV postrojenja. Programirana je izgradnja TS 110/20 kV locirane na otoku Rabu i dalekovoda 110 kV Krk — Rab, drugog 38 km te podmorskog kabela 110 kV dugoga 11,5 km.

Dok se ne izgradi transformatorska stanica, vod bi radio pod naponom 35 kV.

Za izgradnju tih objekata potrebno je osigurati investicije: za dalekovod oko 490 milijuna dinara, a za podmorski kabel oko 2,6 milijardi dinara. Investitor »Elektroprenos« Opatija planira da objekti budu završeni do kraja 1987. godine.

I. R.

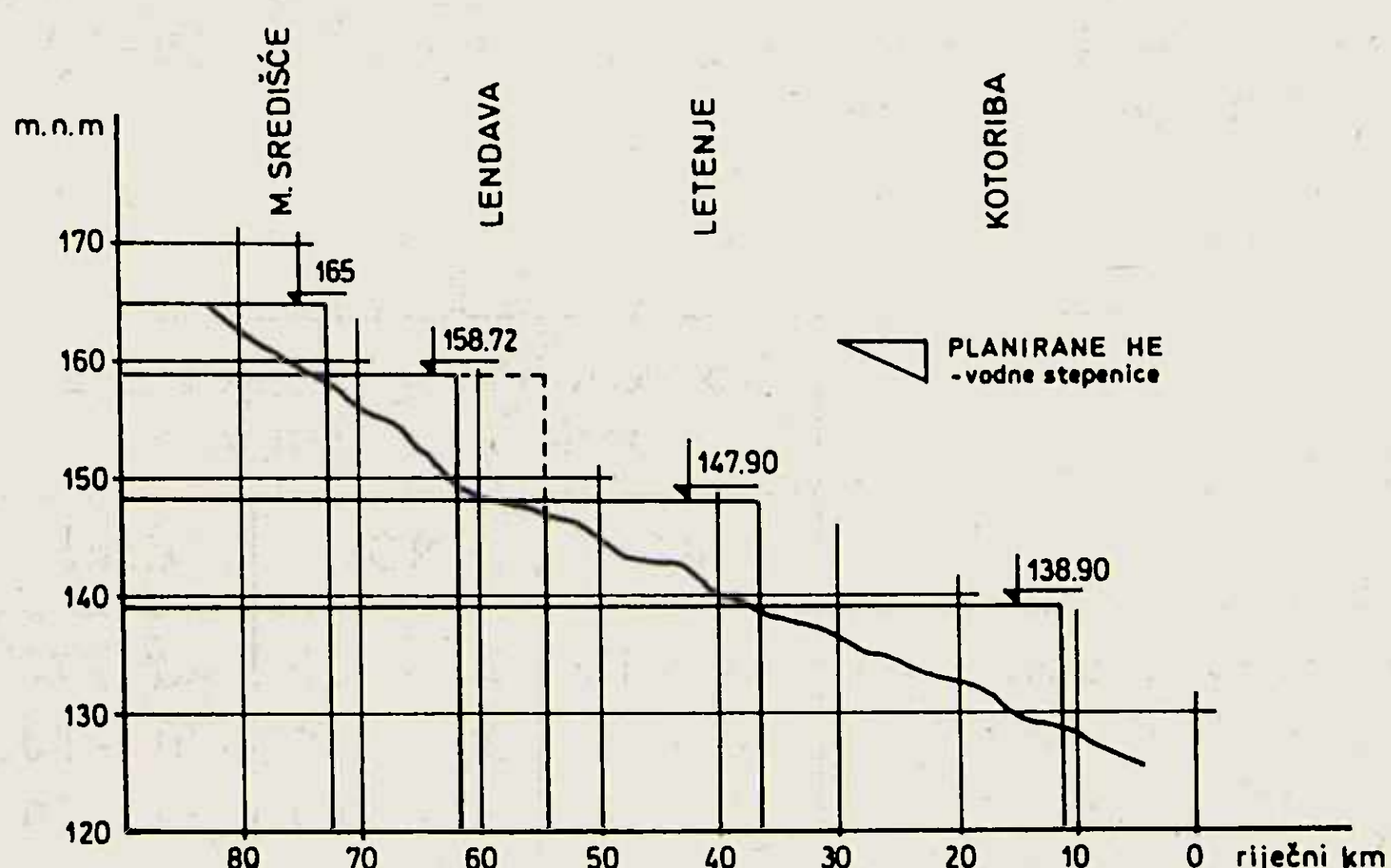
NOVE HIDROELEKTRANE NA NERETVI

Sistem hidroelektrana na Neretvi do sada ima četiri centrale (HE Jablanica, HE Rama, HE Grabovica i HE Salekovic), ukupne instalirane snage 634 MW s godišnjom proizvodnjom oko 2 020 GWh električne energije. U izgradnji je i peta hidroelektrana »Mostar«, koju bi prema planu trebalo završiti do kraja 1987. godine.

Hidroenergetski potencijal rijeke Neretve još nije posve iskorišten. Program razvoja elektroprivrede BiH planira gradnju dviju novih elektrana na Neretvi. To su HE »Konjic«, za koju je izgrađen kompletan idejni projekt, i HE »Glavočevac«, s izrađenom prvom fazom idejnog projekta.

Za obje nove elektrane projekte je verificirala ravna komisija RO »Hidroelektrane na Neretvi« Mostar, kao investi-

PREGLEDNI UZDUŽNI PROFIL MURE U SRH



tor, moći će kandidirati za realizaciju u ovom srednjoročnom planu. Hidroelektrane »Konjic« i »Glavočevo«, s ukupnom instaliranom snagom 272 MW, omogućit će godišnju proizvodnju od oko 600 milijuna kWh električne energije.

Prema sadašnjim cijenama za izgradnju tih elektrana trebat će osigurati investicije od oko 41 milijardu dinara.

I. R.

HIDROELEKTRANE NA KORANI I GOJAČKOJ DOBRI

Krajem siječnja 1986. godine reviziona komisija na nivou ZEOH-a obavila je reviziju Idejnog projekta HE »Lučice« i HE »Lešće«. Investitor ovih hidroelektrana je RO »Elektroprivreda« Zagreb, a u investicijama sudjelovat će i organizacija »Vodoprivreda Hrvatske«. Idejne projekte izradili su stručnjaci projektne organizacije »Elektroprojekt« Zagreb. HE »Lučice« koristit će vode srednjeg toka Korane. To je tip pribranskog postrojenja s lučnom betonskom branom, instalirane snage 44,20 MW, sa srednjom godišnjom proizvodnjom od 92 GWh električne energije. U vezi s izgradnjom HE »Lučice« izrađena je i studija utjecaja na okoliš i utvrđena na stručnoj komisiji kao konačna, te upućena na javnu raspravu. U ovoj godini završit će se daljnji istražni radovi koji će poslužiti za glavni projekt.

HE »Lešće« je također pribransko postrojenje s lučkom betonskom branom i akumulacionim prostorom od 10,2 hm³. To je druga stepenica, nakon postojeće HE Gojak, u privođenju korištenja hidroenergetskog potencijala Gojačke Dobre. HE »Lešće« koristit će vode gornjeg toka Gojačke Dobre. Instalirana snaga HE »Lešće« je 37,8 MW, a moguća godišnja proizvodnja oko 92,6 GWh električne energije.

U 1985. godini odobreno je 38,6 milijuna dinara za istražne radove. U ovoj godini privremenim planom odobreno je još 40 milijuna dinara za nastavak istražnih radova. Izrada

glavnih projekata HE »Lučice« i HE »Lešće« bit će povjerenja stručnjacima »Elektroprojekta« Zagreb.

I. R.

IZGRADNJA CJEVOVODA LIČ

Krajem prošle godine počeli su pripremni radovi izgradnje — obnove cjevovoda »Lič«, tlačnog dovoda HE »Vinodol« Tribalj. U cjevovodu Lič već u prvim godinama rada pojavile su se poprečne pukotine betona. U toku 1957. godine zapažene su i uzdužne pukotine, što se tumačilo slijeganjem cjevovoda. Do listopada 1983. ukupno su uzdužne pukotine na betonskoj oblozi iznosile 1320 metara.

Svake godine provodile su se sanacije pukotina, ali nisu ostvareni najbolji rezultati.

Tražeći trajnija rješenja za uklanjanje oštećenja cjevovoda, RO »Elektroprivreda« Rijeka povjerila je projektantima »Elektroprojekta« Zagreb i stručnjacima Građevinskog fakulteta u Zagrebu da obave detaljna ispitivanja i predlože povoljna rješenja za uklanjanje kvarova na cjevovodu.

Obavljeno je niz stručnih dogovora i ispitivanja, te je izrađena studija »Hidraulički režim u pogonu HE Vinodol«.

Na zajedničkoj skupštini ZEOH-a i RSIZ-a potrošača električne energije donesena je odluka o izgradnji i obnovi cjevovoda Lič. Do danas su obavljeni mnogi radovi:

- izabran je izvođač građevinskih radova — RO »Industrogradnja« Zagreb, (vrijednost građevnih radova je 1400 milijuna dinara).
- predano je gradilište izvođaču,
- ureden je prostor za deponije i organizaciju građenja i dr.

Glavni radovi izgradnje cjevovoda, dugog 4 900 m i promjera 3,20 m izvest će se u toku 1986. godine.

I. R.

IZ STRANE STRUČNE LITERATURE

MJERA I PROCJENA ZAGAĐENJA ZRAKA U ŠVICARSKOJ

Mjerenja čistoće zraka u Švicarskoj pokazuju da zagađenje nije veliko samo u gradovima već su i u okolici granične dopuštene koncentracije zagađivača često prekoračene. Kritična su najčešće zagađenja dušičnim oksidima i sumpornim oksidom zimi. Pod utjecajem sunca stvara se iz dušičnih oksida i ugljikovodika ozon. On ima vrlo široko rasprostiranje, pa je izvan gradova u većim koncentracijama.

Pokazalo se da se emisija SO₂ iz domaćinstava i industrije od 1950. podvostručila, ali se od 1970. opaža lagana tendencija pada. Naprotiv, koncentracija dušičnih oksida stalno se povećava i u istom razdoblju narasla je osam puta. Glavni izvor ove vrste zagađenja jesu motorna vozila. Zbog konfiguracije terena i čestih termičkih inverzija na mnogim se mjestima u Švicarskoj stvaraju jake koncentracije zagađivača.

Od štetnih se plinova stvaraju sekundarni zagađivači, i to sumporna i dušična kiselina i ozon.

Na temelju sistematskih i mnogobrojnih mjerenja dobivena je tablica tipičnih koncentracija štetnih plinova u različitim područjima Švicarske.

Tablica 1.

Područje	Koncentracija godišnje srednje vrijednosti u mg/m ³		
	SO ₂	NO ₄	Ozon
seoska područja	8 — 12	20 — 30	40 — 70
naseobine	30 — 40	30 — 50	30 — 50
gradski centri	50 — 70	60 — 140	20 — 30

Iz tablice se vidi da je koncentracija sumpornog i dušičnog oksida u gradu oko pet puta veća nego na selu, a 20 do 30 puta veća nego na tzv. svježem zraku. Obrnuti odnosi su kod ozona čija je koncentracija u vanjskim područjima znatno veća nego u gradu. U tablici 1. dane su srednje godišnje koncentracije, pa treba reći da je ona kod SO₂ u zimi dva do tri puta veća, koncentracija dušičnih oksida se bitno ne mijenja, a koncentracija ozona najveća je ljeti.

Radom mnogih zdravstvenih ustanova i instituta utvrđene su granične vrijednosti onečišćenja zraka koje zbog zdravstvenih razloga ne bi smjele biti prekoračene.

Granične su vrijednosti u Švicarskoj utvrđene prema tablici 2.

Tablica 2.

Škodljivi plin	Granična vrijednost u g/m ³	Statistička definicija
sumpor-dioksid	30	srednje godišnje
	100	95 % srednja vrijednost kroz 1/2 sata u godini
	100	srednja vrijednost u 24 sata može se prijeći najviše jednom godišnje
dušični oksidi	30	srednje godišnje
	100	95 % srednje vrijednosti kroz 1/2 sata u godini
	80	srednja vrijednost u 24 sata može se prijeći najviše jednom godišnje
ugljik-monoksid	8	srednja vrijednost u 24 sata može se prijeći najviše jednom mjesečno
ozon	100	98% srednje vrijednosti kroz 1/2 sata jednom mjesečno
	120	jednosatna srednja vrijednost može biti prijeđena najviše jednom godišnje

Navedene granice imaju dvostruku funkciju i potrebne su za procjenu čistoće zraka te su važan instrument za borbu protiv zagađivanja.

Na kraju se može reći da su kritična zagađenja dušičnim oksidima i ozonom ponajviše uzrokovana motoriziranim prometom. Hitno su potrebni stroži propisi za vozila s dizelskim motorima i motocikle, a također i redovna kontrola starih vozila. Uvođenje katalizatora dovest će, doduše, do poboljšanja, ali ona će se osjetiti tek za nekih 10 godina. Poboljšanje kvalitete zraka u uskim gradskim ulicama moguće je jedino smanjenjem prometa. Potrebna je također borba protiv zagađivača čiji su izvor domaćinstva i industrija. Mora se sniziti sadržaj sumpora u loživom ulju, ograničiti upotreba, teškog ulja i djelotvorno čistiti dimne plinove.

Redukcija štetnih plinova u zraku je nužna, a ako se u tome ne uspije, treba računati s oštećenjem zdravlja stanovništva.

Wasser, Energie, Luft, 1986, br 3/4 B. M.

USMJERIVAČKO-PRESMJERIVAČKA STANICA U VIBORGU

Da se omogući tok električne energije između elektroenergetskog sistema Lenjingrada (Lenjenergo) i elektroenergetskog sistema Finske (Nordel), izgrađena je na sovjetsko-finskoj granici kod Viborga usmjerivačko-presmjerivačka stanica. Takav je uređaj bio snažan, jer ova dva sistema ne mogu raditi sinhrono. To je prva takva stanica kompletno izgrađena u Sovjetskom Savezu. Treba spomenuti da istraživanja u području usmjerivačko-presmjerivačke tehnike nisu u Sovjetskom Savezu nova. Ona su rađena u vezi s istosmjernim prijenosima, pa je prvi takav eksperimentalni prijenos stavljen u pogon sa 200 kV, na liniji Kašira — Moskva godine 1950. Zatim je od 1964. u pogonu istosmjerni prijenos Volgograd — Donbas, napona 400 kV. Na daljinu od 470 km prenosi se snaga od 720 MW. Oba navedena istosmjerna prijenosa imali su živine usmjerivače, dok je istosmjerna stanica »leđa u leđa« u Viborgu izgrađena s tiristorskim ventilima. Najveći domet sovjetske istosmjerne prijenosne tehnike svakako je istosmjerni prijenos Eki-baztus (Karaganda) — Tambov (južno od Moskve), koji je upravo u gradnji. Napon ovog istosmjernog sistema bit će 750 kV, tj. 1 500 kV između polova. Prenosit će se 6 000 MW na daljinu 2 400 km.

Stanica u Viborgu veže mrežu 400 kV Finske sa sovjetskom mrežom 330 kV. Uređaj ima tri tiristorska bloka snage 355 MW. Ukupna snaga ugrađenih kondenzatora je 960 KVA, a sinhronih kompenzatora 520 MVA. Prvi je blok ovih uređaja ušao u pogon u prosincu 1981, drugi u prosincu 1982, a treći u studenom 1984. U toku stavljanja u pogon kao i u toku 1985. godine provodila su se vrlo opsežna ispitivanja na uređaju i u oba elektroenergetska sistema. Pokazalo se da faktor iskorištenja iznosi 97,3 — 0,7 % pri opterećenju od 400 MW do 600 MW. Od ukupnih gubitaka 85 % otpada na gubitke u transformatorima. Nakon niza kvarova na tiristorskim blokovima u prvim danima pogona, već u 1985. stanica je pokazala pouzdan i stabilan rad.

U Sovjetskom Savezu, s obzirom na velika prostranstva, vrlo se intenzivno radi na razvijanju istosmjernih prijenosnih sistema, posebno tehnike usmjerivača kao osnovnog elementa. Rješava se problem istosmjerne mreže, tj. da prijenosna istosmjerna linija ima uz terminalne dvije stanice još i međustanice, čime bi se riješio problem povezivanja odijeljenih elektrosistema. Omogućeno bi bilo spajanje sistema centralne Sibirijske, sjevernog Kazakstana, Urala i Centra.

Električeskie stanciji, 1985, br. 10 i 11 B. M.

O NOVOM NAPONSKOM STUPNJU TROFAZNIH ELEKTRIČNIH MREŽA

Unatoč činjenici da je trend porasta potrošnje električne energije od sredine sedamdesetih godina znatno pao, planovi i istraživanja za prijelaz na više naponske nivoe ipak se u svijetu nastavljaju.

Svakako je zanimljivo što o tome misle u SSSR-u, zemlji velikog prostranstva, koja najveći dio industrije ima na zapadu, u evropskom dijelu, a goleme energetske izvore na istoku. Sovjetska gledanja na taj problem izložena su u zanimljivu članku V. V. Erševića pod gornjim naslovom, koji je izašao u časopisu Električestvo u siječnju 1985.

U Sovjetskom je Savezu mreža napona 750 kV već u pogonu oko 10 godina. Izgrađena je u rajonu juga, sjeverozapada i

centra. Superponirana je u naponskom redu 154 kV–330 kV. Mreža 750 kV dostigla je 1984. godine dužinu oko 4 000 km.

U istočnom dijelu, gdje se razvila mreža 500 kV, izgrađuju se vodovi napona 1150 kV. Analize su pokazale da će primjena ovih najviših napona zadovoljiti do kraja ovog stoljeća. No nije manje aktualno pitanje da li je sigurno potrebno uvođenje novog, još višeg naponskog nivoa.

Iz kojih razloga i kada bi takvi dalekovodi bili potrebni? Da se odgovori na to pitanje, potrebna su, kao i prilikom uvođenja napona 750 kV i 1 150 kV, široka tehničko-ekonomska istraživanja.

U stručnoj sovjetskoj literaturi već su iznesena mišljenja da će na početku slijedećeg stoljeća biti potrebna izgradnja dalekovoda od 2 000 kV, a nekih 20 godina zatim i 3 000 kV. Njihova bi prijenosna moć iznosila 15 000 MW, odnosno 35 000 MW po trojki. Upotrijebi li se za izračunavanje najpovoljnijeg prijenosnog napona, pri određenoj daljini prijenosa l i snazi prijenosa P formula Ilarionova

$$U_{ek} = \frac{1\,000}{\sqrt{\frac{500}{1} + \frac{2\,500}{P}}}$$

dobije se za prijenos snage 15 000 MW do 20 000 MW, na daljinu od 3 000 do 4 000 km, prijenosni napon 1 800 kV do 2 000 kV.

Pri odabiranju novog povišenog naponskog nivoa mora se voditi briga o cijelom elektrosistemu. Novi odabrani napon mora od najvišeg postojećeg biti barem dva puta viši, a povoljno bi bilo da je to isti napon za istočni i zapadni dio zemlje. Prema tome, nema smisla da se razmatra neki napon niži od 1 800 kV do 1 900 kV. Čini se da je najpovoljniji napon u rasponu 2 000 kV do 2 300 kV.

Pisac članka ističe da najprije treba procijeniti očekivanu snagu koju bi trebao prenositi dalekovod prema svojoj namjeni, a zatim se odlučiti za prijenosni napon. On je dalekovode najvišeg napona svrstao u ove kategorije:

- linije koje odvođe energiju iz velikih elektrana i proizvodnih kompleksa
- linije koje napajaju jake konzumne centre
- linije koje predstavljaju elemente mreže i čine međusistemske veze
- transportne linije
- linije za međunarodne veze.

Svaku od navedenih namjena treba dobro proanalizirati uzimajući u obzir predviđenu dinamiku rasta snage.

Dok se kod klasičnih termoelektrana na ugljen ne očekuje neko bitno povećanje agregata, u nuklearnim elektranama mogu jedinične snage doseći i 3 000 MW, uz pretpostavku uspješnog istraživanja u nuklearnim elektranama novog tipa, s kriogenim agregatima i 5 000 MW do 6 000 MW i tehnici proizvodnje električne energije bez turbina.

Pri svim tipovima elektrana opaža se tendencija povećanja ukupne snage smještene na jednom mjestu. Velike se snage pojavljuju i kod hidroelektrana kao npr. Krasnojarska HE od 6 000 MW, Sajano-Sušenskaja HE od 6 400 MW itd., a u projektu je Turukanskaja HE od 10 000 MW. Na sibirskim se rijekama predviđaju u sljedećem stoljeću hidroelektrane i do instalirane snage od 20 000 MW. Još se veće snage mogu očekivati u velikim toplinsko-energetskim kompleksima. U zapadnom Sibiru na plimu, a u Ekubastovskom i Kansk-ačinskom rajonu na ugljen. Na kraju ovog stoljeća na tim bi lokacijama snage mogle iznositi najmanje 15 000 MW do 20 000 MW.

S obzirom na tehnološku složenost rada nuklearnih elektrana, smatra se da je ekonomično izgraditi veliku koncen-

traciju snaga na jednom mjestu. Takvi bi kompleksi u SSSR-u mogli doseći snagu od 30 000 MW do 40 000 MW.

Što se ipak tiče linija koje napajaju velika čvorišta mreža, nije se pokazala potreba prijenosa najvišim naponima. Takve se veze mogu staviti u kategoriju međusistemske veze, a njihovo se opterećenje može posuditi analizirajući veličinu i karakteristike elektrosistema koji se povezuju. Može se uzeti da prijenosna moć takvih vodova mora iznositi najmanje $P = 0,035 P_m$, gdje je P_m maksimalna snaga sistema. Svakako, pri planiranju treba uzeti u obzir rast snage sistema.

Transportne linije, smatra se, imat će manji utjecaj na razvitak trofazne tehnike prijenosa zbog primjene istosmjernih sistema.

Pri razmatranju uloge međudržavnih veza treba uzeti u obzir činjenicu da zemlje zapadne Evrope ne mogu raditi paralelno s Istokom i da veze sa zemljama SEV-a ne trebaju linije s povišenim naponom.

Nakon ovog pregleda može se reći da su glavni faktori koji traže povećanje prijenosne snage dalekovoda, odnosno prijelaz na viši naponski nivo, ugradnja velikih agregata, prijenos iz velikih elektrana i snažnih energokompleksa i mogućnost paralelnog rada jakih čvorova mreža. Treba istaknuti da su prva dva faktora, tj. pojava velikih agregata i prijenos iz elektrana, već u prošlosti bili odlučujući za prijelaz na više napone, dok se izgradnja snažnih energokompleksa pojavila u novije vrijeme. Prevladavajući utjecaj u perspektivi, na uvjete primjene novog napona, imat će paralelni rad odijeljenih dijelova energosistema SSSR-a i prijenos energije iz energetskih kompleksa, a manje je vjerojatan faktor prijenos iz velikih elektrana. Prema tome se mogu procijeniti snage prijenosa sa 15 000 MW do 20 000 MW i dužine linija do 3 000 km za prijenos iz energokompleksa, a za pojačanje osnovne mreže energosistema SSSR-a do 5 000 km.

Realnost gradnje dalekovoda od 1 800 kV do 2 000 MW na početku sljedećeg stoljeća potvrđena je od vodećih stručnjaka u toj oblasti istraživanja. Na primjer, takve su ocjene osnovnih projektnih rješenja organizacije Elektrosjetprojekta.

Uvođenje novog naponskog nivoa može biti pomaknuto ako se poboljšaju tehničko ekonomske karakteristike istosmjernog prijenosnog sistema kao sastavnog elementa mreže linija 750 kV i 1 150 kV. Može se čak dogoditi da u tom slučaju viši naponi od 1 150 kV budu nepotrebni.

B. Markovčić

3,8 % VIŠE SNAGE IZ TOPLANA U SR NJEMAČKOJ

Na uređaje daljinskog grijanja u SR Njemačkoj priključilo se u 1985. godini 3,8% dodatnih konzumenata, što iznosi 1 190 MJ/s. Priključna vrijednost svih konzumenata iznosila je 1985.32 826 MJ/s. Neki su konzumenti trebali manje topline zbog toplinske snage izolacije. Po prilici dvije trećine toplinske snage daju topline, uz proizvodnju električne energije. Pri tome se u usporedbi s pojedinačnim grijanjem štedi okruglo oko 2,5 milijarde litara loživog ulja na godinu.

Elektrizitätswirtschaft, 1986, br. 8

NAJVEĆI UREĐAJ TOPLINSKIH PUMPI NA SVIJETU

Takav uređaj opskrbljuje toplinom u najnovije vrijeme stanove u sjevernom dijelu Stockholma. Prema projektu uređaj treba da daje u 100 000 stanova toplu vodu i toplinu za grijanje. Time će biti pokrivena potreba energije te skupine stanova. Ukupno će uređaj imati 6 toplinskih pumpi koje će biti napajane vodom iz mora.

Elektrizitätswirtschaft, 1986, br. 8

NOVE KNJIGE

N. M. Sinev, B. B. Baturov: **EKONOMIKA ATOMSKE ENERGETIKE** — osnove tehnologije i ekonomike nuklearnog goriva

»Energoatomizdat«, 1984, Moskva, 391 stranica, 148 slika i crteža, 73 tablice. Tvrdo ukoričeno, format 15×22, cijena 1,3 rublje.

U knjizi je izložena specifičnost tehnologije i odgovarajuće joj ekonomike osnovnih stadija i glavnih procesa proizvodnje prirodnog i obogaćenog urana, proizvodnja toploprovodnih i toploizmjenivačkih uređaja, radiolško-kemijska regeneracija iskorištenog goriva i postupaka s radioaktivnim otpacima. Dani su obračunski obrasci i tablice utroška nuklearnog goriva za nuklearne elektrane, kriteriji efikasnosti njihova iskorištavanja i cijene različitih varijanti. Ovo je drugo prerađeno i dopunjeno izdanje (prvo 1980), a namijenjeno je studentima fakulteta za specijalnost »atomske elektrane i postrojenja« i »proizvodnja i montaža opreme atomskih elektrana«.

Knjiga ima ukupno 11 poglavlja:

1. Energija, potrošnja i izvori, uloga atomske energije,
2. Gorivo-energetski kompleks i elektroenergetika SSSR-a; atomska energija i u sistemu energetike zemlje,
3. Organska goriva, potrošnja i specifičnosti iskorištavanja,
4. Nuklearno gorivo, specifičnosti iskorištavanja, potrebe nuklearnih elektrana u nuklearnom gorivu,
5. Nuklearne elektrane i pogoni nuklearnog ciklusa, potrebe u nuklearnom gorivu s proračunima povrata,
6. Potrebe u nuklearnom gorivu i u snazi prerađivačkih kapaciteta koji razvijaju atomsku energetiku,
7. Prirodni uran,
8. Obogaćivanje urana,
9. Osnove tehnologije dobijanja obogaćenog urana,
10. Toploizmjenjivački elementi i uređaji reaktora,
11. Kemijska prerada iskorištenog nuklearnog goriva.

U općoj koncepciji ove knjige autori su počeli od niza principijelnih postavki koje karakteriziraju specifičnost ekonomike ove nove industrijske grane, što je uvjetovano specifičnostima iskorištavanja nuklearnog goriva u energetici.

INGRA

ZAGREB – YUGOSLAVIA

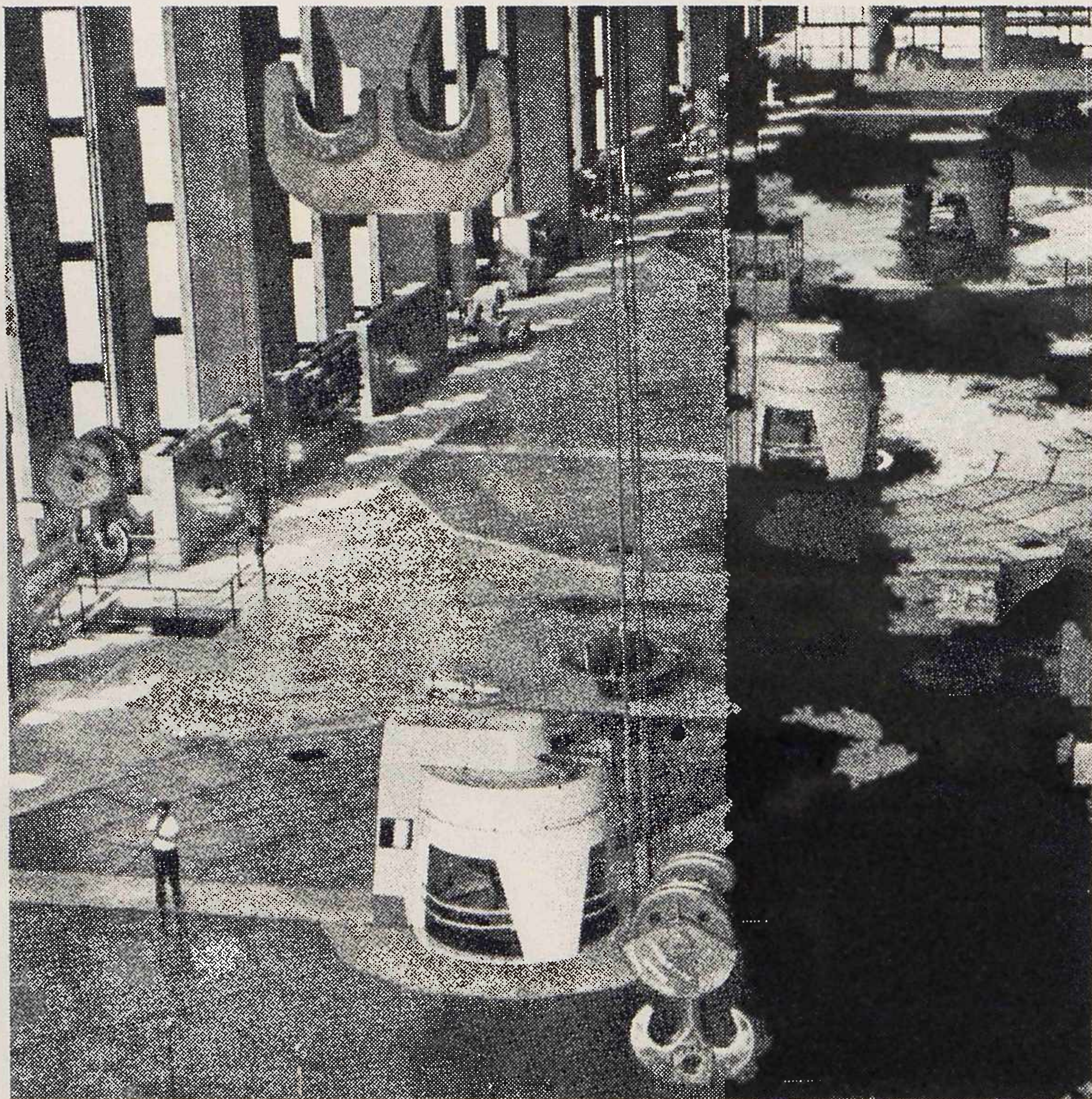
DUGOGODIŠNJA TRADICIJA U PROIZVODNJI I MONTAŽI OPREME ZA HIDRO, DIESEL I TERMO ENERGETSKE OBJEKTE KAO I U PODRUČJU PRIJENOSA I DISTRIBUCIJE ELEKTRIČNE ENERGIJE, OMOGUĆILA JE INGRI DA UDE U KRUG PONUĐAČA SVJETSKI RENOMIRANIH ORGANIZACIJA KAO POUZDAN, KONKURENTAN I KVALITETAN PARTNER.

NIZ ENERGETSKIH OBJEKATA IZGRAĐEN U MNOGIM ZEMLJAMA SVIJETA, PREDSTAVLJA ZNAČAJNU REFERENCU ZA DALJNJE AKTIVNOSTI INGRE NA TOM PODRUČJU.

UDRUŽENI ČLANOVI INGRE, VELIKE PROIZVODNE I PROJEKTANTSKE ORGANIZACIJE, KAO ŠTO SU ELEKTRO-PROJEKT, METALNA, LITOSTROJ, JUGOTURBINA, RADE KONČAR, PA ZATIM ĐURO ĐAKOVIĆ, TPK, ATM, VEMOS, DALEKOVOD, PREDSTAVLJAJU GLAVNE ČINIOCE ENERGETSKOG PROGRAMA INGRE, TE NA TAJ NAČIN OMOGUĆAVAJU DA INGRA, NA BAZI INŽENJERINGA, REALIZIRA KOMPLETNE ENERGETSKE OBJEKTE U ZEMLJI I INOZEMSTVU KAO I DA ISPORUČI UGOVORENU OPREMU INVESTITORU.

PORED ENERGETIKE U PROGRAM INGRE ULAZI PROCESNA INDUSTRIJA, GRAĐEVINARSTVO, ČELIČNE KONSTRUKCIJE I MONTAŽA.

41000 ZAGREB, PROLETERSKIH BRIGADA 62 P. O. P. 277 CABLE: INGRA ZAGREB PHONE: 515-355 TLX. 21 239, 21 728 YU INGRA



IZDAVAČI

Godište 35 (1986)

Zagreb 1986

Br. 5

Zajednica elektroprivrednih organizacija
Hrvatske
Institut za elektroprivredu, Zagreb
SIZ za znanstveni rad Hrvatske

SADRŽAJ

<i>Požar H.:</i> O dugoročnom razvoju proizvodnje električne energije u Jugoslaviji konvencionalnim energetskim izvorima (Pregledni rad)	339
<i>Mužek Z.:</i> Cijene nafte u svijetu — dosadašnji razvitak i neke premise za budućnost (Originalni znanstveni rad)	351
<i>Nadinić B.:</i> Nova metoda utvrđivanja ekspanzionih linija turbina s vlažnom parom u nuklearnim elektranama (Originalni znanstveni rad)	369
<i>Rajić F.:</i> Praktične granice automatike u termoelektroinama (Stručni rad)	377
<i>Tonković Z.:</i> Analiza i izbor najpovoljnijeg uklopnog stanja TS 380/220/110 kV Melina (Pregledni rad) . .	393
<i>Mileusnić E.:</i> Kvarovi na prekidačima (Stručni rad) . .	397
<i>Praznik H.:</i> Dokumentacijsko-informativna djelatnost u elektroprivredi (Stručni rad)	401
Vijesti iz elektroprivrede	405
Iz strane stručne literature	409
Nove knjige	413
Oglasi	415

IZDAVAČKI SAVJET

Dr Ivo Hrs, dipl. inž., Institut za elektroprivredu, Zagreb — Josip Antić, dipl. inž., »Elektroprimorje« Rijeka — Anđelko Modrčin, dipl. inž., »Elektroprivreda« Rijeka — Anđelko Dujmović, dipl. inž., »Elektroslavonija« Osijek — Dragutin Stanić, dipl. ecc., »Elektroprivreda Dalmacije« Split — mr Damir Subašić, dipl. ecc., Elektroprivreda Zagreb — Zdenka Jelić, prof., Institut za elektroprivredu, Zagreb — Mladen Zeljko, dipl. inž., Institut za elektroprivredu, Zagreb

UREDNIČKI ODBOR

Glavni urednik: dr Zorko Cvetković, dipl. inž.
Urednik: Zdenka Jelić, prof.

Urednici rubrika: »Energetski sistemi«, Nikola Bilčar, dipl. inž. — »Hidroelektrane«, Krunoslav Begović, dipl. inž. — »Termoelektrane i Toplane«, Mladen Nadinić, dipl. inž. — Prijenos električne energije, Zdenko Tonković, dipl. inž., Zagreb — »Razvod, distribucija i potrošnja električne energije«, Josip Antić i Mladen Ježić, dipl. inž., — »Ekonomika elektroprivrednih poduzeća, ekonomskofinancijska i tarifna pitanja, te ekonomika poslovanja«, dr Jure Šimović, dipl. oecc. i Željko Vodopija, dipl. oecc. — Tehnički urednik: Branko Mališ — Lektor: Vladimir Strojny, prof. — Metrološka recenzija: Mladen Zeljko, dipl. inž.

Časopis je oslobođen plaćanja poreza na promet rješenjem Republičkog sekretarijata za prosvjetu, kulturu i fizičku kulturu SR Hrvatske broj 886/1-1979.

Uredništvo i uprava:

Zagreb, Ulica Proleterskih brigada 37

Pošt. pretnac 293, telefoni 511-455, 513-822 (328)

Godišnje izlazi 6 brojeva. Godišnja pretplata za pojedince iznosi 1200 dinara, a za poduzeća i ustanove 4000 dinara. Cijena pojedinog broja u prodaji 600 (za studente 200) dinara.

Za inozemstvo \$ 90 godišnje.

Tekući račun kod Narodne banke, Zagreb

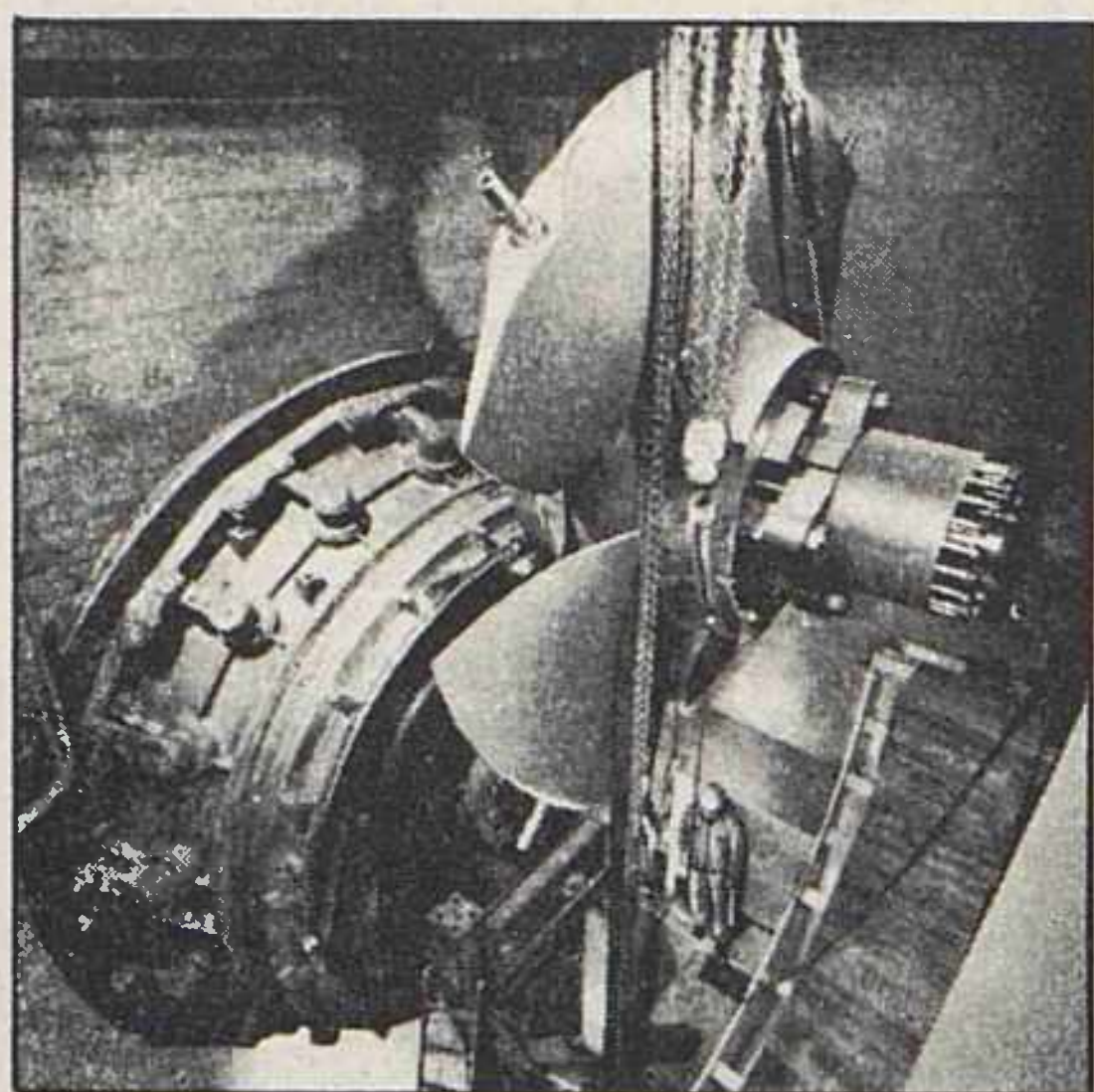
Institut za elektroprivredu (za »Energiju«) broj 30101-603-565

Tisak i klišei: RO »Zrinski« TIZ, Čakovec

Bez obzira da li se govori o postrojenjima za proizvodnju pare, komponentama nuklearnih centrala, pumpama, cijevnim armaturama i regulacijakim sistemima, kombiniranim postrojenjima s plinskim turbinama i parnim postrojenjem, plinskim turbinama, vodenim turbinama, postrojenjima za rekuperaciju topline itd.

Sulzer je mjerodavan za energetska tehniku

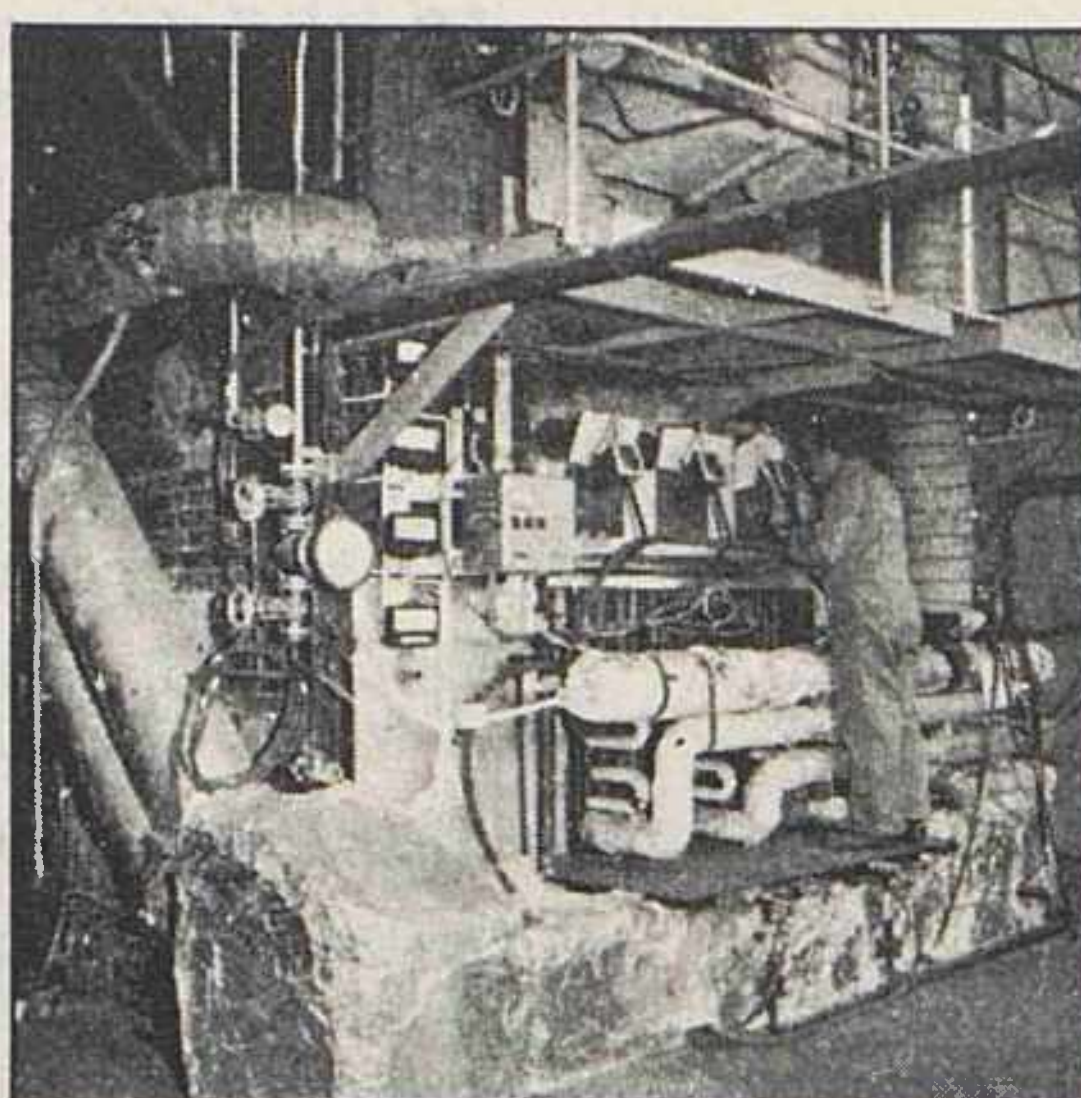
Evo tri primjera koji to i potvrđuju:



Straflo®-turbine za »Annapolis Royal« prvu elektranu na plimu i oseku u Sjevernoj Americi.

U već postojećoj pregradnji jednog zaljeva u Kanadi izgrađena je elektrana na morske mijene s velikim Straflo-turbinama, koja služi i kao pilotno postrojenje za projekt »Bay of Fundy«.

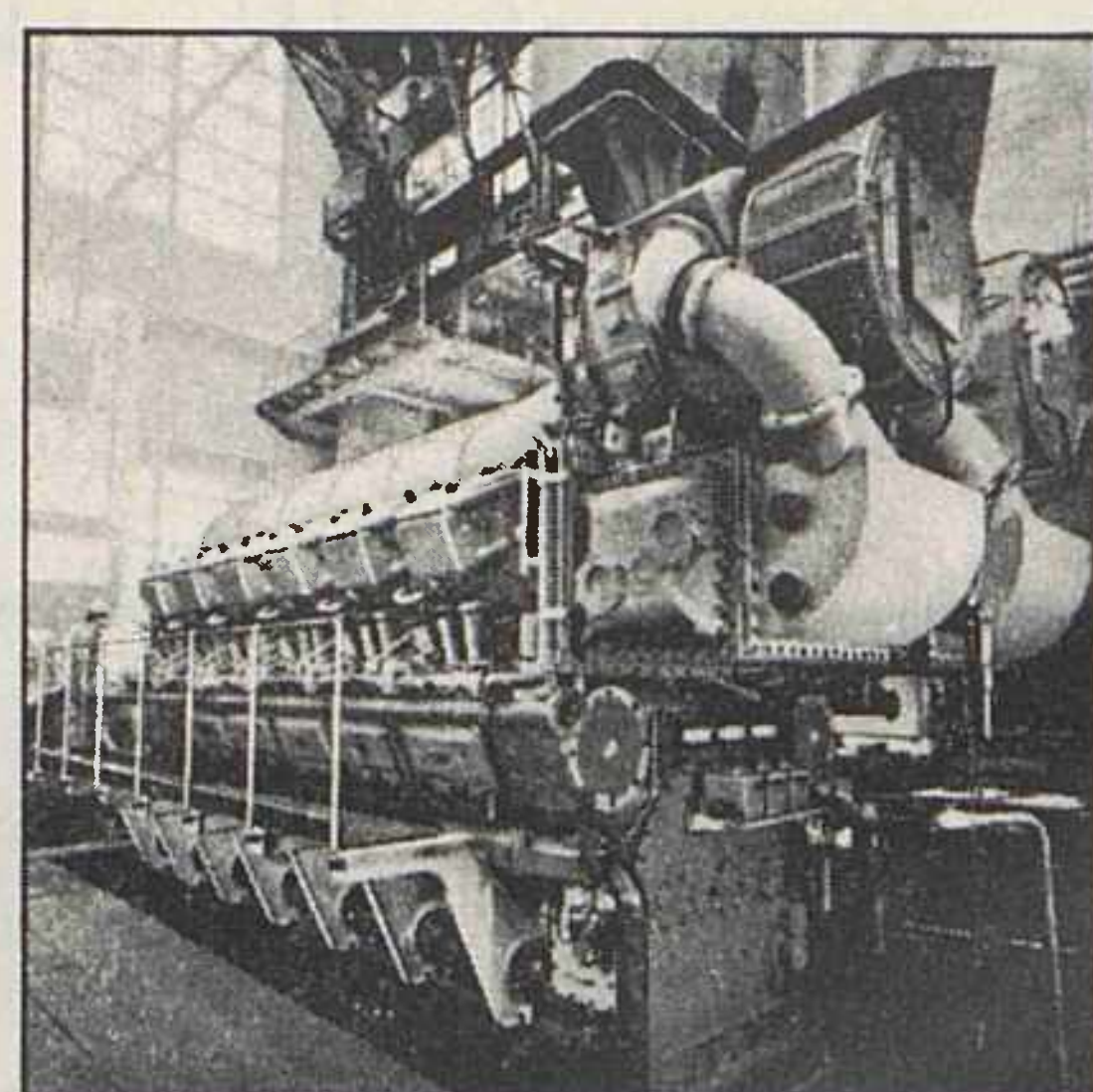
Straflo-turbine, produkt poduzeća Sulzer-Escher Wyss, grade se kod Dominion Bridge-Sulzer Inc. Kanada (Joint-Venture).



Ložišta s izgaranjem goriva u lebdećem sloju omogućuju po okolinu bezopasno loženje ugljenom.

Više od tri godine isprobava se Sulzerovo ispitno kotlovsko postrojenje, s ložištem s izgaranjem goriva u lebdećem sloju, različitih vrsta ugljena.

Takvim ložištima postižu se vrlo niski udjeli sumpornog dioksida u plinovima izgaranja, jer i do 80% od u ugljenu sadržanog sumpora biva vezano na vapno koje se u tom postupku dodaje ugljenu. Udio dušikovih oksida je također niži nego u klasičnim ložištima.



Dizel-elektrana i toplana Kufstein u Austriji sa 97% raspoloživosti i ukupnim stupnjem iskorištenja energije od cca 89%.

Takva postrojenja pretvaraju cca 40% od dovedene energije direktno u električnu energiju, cca 50% biva iskorišteno predavanjem otpadne topline toplovodnoj mreži, tako da su gubici samo cca 10% od dovedene energije.

Gebrüder Sulzer Aktiengesellschaft
CH-8401 Winterthur, Schweiz
Telefon 052 8111 22
Telex 89606011

SULZER®



O DUGOROČNOM RAZVOJU PROIZVODNJE ELEKTRIČNE ENERGIJE U JUGOSLAVIJI KONVENCIONALNIM ENERGETSKIM IZVORIMA

Prof. dr Hrvoje Požar, Zagreb

UDK 621.311.1(497.1)

PREGLEDNI RAD

U članku je dan prikaz mogućnosti razvoja potrošnje električne energije i njezina zadovoljenja konvencionalnim energetske izvorima u Jugoslaviji.

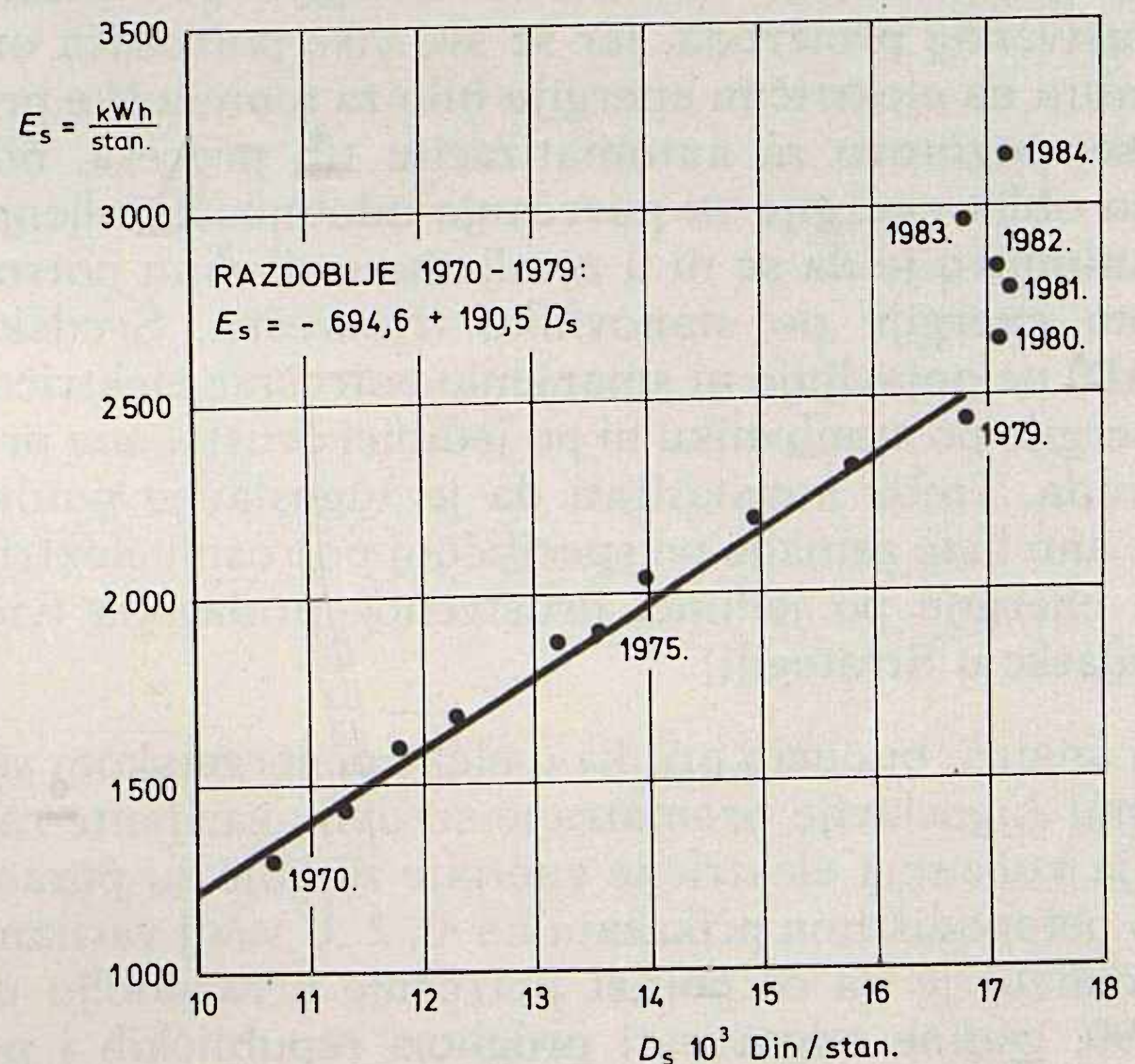
Ključne riječi: elektroenergetski sistem Jugoslavije, izgradnja proizvodnih postrojenja.

1. UVOD

Polazeći od osnovne postavke u Strategiji dugorog razvoja energetike [lit. 1] da je za opskrbu energijom potrebno u prvom redu iskoristavati vlastite energetske izvore, pokušat će se ukazati na domet vlastitih konvencionalnih oblika energije, u prvom redu vodnih snaga i ugljena, za proizvodnju električne energije. Taj domet ovisi, s jedne strane, o potrebnim količinama električne energije i dinamici razvoja potrošnje toga oblika energije, a, s druge strane, o tehnički i ekonomski iskoristivim vodnim snagama, te o iskoristivim rezervama ugljena uzimajući u obzir i potrebne količine ugljena koje treba osigurati za druge namjene osim za proizvodnju električne energije. Pri tome, dakako, treba uzeti u obzir i ograničenja koja se mogu pojaviti u iskorištavanju spomenutih konvencionalnih oblika energije, a koja mogu postati limitirajući faktor za iskorištavanje tih energetskih izvora.

2. RAZVOJ KONZUMA ELEKTRIČNE ENERGIJE

Svakako je najspornije pitanje o kojem ovisi domet konvencionalnih energetskih izvora razvoj i dinamika konzuma električne energije. Iskustvo iz prošlosti [lit. 1] pokazuje da je postojala čvrsta korelacijska veza između potrošnje električne energije i društvenog proizvoda (sl. 1). U razdoblju od 1970. do 1979. godine, kad je ostvarivan relativno velik porast društvenog proizvoda, s manjim ili većim oscilacijama, rasla je potrošnja električne energije po većoj stopi nego što je bila stopa porasta društvenog proizvoda. Tako je npr., slijedeći vrlo čvrstu korelacijsku vezu, za godišnji porast društvenog proizvoda od 5% ostvarivan porast potrošnje električne energije za 7,9%, za porast od 4% porast 6,3%, za porast od 3% porast od 4,7%, a za porast društvenog proizvoda za 2% porast potrošnje električne energije za 3,2%. Takvi su odno-



Slika 1.

si vrijedili u relativno stabilnim prilikama koje su vladale do 1980. godine.

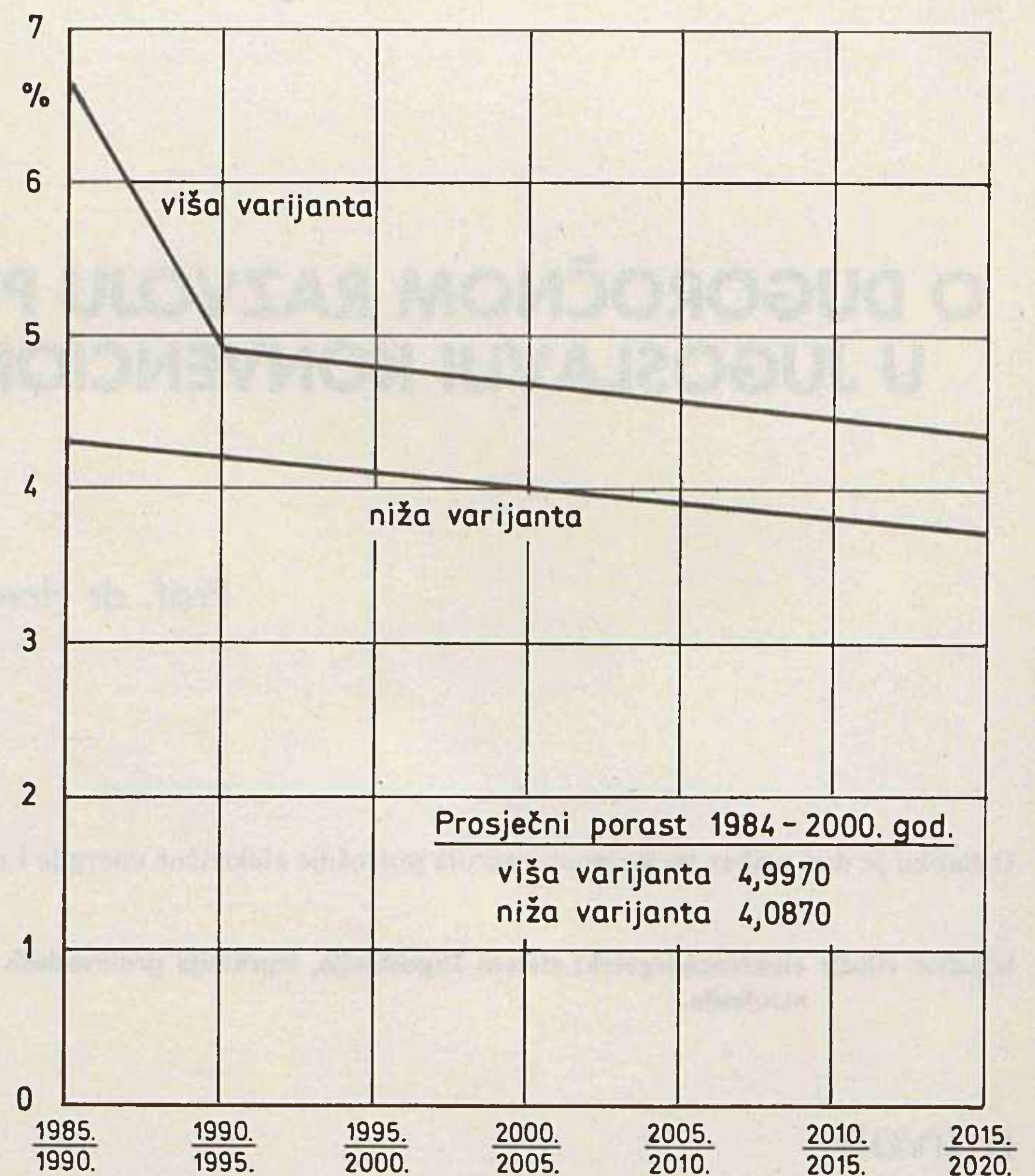
Nakon toga je nastupilo razdoblje stagnacije, a u nekim godinama i smanjenja društvenog proizvoda. Tako je društveni proizvod od 1981. do 1984. godine rastao prosječno godišnje samo za 0,45%, dok je potrošnja električne energije rasla po stopi od 4,58% godišnje. [lit. 2]. U 1984. godini u odnosu prema 1983. godini društveni je proizvod porastao za 2,21%, a potrošnja električne energije za 6,39% [lit. 3]. Pojavio se, dakle, raskorak između potrošnje električne energije i društvenog proizvoda, koji je nastao djelomično zbog znatnog porasta potrošnje električne energije za pumpanje u pumpno-akumulacijskim hidroelektranama i zbog povećanja gubitaka u električnim mrežama, ali još više većom potrošnjom električne energije po jedinici proizvoda zbog slabijeg iskorištenja industrijskih proizvodnih kapaciteta, te većom potrošnjom električne energije u neproizvodne svrhe

(u prvom redu za grijanje prostorija) zbog povoljnijih cijena i zbog pomanjkanja drugih oblika energije.

Kad se promatra budući razvoj potrošnje električne energije, mora se uzeti u obzir činjenica da je sve više električne energije potrebno po jedinici društvenog proizvoda. To potvrđuje ne samo naše iskustvo nego i iskustvo drugih zemalja. Ako se, naime, usporedi potrošnja električne energije po dolaru društvenog proizvoda, može se konstatirati da ta specifična potrošnja stalno raste [lit. 1,4]. Tako je npr. 1960. godine ta specifična potrošnja u Jugoslaviji iznosila 0,583 kWh po dolaru, 1970. godine 0,869, a 1975. godine 1,009 kWh/\$. U tim istim godinama specifična je potrošnja u Finskoj iznosila 0,982, 1,502 i 1,973, u SR Njemačkoj 0,749, 0,953 i 1,246, a u Švicarskoj 0,983, 1,026 i 1,283 kWh/\$. Spomenuti su podaci određeni prema visini društvenog proizvoda (vrijednost dolara u 1972. godini), koji je prema kupovnoj moći pojedinih valuta odredio prof. Vinski iz Ekonomskog instituta u Zagrebu. Na žalost nisu razrađeni podaci za razdoblje nakon 1975. godine. Opća je tendencija povećanje potrošnje električne energije po jedinici društvenog proizvoda, jer se sve više potrošača orijentira na električnu energiju bilo za tehnološke procese, pogotovo za automatizaciju tih procesa, bilo kao oblik energije za povećanje udobnosti življenja. Zanimljivo je da se ni u zemljama s visokim potroškom energije po stanovniku (Norveška, Švedska, SAD) ne pojavljuje ni smanjenje potrošnje električne energije po stanovniku ni po jedinici društvenog proizvoda. Treba konstatirati da je Jugoslavija gotovo na dnu liste zemalja po specifičnoj potrošnji električne energije po jedinici društvenog proizvoda (vidi podatke u Strategiji).

Za analizu budućih prilika u elektroenergetskom sistemu Jugoslavije promatrane su dvije varijante razvoja konzuma električne energije za koje su porasti po petogodištima prikazani na sl. 2. U višoj varijanti računato je da će porast potrošnje u razdoblju do 1990. godine odgovarati prognozi republičkih i pokrajinskih elektroprivrednih zajednica, dok je u nižoj varijanti računato sa znatno manjim porastom u istom razdoblju. Poslije 1990. godine pretpostavljeno je postupno smanjenje porasta potrošnje jer se većinom snopa porasta smanjuje s porastom potrošnje.

Interesantno je usporediti odnose porasta društvenog proizvoda s porastom potrošnje električne energije u drugim zemljama. To je načinjeno za razdoblje od 1965. do 1983. godine, u kojem je razdoblju obuhvaćen i period recesije nakon 1973. godine. U tom razdoblju u razvijenim evropskim zemljama ostvaren je znatno veći prosječni godišnji porast potrošnje električne energije po stanovniku nego prosječni godišnji porast društvenog proizvoda [lit. 6]. Tako je npr. u Italiji uz porast društvenog proizvoda od 2,80% ostvaren porast potrošnje električne energije od 4,32%, u SR Njemačkoj ostvareni porasti iznose 2,81% (društveni proizvod) i 4,19% (potrošnja električne energije), dok je u Francuskoj društveni proizvod rastao po stopi od 3,10%, a potrošnja električne energije po stopi od 4,91%. Još veće se razlike poja-



Slika 2.

vljuju u manje razvijenim zemljama. Tako su u Španjolskoj u istom razdoblju ostvareni porasti 3,00% (društveni proizvod) i 6,34% (potrošnja električne energije), u Portugalu 3,70 i 7,06%, a u Grčkoj 4,00 i 9,04%.

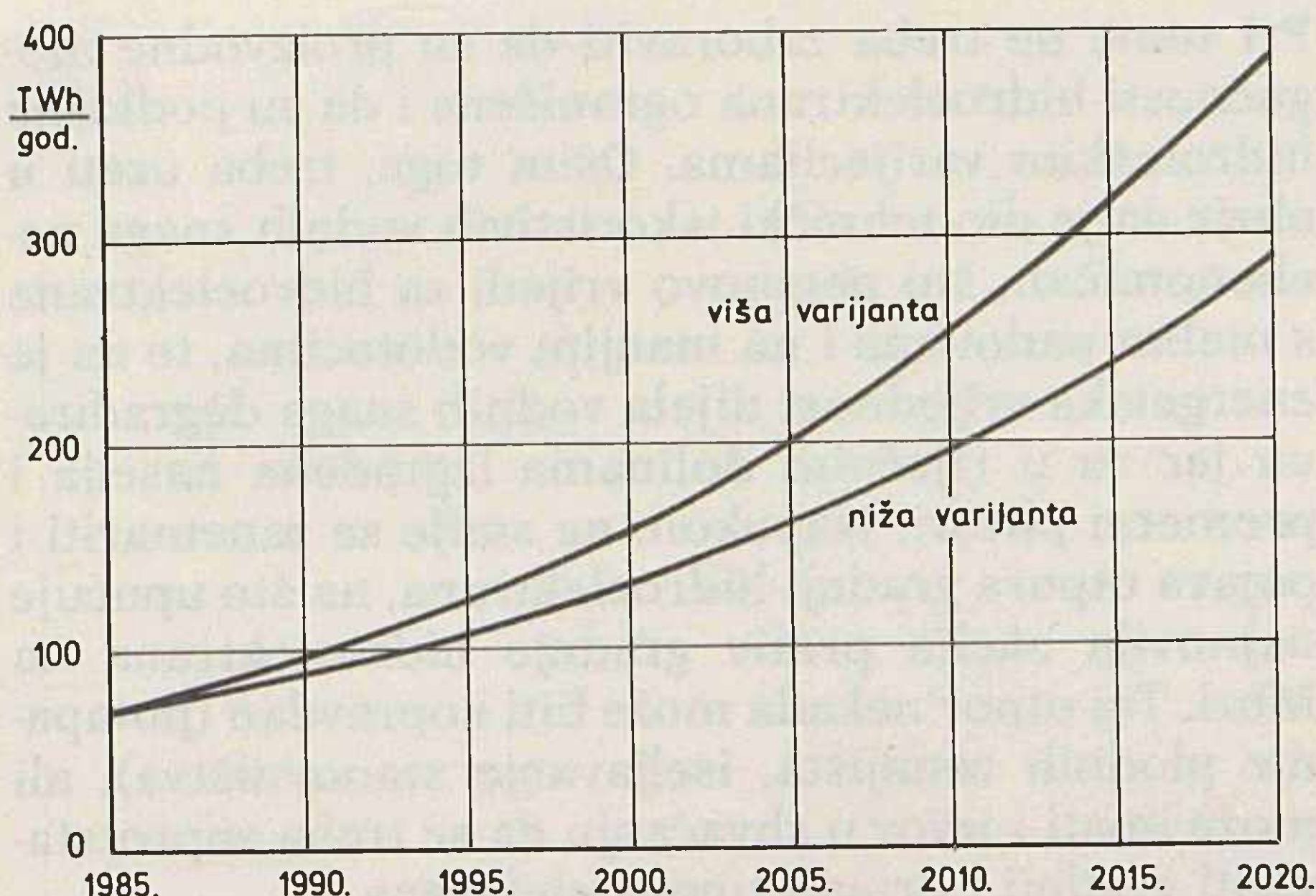
U tom istom razdoblju u Jugoslaviji je ostvaren prosječni godišnji porast društvenog proizvoda po stanovniku od 4,70% i porast potrošnje električne energije od 7,82%, što nije u raskoraku s ostvarenjima u drugim zemljama.

Promatrajući kroz prizmu porastâ, može se konstatirati da predviđeni dugoročni porast potrošnje električne energije koji iznosi između 4,08% (niža varijanta) i 4,99% (viša varijanta), odgovara prosječnom dugoročnom porastu društvenog proizvoda od 2 do 3% godišnje.

Svakako je zanimljivo usporediti predviđenu potrošnju električne energije po stanovniku s analognom potrošnjom u drugim zemljama [lit. 1]. Na primjer, predviđena specifična potrošnja po stanovniku u Jugoslaviji u 2000. godini ostvarena je u Finskoj 1975. godine (viša varijanta), odnosno 1973. godine (niža varijanta konzuma). Specifična potrošnja predviđena u Jugoslaviji za 2010. godinu ostvarena je 1983, odnosno 1978. godine, dok je ona predviđena za 2020. godinu u Jugoslaviji već ostvarena u Finskoj u 1984. godini (niža varijanta), a bit će vjerojatno ostvarena u 1990. godini (viša varijanta). Slične usporedbe mogle bi se načiniti za druge zemlje, uz napomenu da ima nekoliko zemalja s većom specifičnom potrošnjom električne energije nego u Finskoj.

Na temelju predviđenih stopa porasta mogu se odrediti potrebne godišnje količine električne energije (sl. 3).

U razdoblju od 1984. do 2020. godine potrebne količine električne energije iznose:



Slika 3.

viša varijanta 7 174 TWh
 niža varijanta 5 751 TWh.

Postoje, dakle, velike razlike između dvije varijante, kako u potrošnji u 2020. godini, koja iznosi oko 100 TWh, tako i za cijelo promatrano razdoblje u kojem razlika iznosi nešto više od 1 400 TWh.

3. RACIONALNOST UPOTREBE ENERGIJE

U diskusijama o daljem razvoju elektroprivrede često se govori o potrebi racionalnije upotrebe električne energije. Mislim da je to potpuno opravdano, ali smatram da moguće efekte mjera racionalizacije treba svesti na realne dimenzije.

Istina je da se u nas neracionalno upotrebljava energija, ali detaljne analize pokazuju da se znatno veće neracionalnosti pojavljuju pri upotrebi drugih oblika energije nego pri upotrebi električne energije [lit. 2].

Ako se, naime, usporedi ukupna potrošnja energije s ostvarenim društvenim proizvodom u razdoblju od 1981. do 1984. godine, može se konstatirati da je potrošnja ukupne energije po jedinici društvenog proizvoda porasla za 22,8%, odnosno za 24,0% ako se uključi i neenergetska potrošnje (plin za proizvodnju gnojiva, primarni benzin za proizvodnju polimera). S druge strane, električna energija predana potrošačima po jedinici društvenog proizvoda porasla je u istom razdoblju za 9,5%. To potvrđuje već iskazanu tvrdnju da se mnogo veće neracionalnosti pojavljuju u potrošnji drugih oblika energije nego u potrošnji električne energije.

Ta je razlika u neracionalnosti u stvari još i veća nego što pokazuju navedeni postoci. Pri toj ocjeni treba, naime, uzeti u obzir, što je već spomenuto, da stalno raste specifična potrošnja električne energije po jedinici društvenog proizvoda, dok se, nasuprot tome, specifična potrošnja ukupne energije smanjuje pošto je postignut određeni stupanj razvoja [lit. 1]. Taj stupanj razvoja u Jugoslaviji je postignut negdje oko 1970. godine.

Prema tome, racionalnijom upotrebom električne energije ne može se bitno smanjiti potrošnja električne energije, pa se samo marginalno može utjecati na

potrošnju električne energije u budućnosti. To, međutim, ne znači da nije potrebna organizirana i sveobuhvatna akcija za racionalniju upotrebu električne energije.

Mislim, međutim, da mnogo veću pažnju treba posvetiti racionalnijoj upotrebi drugih oblika energije i da treba razbiti shvaćanje da je energetika identitet s elektroprivredom. Racionalnijom upotrebom drugih oblika energije može se mnogo više postići, pogotovo pri opskrbi toplinom. Treba spomenuti da se u najrazvijenijem dijelu svijeta, gdje se troši oko 80% od ukupne energije na ovom planetu, oko 2/3 od energije predane potrošačima upotrebljava za proizvodnju topline, oko 1/4 za transport, a tek oko 10% u obliku električne energije (u taj postotak nije uključena električna energija koja se upotrebljava za proizvodnju topline). Oko 50% od energije koja služi za proizvodnju topline upotrebljava se za grijanje prostorijske i pripremu tople vode [lit. 6]. Tu postoje i najveće mogućnosti racionalizacije, kako pokazuju postignuti rezultati u drugim zemljama.

U mnogim zemljama pokrenute su mnogobrojne akcije za racionalniju upotrebu energije. One su imale i zapaženih uspjeha. Tako je u zapadnim zemljama u desetogodišnjem razdoblju nakon 1973. godine smanjena potrošnja ukupne energije po jedinici društvenog proizvoda za oko 16%, a u istočnoevropskim zemljama za oko 11% [lit. 7]. Najveća je pažnja poklonjena zamjeni svih vrsta loživih ulja drugim oblicima energije, pa je u zemljama OECD u 1983. godini potrošnja loživih ulja svedena na 57% od potrošnje ostvarene u 1973. godini, što po količini odgovara oko 13% od svjetske proizvodnje nafte [lit. 8].

Dakako, u te akcije za racionalizaciju bila je uključena i električna energija. Ne može se sumnjati da su i u tom sektoru potrošnje postignuti određeni rezultati kao i u drugim sektorima energetske potrošnje. Ipak je u posljednjim godinama u svim evropskim zemljama ostvaren veliki porast potrošnje električne energije (tabl. 1). Kao što se vidi, relativno visoki porast potrošnje električne energije ostvaren je kako u zemljama s visokom specifičnom potrošnjom po stanovniku, tako i u zemljama s relativno niskom specifičnom potrošnjom. Tako je u Norveškoj ostvaren porast potrošnje od 6,9% u 1983. 5,9% u 1984. godini, u Kanadi 4,4 i 7,1%, u Švedskoj 10,8 i 9,0%, u SAD 3,2 i 4,7%. To su zemlje s visokom potrošnjom električne energije po stanovniku: u Norveškoj je potrošnja po stanovniku oko 8 puta, u Kanadi i Švedskoj oko 5 puta, a u SAD oko 3,5 puta veća nego u Jugoslaviji. Osim toga, visoki porast potrošnje električne energije ostvaren je u istim godinama u zemljama s malom potrošnjom po stanovniku. Tako je npr. u Španjolskoj ostvaren porast u 1983. od 4,2% a u 1984. od 4,7%, u Grčkoj 7,4 i 6,2%, a u Portugalu 5,2 i 7,3%.

Sve to pokazuje da, unatoč mjerama za racionalniju upotrebu električne energije, treba očekivati znatan porast potrošnje električne energije, te da je tvrdnja, koja se u posljednje vrijeme često lansira, o mogućnosti eliminiranja porasta potrošnje racionalnijom upotrebom električne energije u najmanju ruku depasirana:

Tablica 1. Porast potrošnje električne energije u zemljama Evrope i Sjeverne Amerike

	Porast (%) prema prethodnoj godini		Specifična potrošnja 1984. kWh/stan.
	1983.	1984.	
Norveška	6,9	5,9	23 381
Kanada	4,4	7,1	15 366
Švedska	10,8	9,0	14 410
SAD	3,2	4,7	10 377
Finska	8,3	7,2	9 942
Švicarska	3,3	5,1	6 726
SR Njemačka	2,9	3,8	6 095
Njemačka DR	2,1	4,1	5 821
SSSR	3,6	5,2	5 335
Austrija	1,4	5,0	5 165
Belgija	2,1	4,9	5 151
Francuska	2,6	5,3	5 138
Danska	2,1	4,5	5 103
Čehoslovačka	5,4	3,4	4 821
Bugarska	4,4	4,8	4 745
Velika Britanija	1,3	1,8	4 631
Nizozemska	2,0	3,6	4 430
Italija	0,9	5,0	3 335
Mađarska	3,9	5,2	3 223
Poljska	5,1	5,9	3 203
Rumunjska	3,4	3,5	2 984
Irska	2,7	3,8	2 961
Španjolska	4,2	4,7	2 935
Jugoslavija	3,4	6,3	2 872
Grčka	7,4	6,2	2 589
Portugal	5,2	7,3	1 969

Napomena: potrošnja = proizvodnja na pragu ± saldo izvoza i uvoza — energija za pumpanje u hidroelektranama

Održavanje potrošnje energije, a pogotovu električne energije na današnjoj razini, pa i njeno povećanje s vrlo malim porastom, značilo bi stagnaciju razvoja ovoga društva što, vjerujem nitko ne želi i što ne može biti ideal kojem treba težiti, jer bi to uzrokovalo nesagledive negativne političke i privredne posljedice.

4. VODNE SNAGE

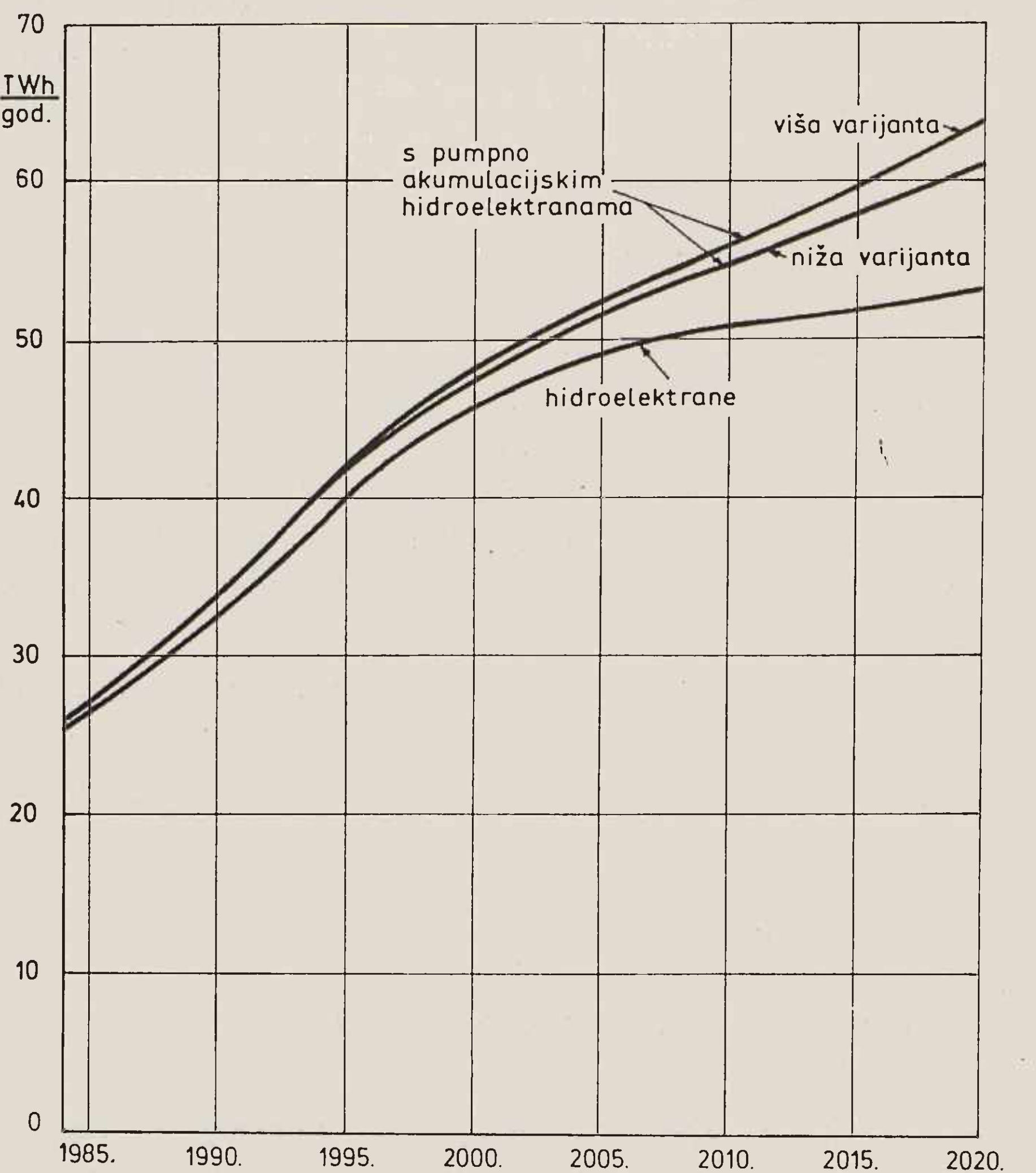
U dosadašnjim diskusijama stalno se naglašava da u nas postoje znatne neiskorištene vodne snage, pa se često ističe potreba njihova iskorištenja kao mogućnosti za dugoročno rješenja opskrbe električnom energijom. Sigurno je da postoje znatne mogućnosti za dalju izgradnju hidroelektrana, ali je potrebno realno sagledati njihov domet u opskrbi električnom energijom. Mislim da treba forsirati gradnju hidroelektrana, kako je to i utvrđeno u Strategiji dugoročnog razvoja energetike [lit. 1], pogotovu zbog toga što ih je moguće praktički potpuno opremiti opremom proizvedenoj u našoj zemlji i što bi njihova intenzivna gradnja značila iskorištenje proizvodnih građevinarskih kapaciteta koji su danas dobrim dijelom neiskorišteni.

Pri tome ne treba zaboraviti da su proizvodne mogućnosti hidroelektrana ograničene i da su podložne hidrološkim varijacijama. Osim toga, treba uzeti u obzir da je dio tehnički iskoristivih vodnih snaga neekonomičan, što pogotovo vrijedi za hidroelektrane s malim padovima i na manjim vodotocima, te da je energetska vrijednost dijela vodnih snaga degradirana jer su u riječnim dolinama izgrađena naselja i prometni putovi. Napokon, ne smije se zanemariti i pojava otpora gradnji hidroelektrana, na što upućuje najnovija akcija protiv gradnje hidroelektrana na Muri. Taj otpor nekada može biti i opravdan (potapanje plodnih zemljišta, iseljavanje stanovništva), ali može imati i izvor u shvaćanju da se treba suprotstavljati gradnji i drugih tipova elektrana.

Na sl. 4. prikazana je procjena mogućnosti razvoja proizvodnje električne energije u hidroelektranama. Mogućnost proizvodnje hidroelektrana do 2000. godine određena je na temelju podataka republičkih i pokrajinskih elektroprivrednih zajednica. Tim su podacima obuhvaćene sve hidroelektrane za koje postoje kakvi-takvi podaci [lit. 11]. Izgradnja hidroelektrana poslije 2000. godina procijenjena je uzimajući pri tome u obzir već spomenuta ograničenja, ali je uzeta u obzir i proizvodnja u pumpno-akumulacijskim hidroelektranama, koje će se sve više graditi što je veći konzum i što je manji udio hidroenergije u sistemu.

U razdoblju od 1984. do 2020. godine u postojećim hidroelektranama i u novosagrađenim moguće je proizvesti oko 1 740 TWh.

U usporedbi s potrebnom električnom energijom u cijelom promatranom razdoblju hidroelektranama se može zadovoljiti



Slika 4.

24% potreba (viša varijanta), odnosno
30% potreba (niža varijanta).

Ako se promatraju prilike u pojedinim godinama, može se utvrditi da u 2000. godini hidroelektrane mogu zadovoljiti

30% potreba (viša varijanta), odnosno
36% potreba (niža varijanta),

dok u 2020. godini hidroelektrane mogu zadovoljiti

16% potreba (viša varijanta), odnosno
22% potreba (niža varijanta).

Ima, međutim, mišljenja da je moguće ostvariti i veću proizvodnju u hidroelektranama od one prikazane na sl. 4. Da se ukaže na utjecaj takve mogućnosti, pretpostavljeno je povećanje mogućnosti proizvodnje hidroelektrana tako da je u 2006. godini moguće ostvariti u hidroelektranama proizvodnju od 60 TWh (bez proizvodnje u pumpno-akumulacijskim hidroelektranama). Uz takvo povećanje izgradnje povećala bi se proizvodnja hidroelektrana do 2020. godine za oko 130 TWh, što znači povećanje proizvodnje za 7,5% u cijelom promatranom razdoblju. U odnosu na ukupno potrebnu energiju, to povećanje predstavlja 1,8 do 2,3% od ukupnih potreba. Prema tome, to povećanje proizvodnje hidroelektrana, kad bi se i ostvarilo, ne može utjecati na prilike u elektroenergetskom sistemu. S druge strane, malo je vjerojatno da će biti ostvaren predviđeni tempo izgradnje do 2000. godine, pa će to kašnjenje gotovo u potpunosti kompenzirati spomenuto povećanje izgradnje hidroelektrana.

5. POSTOJEĆE TERMoeLEKTRANE

U 1984. godini ostvarena je proizvodnja termoelektrana loženih ugljenom od 32,3 TWh, u termoelektranama loženim loživim uljem i zemnim plinom 6,2 TWh, a u nuklearnoj elektrani Krško 4,2 TWh [lit. 3]. Sve su to proizvodnje na pragu. Ta se proizvodnja može smatrati prosječnom jer je 1984. godina bila prosječna hidrološka godina.

Razvojem elektroenergetskog sistema bit će potrebna gradnja novih elektrana, pa će one postepeno potiskivati u prvom redu termoelektrane ložene loživim uljem i zemnim plinom, a zatim i elektrane ložene ugljenom. Zbog toga će se postepeno smanjivati proizvodnja postojećih termoelektrana. Osim toga, te su termoelektrane građene u različitim godinama, pa će se postepeno obustavljati zbog tehničke dotrajalosti. Proizvodnja postojećih termoelektrana do njihova obustavljanja prikazana je na sl. 5. Prema toj dinamici ukupna proizvodnja postojećih termoelektrana i NE Krško do kraja njihovog vijeka iznosi

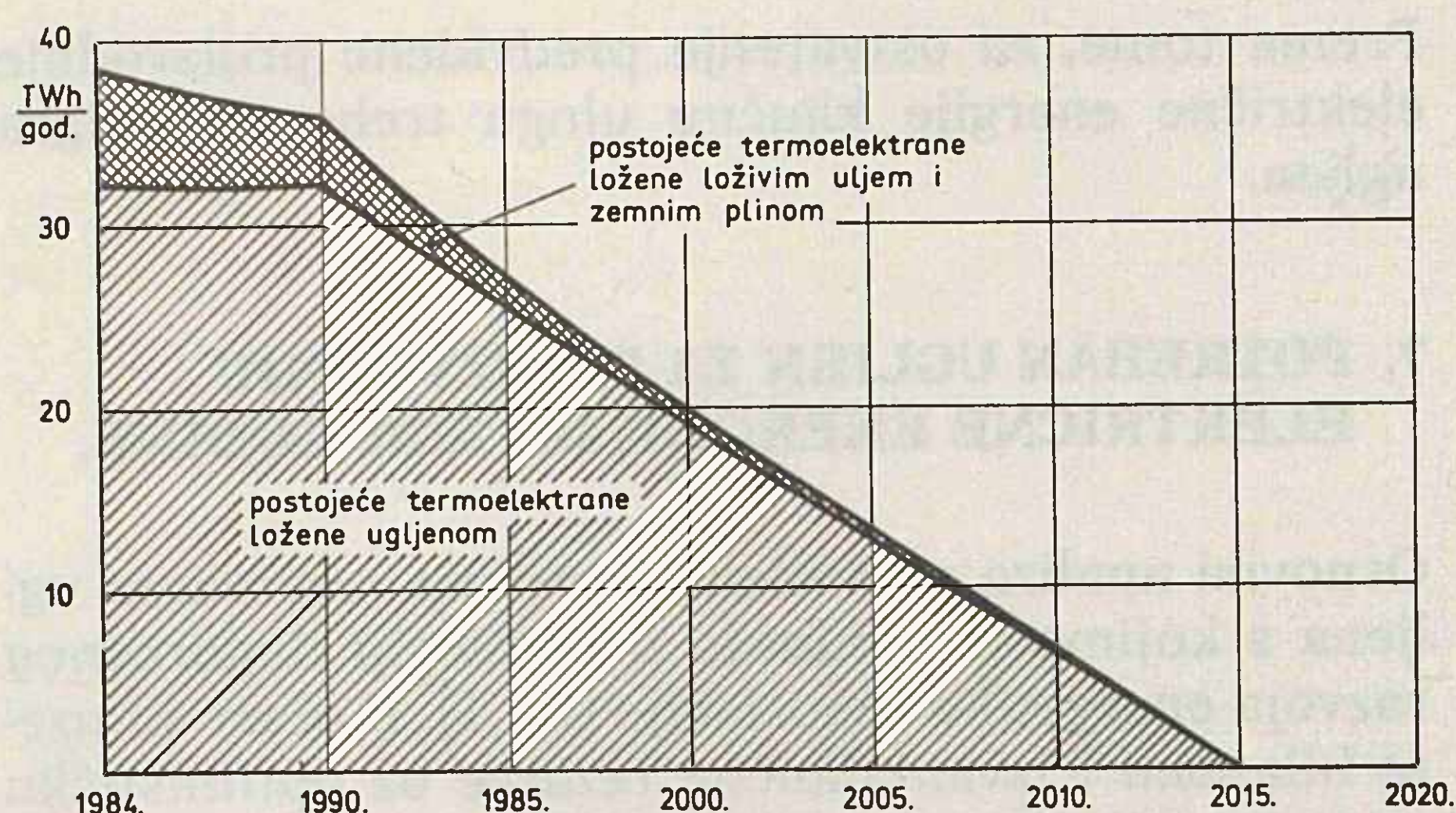
766 TWh,

a od toga

610 TWh termoelektrane — ugljen

56 TWh termoelektrane — loživo ulje i plin

100 TWh NE Krško.



Slika 5.

6. ZADOVOLJENJE KONZUMA HIDROELEKTRANAMA I POSTOJEĆIM TERMoeLEKTRANAMA

Na sl. 6. prikazan je predviđeni razvoj konzuma i mogućnosti zadovoljenja konzuma hidroelektranama, postojećim termoelektranama i nuklearnom elektranom Krško.

Hidroelektranama i postojećim termoelektranama (uključujući i NE Krško) može se proizvesti 2 506 TWh u razdoblju od 1984. do 2020. godine, pa to čini oko 35% (viša varijanta), odnosno 44% potreba (niža varijanta konzuma).

Ako se pretpostavi da se sve razlike između potreba i mogućnosti pokrivaju proizvodnjom u termoelektranama loženim ugljenom, potrebna proizvodnja u tom tipu termoelektrana, uključujući i proizvodnju u postojećim termoelektranama loženim ugljenom, iznosi

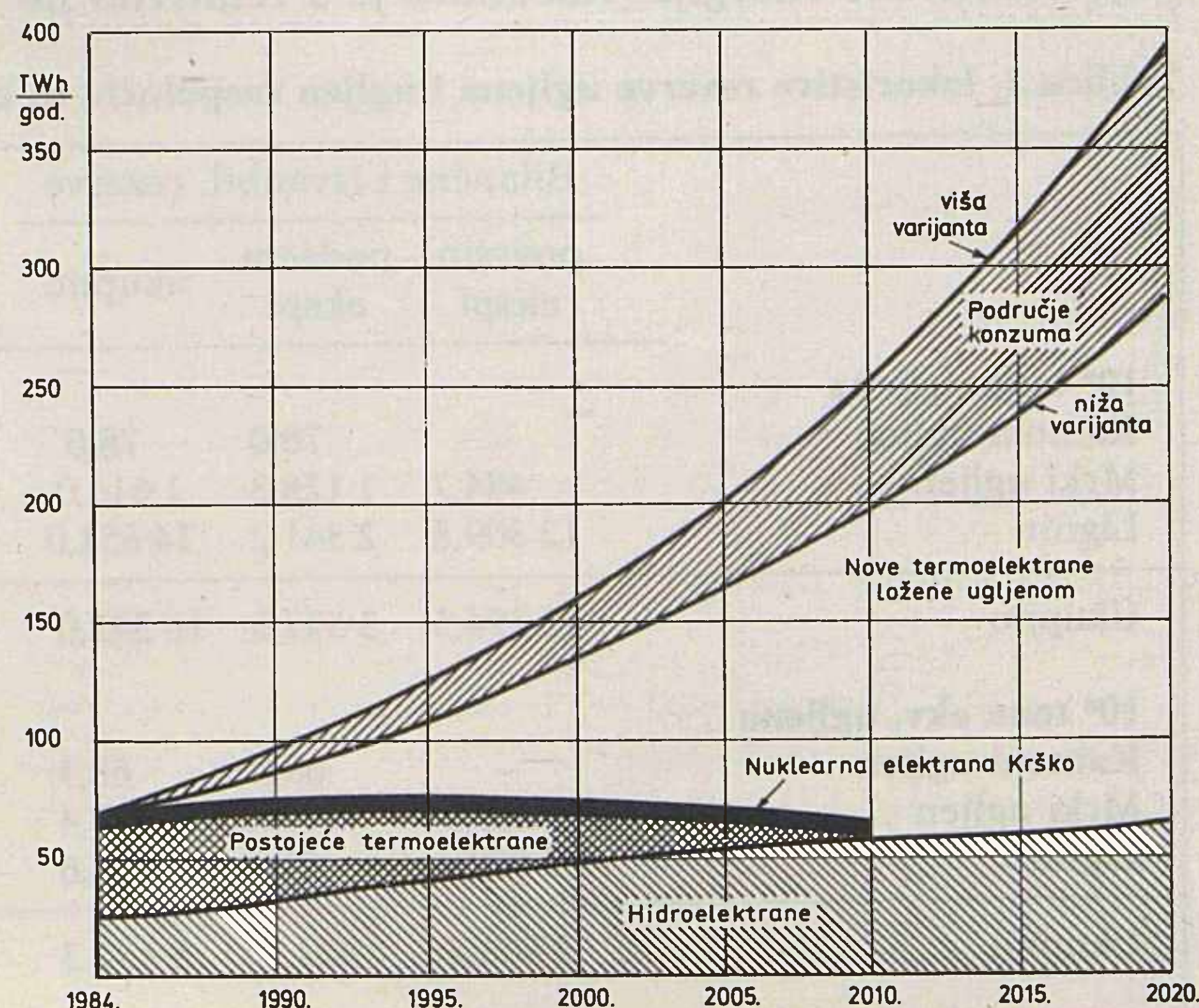
5 265 TWh (viša varijanta), odnosno

3 871 TWh (niža varijanta).

To znači da se loženjem ugljena pokriva

73% potreba (viša varijanta), odnosno

67% potreba (niža varijanta).



Slika 6.

Prema tome, za ostvarenje predviđene proizvodnje električne energije ključnu ulogu treba da odigra ugljen.

7. POTREBAN UGLJEN ZA PROIZVODNJU ELEKTRIČNE ENERGIJE DO 2020. GODINE.

Osnovna analiza provedena je prema rezervama ugljena s kojima je računato u Strategiji dugoročnog razvoja energetike Jugoslavije [lit. 1]. U obzir su uzete bilančne i izvanbilančne rezerve uz optimističku pretpostavku da će u promatranom razdoblju sve izvanbilančne rezerve biti prekategoriizirane u bilančne rezerve. Komentirat će se, osim toga, i najnoviji podaci o rezervama ugljena, koje je razradio Zavod za informatiku i ekonomiku Rudarskog instituta u Beogradu [lit. 12], ali koje nisu službeno potvrđene. Prema tim podacima trebalo bi računati sa znatno povećanim rezervama lignita na Kosovu (Metohiji). Prema tim podacima bilančne i izvanbilančne rezerve preračunate u energiju povećavaju se za oko 30%.

U tabl. 2. nalaze se podaci o bilančnim i izvanbilančnim rezervama [lit. 1] uzimajući u obzir način eksploatacije, te podaci o iskoristivim rezervama, uzimajući opet u obzir način eksploatacije. Pri određivanju eksploatacijskih rezervi računato je da gubici pri eksploataciji iznose 10% za površinsku, a 40% za podzemnu eksploataciju. Uz takve pretpostavke, a uvažavajući udio pojedinih načina eksploatacije, gubitak iznosi 16,5% od rezerva. U spomenutoj studiji Rudarskog instituta [lit. 12] navodi se da gubici, prema podacima rudnika, iznose 18%, dok obrađivači studije smatraju da je realnije računati s gubicima od 25 do 30%. U daljim analizama računat će se alternativno s gubicima od 16,5 i 25%.

U tabl. 2. nalaze se i podaci o količinama ugljena raspoloživim za proizvodnju električne energije. One su određene uz pretpostavku da se 70% iskoristivih rezerva kamenog ugljena i lignita, te 25% iskoristivih rezerva mrkog ugljena mora rezervirati za proizvodnju električne energije. Računato je s relativno ni-

skim postotkom mrkog ugljena, jer ga treba usmjeriti drugim potrošačima, budući da ga je, zbog veće ogrjevne moći, opravdano transportirati i na veće udaljenosti. Računato je s nešto većim postotkom lignita, koji treba osigurati za elektroprivredu, nego u Strategiji [lit. 1]. Treba spomenuti da je u Strategiji računato da će se u 2000. godini 69% eksploatiranog lignita upotrijebiti za proizvodnju električne energije, dok će taj postotak u 2020. godini iznositi 65%. To su prosječni postoci najviše i najniže varijante.

Uz navedene pretpostavke raspoložive količine ugljena za elektroprivredu, prema rezervama u Strategiji, iznose $9\,050 \cdot 10^6$ tona ugljena i lignita, odnosno, uzimajući u obzir ogrjevne moći, $2\,698 \cdot 10^6$ tona ekvivalentnog ugljena ogrjevne moći od 29,3 MJ/kg. S tim količinama ugljena, a uz pretpostavku da je za proizvodnju 1 kWh na pragu elektrana potrebno 0,42 kg ekv. ugljena, i to na rudniku ugljena, moguće je proizvesti

6 424 TWh električne energije.

Računato je sa specifičnim potroškom topline koji je nešto viši od potroška koji se uz optimalno opterećenje može postići u suvremenim agregatima, jer se pri takvom proračunu ne uzimaju u obzir gubici u toku transporta od rudnika do elektrane i gubici na skladištima, jer treba u potrošak uračunati energiju utrošenu za vrijeme pokretanja i obustava, te jer agregati rade s nepovoljnijim iskorištenjem goriva za vrijeme rada s opterećenjem različitim od optimalnoga, a pogotovo za vrijeme rada s tehničkim minimumom. Osim toga, treba uzeti u obzir da će dobar dio termoelektrana biti povratno hlađen, što povećava potrošak topline. Računanje, međutim, s nešto manjim specifičnim potroškom topline ne bi izmijenilo opći zaključak.

Kad se usporede potrebna proizvodnja termoelektrana loženih ugljenom i moguća proizvodnja raspoloživim količinama ugljena (prema rezervama u Strategiji), dobiva se da bi do 2020. godine trebalo utrošiti

82% (viša varijanta), odnosno
60% (niža varijanta)

Tablica 2. Iskoristive rezerve ugljena i ugljen raspoloživ za elektrane prema bilančnim i izvan bilančnim rezervama

	Bilančne i izvanbil. rezerve			Iskoristive rezerve			Raspolož. za elektr.		Udjeli %
	površin. ekspl.	podzem. ekspl.	ukupno	površin. ekspl.	podzem. ekspl.	ukupno	%	ukupno	
10⁶ tona ugljena									
Kameni ugljen	—	78,0	78,0	—	46,8	46,8	70,0	32,8	0,36
Mrki ugljen	484,7	1 128,3	1 613,0	436,2	677,0	1 113,2	25,0	278,3	3,08
Lignit	12 309,8	2 341,2	14 651,0	11 078,8	1 404,7	12 483,5	70,0	8 738,5	96,56
Ukupno	12 794,5	3 547,5	16 342,0	11 515,0	2 128,5	13 643,5	66,3	9 049,6	100,00
10⁶ tona ekv. ugljena									
Kameni ugljen	—	68,3	68,3	—	40,9	40,9	70,0	28,6	1,06
Mrki ugljen	248,6	578,8	827,4	223,7	347,3	571,0	25,0	142,7	5,29
Lignit	3 559,6	677,0	4 236,6	3 203,6	406,2	3 609,8	70,0	2 526,9	93,65
Ukupno	3 808,2	1 324,1	5 132,3	3 427,3	794,4	4 221,7	63,9	2 698,2	100,00
Udjeli %	74,20	25,80	100,00	81,18	18,82	100,00	—	—	—

od količina ugljena raspoloživih za proizvodnju električne energije.

Mogućnost zadovoljenja potreba, međutim, treba razmotriti i s gledišta rudničkih kapaciteta. Pri tome treba uzeti u obzir da rudničke kapacitete treba tako dimenzionirati da se građevine, uređaji i oprema mogu amortizirati. Ako se računa da je potrebno osigurati eksploataciju u toku 40 godina, maksimalni kapacitet rudnika iznosi

341.10⁶ t ugljena godišnje,

od čega na elektroprivredu otpada

226.10⁶ t ugljena godišnje.

U godini s najvećom potrošnjom ugljena (2020. godina) potrebne godišnje količine ugljena za elektroprivredu iznose

477.10⁶ t ugljena godišnje (viša varijanta), odnosno

328.10⁶ t ugljena (niža varijanta).

Prema tome, uz 40-godišnju eksploataciju rudnika može se zadovoljiti

47 % potreba (viša varijanta), odnosno

69 % potreba (niža varijanta) u godini maksimalne potrošnje.

U 2000. godini potrebne količine ugljena iznose

277.10⁶ tona (viša varijanta), odnosno

193.10⁶ tona (niža varijanta).

Procjene razvoja kapaciteta rudnika ugljena u spomenutoj studiji Rudarskog instituta [lit. 12] daju podatak da je u 2000. godini moguće proizvesti

176.10⁶ tona ugljena,

od čega se može računati za elektroprivredu s količinom od

123.10⁶ tona ugljena.

To znači da se u 2000. godini uz takav razvoj rudnika može za elektroprivredu osigurati

44 % potreba (viša varijanta), odnosno

64 % potreba (niža varijanta).

Ako se uzme u obzir povećanje rezerva za 30 % (preračunato u energiju), moguća proizvodnja električne energije ugljenom raspoloživim za elektroprivredu iznosi

8 351 TWh.

Taj podatak se dobiva kad se računa s gubicima u toku eksploatacije od 16,5 %, ako se računa s gubicima od 25 %, moguća proizvodnja električne energije iznosi

7 501 TWh.

To znači da bi se do 2020. godine utrošilo

70 % (viša varijanta), odnosno

52 % (niža varijanta)

od raspoloživog ugljena za proizvodnju električne energije.

S povećanjem rezerva ugljena povećavaju se i mogući rudnički kapaciteti, pa oni, uz 40-godišnju eksploataciju, iznose samo za proizvodnju električne energije

294.10⁶ t/god. (uz gubitke od 16,5 %) i

264.10⁶ t/god. (uz gubitke od 25 %).

Prema tome, mogu se potrebe elektroprivrede u godini najveće potrošnje ugljena zadovoljiti sa sljede-

ćim postocima, ako se računa s gubicima od 16,5 %: 62 % (viša varijanta), odnosno

90 % (niža varijanta),

a ako se računa s gubicima od 25 %, može se zadovoljiti

55 % (viša varijanta), odnosno

80 % (niža varijanta)

potreba elektroprivrede.

Raspoloživim rezervama ugljena, a bez obzira na racionalni kapacitet rudnika, mogu se zadovoljiti potrebe elektroprivrede do 2020. godine, jer je potrebno do te godine utrošiti između 52 i 82 % ugljena raspoloživog za proizvodnju električne energije, ovisno o varijanti konzuma i procjeni rezerva.

Nasuprot tome, kapacitetima rudnika uz 40-godišnju eksploataciju nije moguće zadovoljiti potrebe elektroprivrede u 2020. godini, pa ni u godinama koje toj godini prethode. Da bi se te potrebe zadovoljile, bilo bi potrebno projektirati rudnike za eksploataciju od 19 do 32 godine, također ovisno o varijanti konzuma i o procjeni rezerva.

Napokon, predviđeni kapacitet rudnika u 2000. godini nije dovoljan za zadovoljenje potreba elektroprivrede, pa ni onda kad bi se sav proizvedeni ugljen usmjerio u termoelektrane.

8. POTREBAN UGLJEN DO KRAJA ŽIVOTNOG VIJEKA TERMoeLEKTRANA

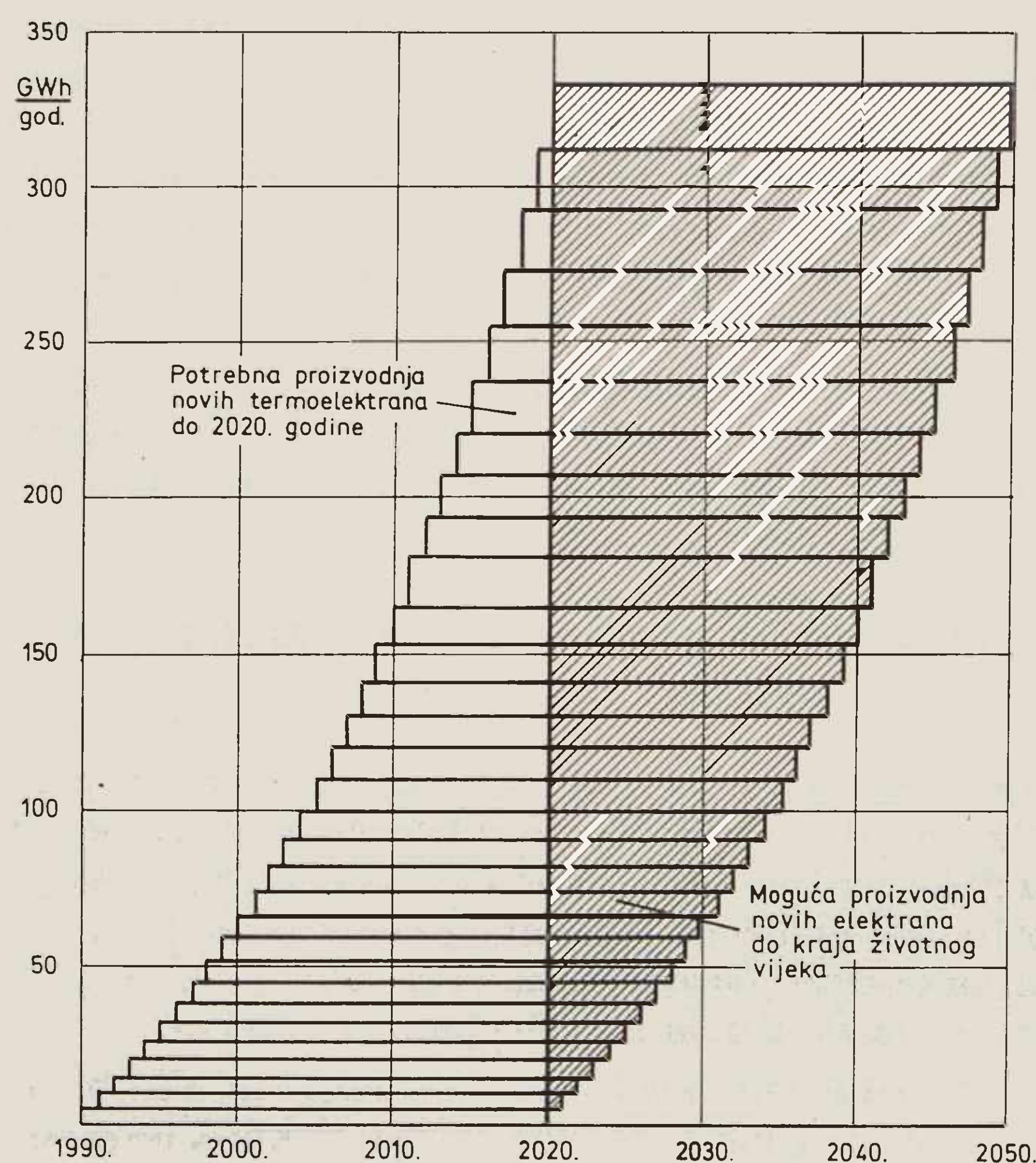
Ako se zanemari ograničenje zbog rudničkih kapaciteta, jer se, u krajnjoj liniji, može povećati kapacitet rudnika na štetu ekonomičnosti, moglo bi se zaključiti da se bilančnim i izvanbilančnim rezervama mogu zadovoljiti potrebe elektroprivrede do 2020. godine i to djelomičnim iscrpljenjem tih rezerva.

Taj bi zaključak, međutim, bio ispravan ako bi na kraju 2020. godine prestao raditi elektroenergetski sistem ili ako bi se zadovoljili samo s djelomičnim iskorištenjem životnog vijeka termoelektrana koje su izgrađene nakon 1990. godine. U stvari, potreba je proizvodnje električne energije i poslije 2020. godine, a za zadovoljenje većeg ili manjeg porasta potrošnje bit će potrebno graditi elektrane. One termoelektrane koje su stavljene u pogon prije 1990. godine dotrajat će već do 2020. godine, ali one koje su stavljene u pogon poslije 1990. godine neće tehnički dotrajati do kraja 2020. godine i one će biti sposobne za pogon i nakon te godine. Dakako, opravdano je iskoristiti mogućnost proizvodnje tih termoelektrana sve do kraja njihova životnog vijeka, ali to je moguće samo onda ako postoje potrebne količine ugljena.

Dakle, potrebne količine ugljena za proizvodnju električne energije sastoje se od ugljena potrebnog za proizvodnju električne energije do 2020. godine i od ugljena koji je potreban za iskorištenje termoelektrana izgrađenih poslije 1990. godine, tj. za one koje će još biti tehnički sposobne za pogon poslije 2020. godine. Te posljednje spomenute količine ugljena nisu tako malene, kako će se još vidjeti, da bi se mogle zanemariti, jer će se zbog povećanja potrošnje graditi svake godine termoelektrane sve većih snaga, pa će i

najveće snage termoelektrana, koje će biti stavljene u pogon neposredno prije 2020. godine biti tek nekoliko godina u pogonu.

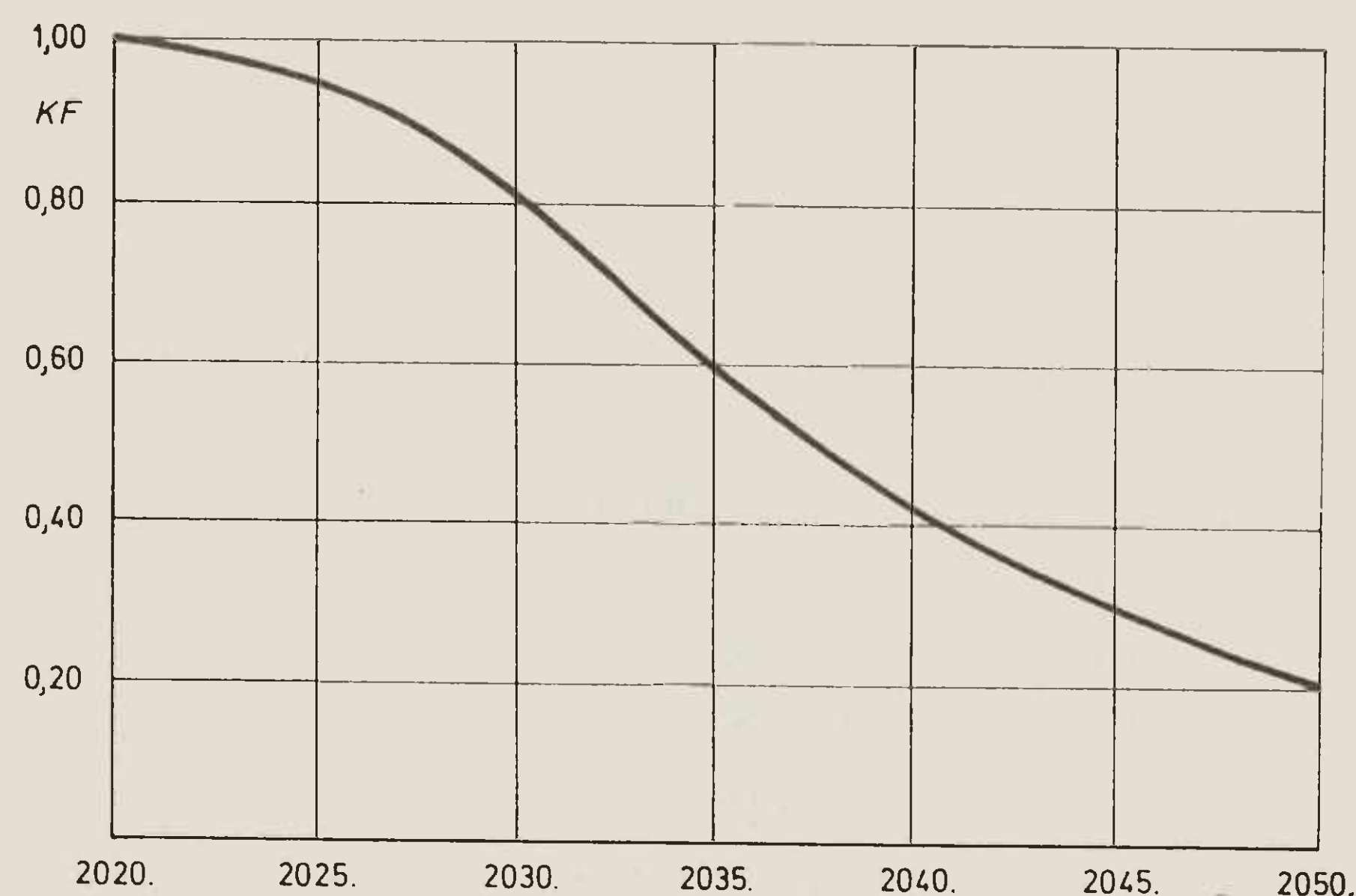
Analizom prilika u elektroenergetskom sistemu, prema sl. 6, može se za svaku godinu odrediti potrebna proizvodnja novih termoelektrana, koja je i mjera instalirane snage koju treba svake godine staviti u pogon. Ta se proizvodnja novih termoelektrana može nazvati mogućom proizvodnjom, jer, tehnički promatrano, toliku proizvodnju mogu nove termoelektrane ostvariti u svakoj godini do kraja životnog vijeka. Pomoću tih mogućih proizvodnja može se nacrtati dijagram na sl. 7, na kojem visine pravokutnika označuju moguću godišnju proizvodnju, dok se osnovi-



Slika 7.

ca proteže od stavljanja u pogon do kraja životnog vijeka. Površina koja odgovara razdoblju do 2020. godine predstavlja potrebnu proizvodnju do te godine, a iscrtana površina za razdoblje nakon 2020. godine moguću proizvodnju do kraja životnog vijeka termoelektrana stavljenih u pogon prije 2020. godine. Ta moguća proizvodnja postaje s vremenom sve manja jer se termoelektrane postepeno obustavljaju zbog tehničke dotrajalosti.

Moguća proizvodnja u razdoblju poslije 2020. godine, međutim, ne znači i stvarnu proizvodnju. Daljnjim razvojem elektroenergetskog sistema, naime, potrebno je graditi nove elektrane, za koje se u ovoj analizi pretpostavlja da to neće biti termoelektrane ložene ugljenom. Te će elektrane, kako se to obično događa, imati bolje karakteristike od već izgrađenih, pa će ih nove elektrane sve više potiskivati prema vrhu dijagrama opterećenja, i zbog toga će se proizvodnja starijih termoelektrana sve više smanjivati. Taj se utjecaj može obuhvatiti korekcijskim faktorom koji sa sve većom vremenskom udaljenošću od 2020. godine ima



Slika 8.

sve manje vrijednosti (sl. 8). Pri kraju 30-godišnjeg razdoblja (nakon 2020. godine) korekcijski će faktor imati male vrijednosti jer će se preostale stare termoelektrane tada stavljati u pogon samo u razdobljima kad je potrebna vrlo velika proizvodnja u termoelektanama.

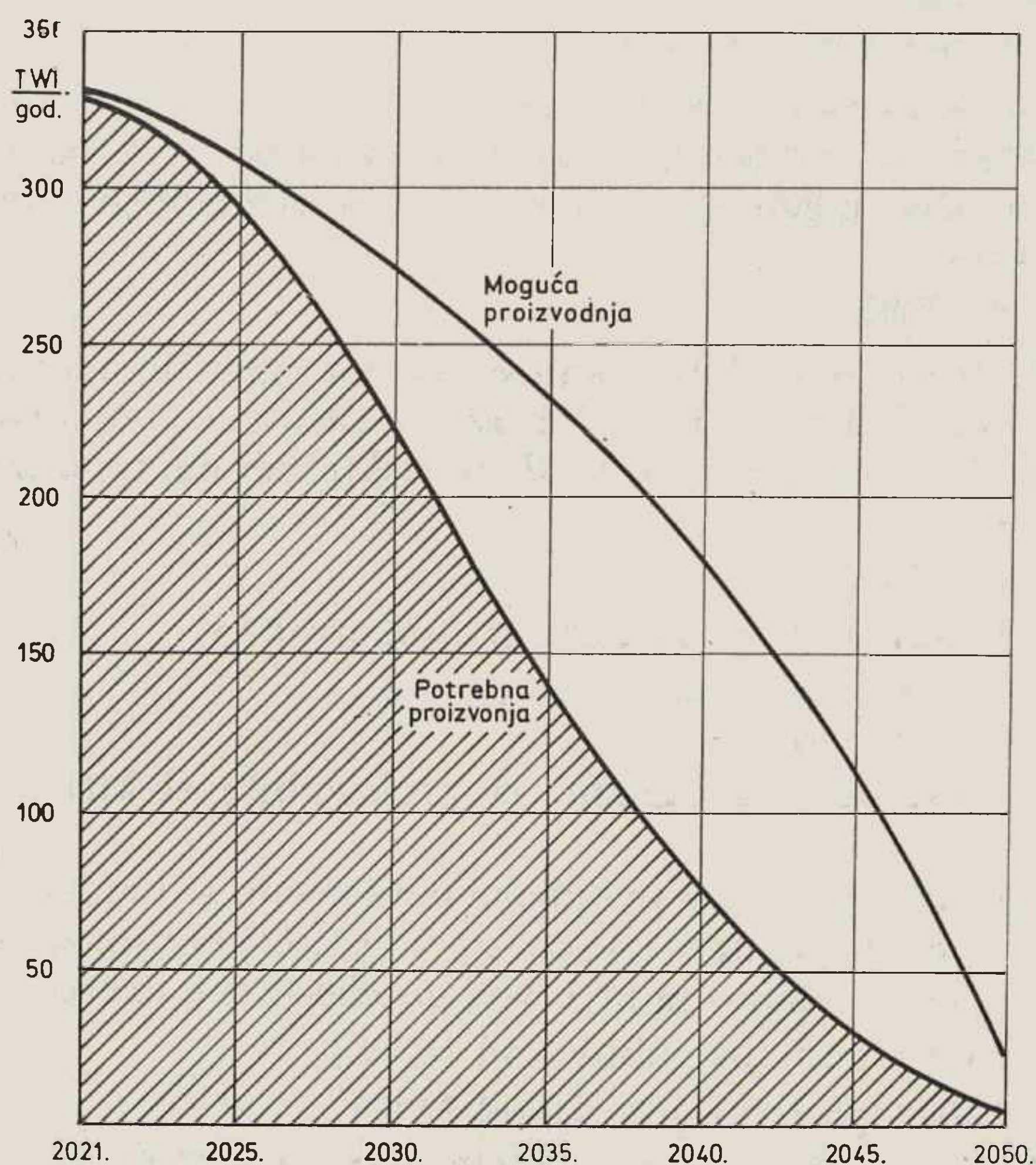
Ako se moguće proizvodnje prikazane na desnoj strani dijagrama na sl. 7 pomnože pripadnim korekcijskim faktorom (sl. 8), dobivaju se potrebne godišnje proizvodnje u razdoblju poslije 2020. godine (sl. 9), pa površina ispod te krivulje predstavlja potrebnu proizvodnju termoelektrana izgrađenih prije 2020. godine, ali do kraja njihovog životnog vijeka, za koju treba osigurati potrebne količine ugljena.

Korekcijski je faktor procijenjen na temelju analiza u lit. 13.

Potrebna proizvodnja termoelektrana izgrađenih prije 2020. godine, ali ostvarena nakon te godine do kraja životnog vijeka tih termoelektrana iznosi

4 482 TWh (viša varijanta), odnosno

3 013 (niža varijanta).



Slika 9.

9. MOGUĆNOST OSIGURANJA POTREBNOG UGLJENA ZA PROIZVODNJU ELEKTRIČNE ENERGIJE

Ako se potrebnoj proizvodnji termoelektrana do 2020. godine doda potrebna proizvodnja do kraja životnog vijeka već prije izgrađenih termoelektrana, dobiva se sljedeća potrebna ukupna proizvodnja termoelektrana loženih ugljenom:

9 747 TWh (viša varijanta), odnosno
6 884 TWh (niža varijanta).

Prema tome, raspoloživim količinama ugljena za elektroprivredu (rezerve prema Strategiji) može se zadovoljiti

66 % potreba (viša varijanta), odnosno
93 % potreba (niža varijanta).

Ako se uzme u obzir povećanje rezerva na Kosovu uz 16,5 % gubitaka pri eksploataciji, raspoloživim količinama ugljena može se zadovoljiti

86 % potreba (viša varijanta), odnosno
121 % potreba (niža varijanta).

Ako se, međutim, računa sa 25 % gubitaka pri eksploataciji, može se raspoloživim količinama ugljena zadovoljiti

77 % potreba (viša varijanta), odnosno
109 % potreba (niža varijanta).

Kumulativna potrošnja ugljena za proizvodnju električne energije vidi se na sl. 10.

10. ZAKLJUČAK O MOGUĆNOSTIMA ZADOVOLJENJA POTREBA REZERVAMA UGLJENA

Ako se mogućnost zadovoljenja potreba promatra samo prema raspoloživim količinama ugljena, može se konstatirati da za višu varijantu konzuma električne energije nema dovoljnih količina ugljena, pa ni onda kad se uzmu u obzir i povećane rezerve. Za nižu varijantu konzuma rezervama ugljena s kojima je računato u Strategiji također se ne mogu zadovoljiti potrebe, a kad se računa s povećanjem rezerva na Kosovu, preostaju relativno male količine ugljena koje nisu utrošene, odnosno nisu angažirane do 2020. godine. To znači da se poznatim rezervama ugljena ili ne može osigurati potrebna proizvodnja električne energije ili se do 2020. godine moraju utrošiti i angažirati praktički sve poznate rezerve ugljena.

Kad bi se prihvatila niža varijanta razvoja konzuma kao mjerodavna, postavlja se pitanje da li je opravdano utrošiti i angažirati u toku od tridesetak godina gotovo sve danas poznate rezerve ugljena.

Druga se slika dobiva kad se promatraju prilike sa stajališta rudničkih kapaciteta.

Kako je pokazano, prema studiji Rudarskog instituta [lit 12], predviđeni razvoj rudničkih kapaciteta do 2000. godine nije dovoljan za zadovoljenje potreba elektroprivrede, pa ni onda kad bi se sav proizvedeni ugljen usmjerio u termoelektrane.

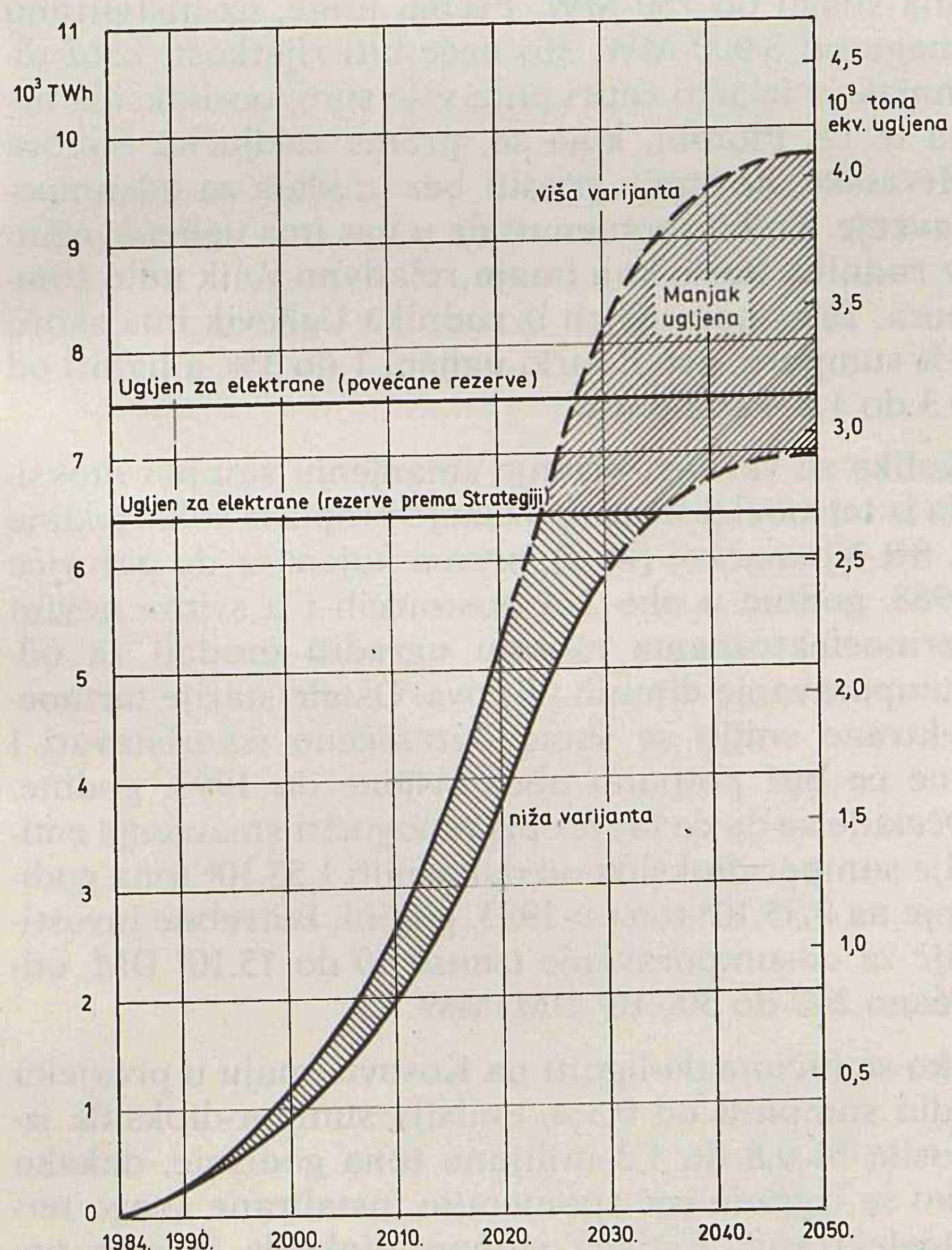
Osim toga pokazano je da se ni u nižoj varijanti konzuma ni uz povećane rezerve ugljena ne mogu zadovoljiti potrebe elektroprivrede do 2020. godine uz rudničke kapacitete za trajanje eksploatacije od 40 godina [sl. 11]. Prema tome, da bi se zadovoljile potrebe do 2020. godine, potrebno bi bilo dimenzionirati rudničke kapacitete za kraće trajanje eksploatacije. Za višu varijantu konzuma trebalo bi ih dimenzionirati za sljedeće trajanje eksploatacije:

19 godina (rezerve prema Strategiji), odnosno
22 godine (povećane rezerve, 25 % gubitaka),
dok bi za zadovoljenje potreba u nižoj varijanti konzuma trebalo predvidjeti trajanje eksploatacije od
27 godina (rezerve prema Strategiji), odnosno
32 godine (povećane rezerve, 25 % gubitaka).

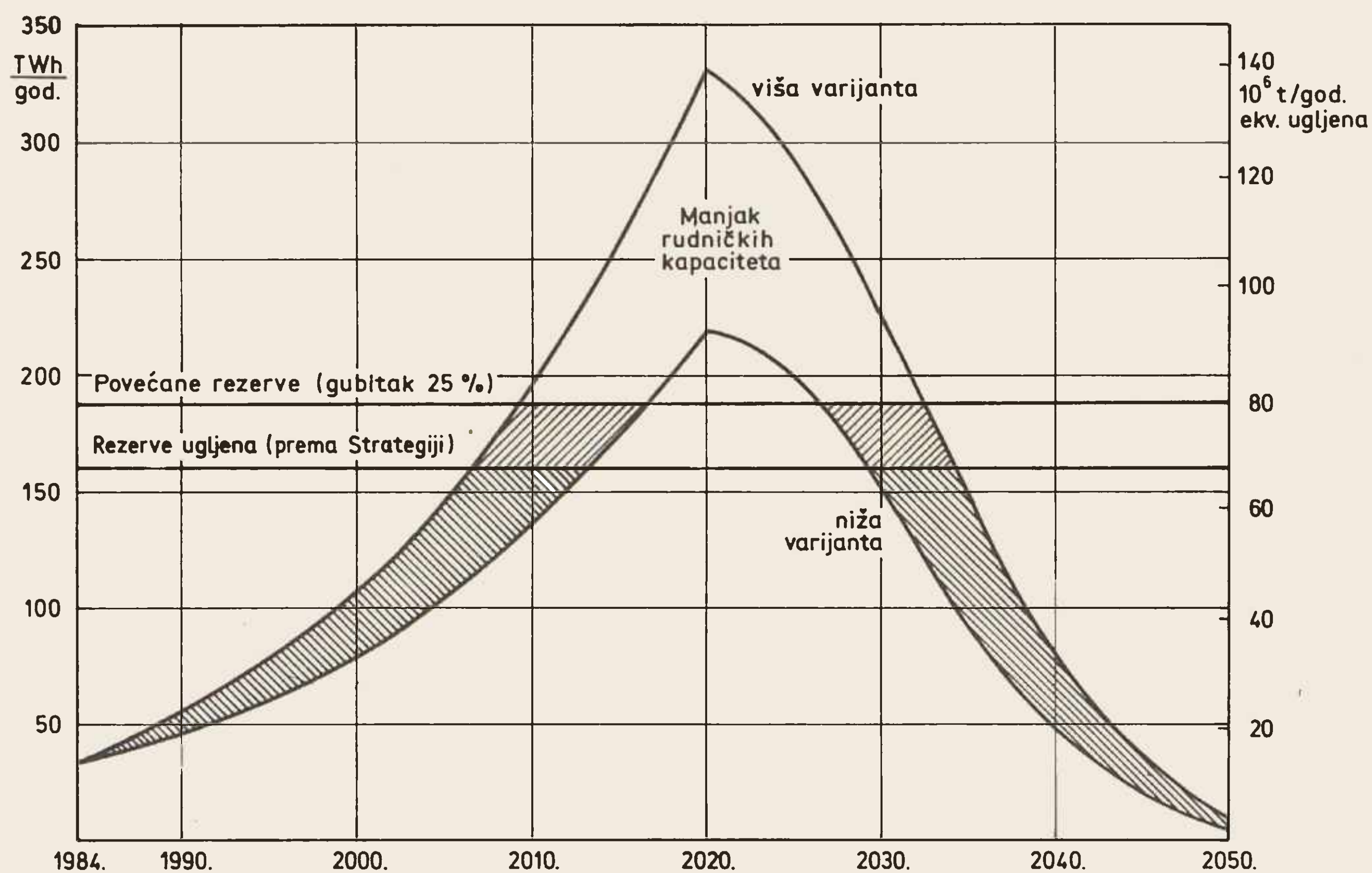
Prema tome, rudnički kapaciteti predstavljaju veće ograničenje nego raspoložive količine ugljena, pa kad se uzmu u obzir rudnički kapaciteti, postoje još manje mogućnosti opskrbe električnom energijom iz konvencionalnih termoelektrana.

11. DALJA OGRANIČENJA GRADNJE TERMOELEKTRANA

Prema elektroenergetskim bilancama potrebno je 2020. godine imati u termoelektranama loženim ugljenom instaliranu snagu od oko 59 000 MW (viša varijanta), odnosno oko 41 000 MW (niža varijanta) uz pretpostavku da se do tada osim hidroelektrana grade samo termoelektrane ložene ugljenom, te da godišnje iskorištenje instalirane snage iznosi 6 000 sati.



Slika 10.



Slika 11.

Od ukupnih rezerva otpada na područje Kosova oko 40%, preračunato u energiju, što znači da će otprilike i toliki postotak od potrebnih termoelektrana biti lociran na tom području. Dakle, na području Kosova bilo bi potrebno izgraditi termoelektrane s instaliranom snagom od oko 24 000 MW (viša varijanta), odnosno od oko 16 000 MW (niža varijanta). Nisam siguran da se može na tom području osigurati potrebna voda i za povratno hlađenje za toliku snagu termoelektrana. Sličan problem pojavit će se i na nekim drugim lokacijama, iako u manjen opsegu, jer se radi o manjim snagama. To će ograničiti mogućnost izgradnje termoelektrana i unatoč tome što će postojati i rezerve ugljena i rudnički kapaciteti.

Pri određivanju moguće koncentracije termoelektrana na užem području treba uzeti u obzir i utjecaj tih postrojenja na okolinu. To je u nas posebno važno jer će većina termoelektrana biti koncentrirana na ograničenom broju lokacija.

Tako npr. kad bi se izgradile spomenute instalirane snage termoelektrana na rudnicima na Kosovu, bilo bi potrebno spaliti između 140 i 210.10⁶ tona ugljena godišnje s prosječnim udjelom pepela od 15 %. Ako se računa da će se 1% od toga pepela emitirati kroz dimnjak u okolinu (što nije jednostavno postići), emitirat će se u okolinu 210 do 315.10³ tona pepela godišnje, koji će se istaložiti na užem ili širem području ovisno o veličini čestica, stanju atmosfere i brzinama vjetra. I znatno manje količina pepela šteto bi djelovale na okolinu.

Osim prašine na okolinu negativno djeluju sumpor-dioksid i dušični oksidi.

Zbog svega toga na lokacijama s većom koncentracijom termoelektrana, i to ne samo u neposrednoj okolini, može se očekivati otpor stanovništva protiv izgradnje onoliko termoelektrana koliko bi odgovaralo rezervama ugljena i s kojima se računa za opskrbu potrošača električnom energijom. Otpori gradnji TE Plomin snage 250 MW to najbolje pokazuju.

Istina je da je udio sumpora u raškom ugljenu vrlo visok (udio izgorivog sumpora iznosi oko 10%). Ne treba, međutim, zaboraviti da je količina sumpor-dioksida koja se emitira iz dimnjaka proporcionalna produktu količine spaljenog ugljena i udjela sumpora u tom ugljenu. Ako se npr. spaljuje ugljen koji ima ogrjevnu moć koja je samo trećina ogrjevne moći raškog ugljena i ako taj ugljen ima samo 1% sumpora, emitirat će se kroz dimnjak jednaka količina sumpor-dioksida kao iz TE Plomin ako termoelektrana ima snagu od 750 MW. Prema tome, uz instaliranu snagu od 3 000 MW, što neće biti rijetkost, kroz dimnjak će izlaziti četiri puta više sumpor-dioksida nego iz TE Plomin, koja se, prema zaključku Sabora Hrvatske, ne smije graditi bez uređaja za odsumporavanje. Treba spomenuti da u nas ima ugljenâ, osim iz rudnika Raša, koji imaju relativno velik udio sumpora. Tako npr. ugljen iz rudnika Ugljevik ima skoro 5% sumpora, ostali mrki ugljeni 1 do 3%, a ligniti od 0,3 do 1,2% sumpora.

Kolika se važnost pridaje smanjenju sumpor-dioksida iz termoelektrana, pokazuje propis iz 1983. godine u SR Njemačkoj [lit 9], prema kojem se do polovice 1988. godine u oko 3/4 postojećih i u svima novim termoelektranama moraju ugraditi uređaji za odsumporavanje dimnih plinova. Ostale starije termoelektrane smiju se samo ograničeno iskorištavati i one će biti potpuno obustavljene do 1993. godine. Očekuje se da će taj propis omogućiti smanjenje emisije sumpor-dioksida od današnjih 1,55.10⁶ tona godišnje na 0,35.10⁶ tona u 1993. godini. Potrebne investicije za odsumporavanje iznose 10 do 15.10⁹ DM, odnosno 200 do 300.10³ DM/MW.

Ako se računa da ligniti na Kosovu imaju u prosjeku udio sumpora od 0,3%, emisija sumpor-dioksida iznosila bi 0,8 do 1,3 milijuna tona godišnje, dakako ako se izgrade već spomenute instalirane snage termoelektrana. Emisija sumpor-dioksida iz svih potrebnih termoelektrana, koje bi trebale biti izgrađene

ne do 2020. godine, bit će nekoliko puta veća jer je udio sumpora u drugim ugljenima i nekoliko puta veći nego u kosovskim lignitima.

Osim toga, u 1984. godini određena je u SR Njemačkoj [lit. 9] dopuštena gornja granica emisije dušičnih oksida u plinovima izgaranja (200 mg/m^3). Sniženje emisije tih oksida u dopuštene granice tražit će investicije od oko $5 \cdot 10^9$ DM.

Te mjere za zaštitu okoline koje su u toku u SR Njemačkoj značit će povišenje proizvodnih cijena električne energije iz konvencionalnih termoelektrana za 3 do 4 Pf/g/kWh, odnosno 450 do 600 starih dinara po kWh.

12. ZAKLJUČAK

Uzimajući u obzir sve navedeno, može se nedvosmisleno tvrditi da je, osim potpunog iskorištenja vodnih snaga i intenzivne gradnje termoelektrana loženih ugljenom, nužna gradnja nuklearnih elektrana u elektroenergetskom sistemu Jugoslavije.

Ostaje, međutim, otvoreno pitanje dinamike gradnje nuklearnih elektrana. Ta dinamika ovisi u prvom redu o dinamici razvoja konzuma, o mogućoj dinamici razvoja proizvodnih kapaciteta rudnika ugljena i o potrebnim količinama ugljena za druge svrhe (industrija, domaćinstva, proizvodnja plina, karbokemija). Pri tome se moraju uzeti u obzir svi ekonomski aspekti (potrebne investicije, proizvodne cijene energije, investicije za rudnike, mogućnosti domaće industrije, racionalnija upotreba energije, prestrukturiranje industrije i dr.) i svi ekološki aspekti (utjecaj zračenja, termičko opterećenje okoline, utjecaj dimnih plinova i prašine, utjecaj velikih površinskih kopova i dr.)

To je opsežan posao, ali potreban da bi se što prije i sa što većom sigurnošću sagledalo sve ono što očekuje elektroprivredu i energetiku u ne tako dalekoj budućnosti. Ne smije se, naime, zaboraviti da je energetiku posebno dugoročno planirati, jer otvaranje velikih rudnika ugljena, gradnja konvencionalnih termoelektrana velikih snaga na istoj lokaciji, gradnja nuklearnih elektrana i razvoj proizvodnje energetske opreme traje deset i više godina.

Osim toga, s obzirom na ovisnost i industrijske proizvodnje i načina života o redovitoj opskrbi energijom, a pogotovu o redovitoj opskrbi električnom energijom, potrebno je optimistički planirati razvoj potrošnje, a pesimistički razvoj proizvodnje i gradnje energetske postrojenja.

- [3] Energetski bilans 1984, Savezni zavod za statistiku, Beograd, 1985. %
- [4] VINSKI, I., »Kretanje društvenog proizvoda svijeta od 1910. do 1975. godine«, Ekonomski institut, Zagreb, 1978.
- [5] Jugoslavija 1945-1985, Statistički prikaz, Savezni zavod za statistiku, Beograd, 1986.
- [6] L'utilisation rationnelle des sources d'énergie pour répondre à la demande de chaleur, Commission économique pour l'Europe, Nations Unie, New York, 1985.
- [7] La transition énergétique dans la région de la CEE, Commission économique pour l'Europe, Nations Unies, New York, 1984.
- [8] POŽAR, H., »Uloga loživog ulja u budućoj opskrbi energijom«, Savjetovanje o upotrebi derivata nafte, Znanstveni savjet za naftu Jugoslavenske akademije znanosti i umjetnosti, Sarajevo, 1985.
- [9] La situation de l'énergie électrique dans le région de la CEE en 1984, Commission économique pour l'Europe, Comité de l'énergie électrique, EP (R. 114) Add. 1, Genève, 1985.
- [10] La situation de l'énergie électrique dans la région de la CEE en 1984, Commission économique pour l'Europe, Comité de l'énergie électrique, EP (R. 144) Add. 2, Genève
- [11] UDOVIČIĆ, B., GRANIĆ, G., PEŠUT, D. »Definicija serije nuklearnih elektrana koje će se graditi u elektroenergetskom sistemu Jugoslavije do 2000. godine«, Institut za elektroprivredu, Zagreb, 1985.
- [12] Analiza bilansnih rezerva uglja Jugoslavije sa stanjem na dan 31. XII 1983. godine po vrstama uglja, republikama i ležištima sa gledišta moguće proizvodnje električne energije za period do 2000. godine (Izvod iz studije), Rudarski institut, OOUR Zavod za informatiku i ekonomiku, Beograd – Zemun, 1985.
- [13] POŽAR, H., BIRIMIŠA, H. »Utjecaj razvoja sistema na korištenje termoelektrana«, Institut za elektroprivredu, Zagreb, 1970.

ABOUT LONG TERM DEVELOPMENT OF ELECTRIC POWER GENERATION IN YUGOSLAVIA BY CONVENTIONAL POWER PLANTS

In the article is discussed about possible development of electric power consumption and production by conventional power plants in Yugoslavia.

ÜBER LANGFRISTIGE STROMERZEUGUNG IN JUGOSLAWIEN MITTELS KONVENTIONELLER QUELLEN

Im Artikel wird die Möglichkeit der Entwicklung des Stromverbrauchs und seiner Befriedigung durch konventionelle energetische Quellen in Jugoslawien gegeben.

О ДОЛГОСРОЧНОМ РАЗВИТИИ ВЫРАБОТКИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В ЮГОСЛАВИИ ТРАДИЦИОННЫМИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИМИ ИСТОЧНИКАМИ

В статье дан обзор возможностей развития потребления электроэнергии и его удовлетворения традиционными энергетическими источниками в Югославии.

LITERATURA

- [1] Strategija dugoročnog razvoja energetike Jugoslavije, Informator, Zagreb, 1983.
- [2] POŽAR, H., »O energetici Jugoslavije početkom osamdesetih godina, Energija i razvoj«, Jugoslavenska naučna tribina, Zagreb, 1986.

Naslov pisca:

Prof. dr Hrvoje Požar, dipl. inž.
41000 Zagreb, Trg. D. Iblera 5
Jugoslavija

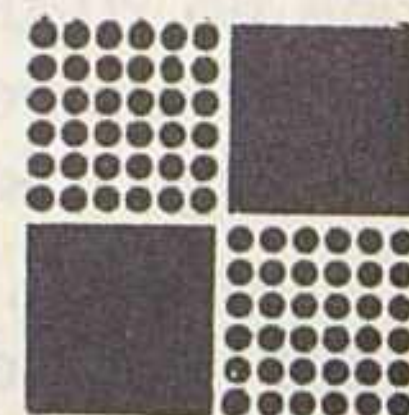
Uredništvo primilo rukopis
1986-05-09

SOUR

monting

ZAGREB n.sol.o.

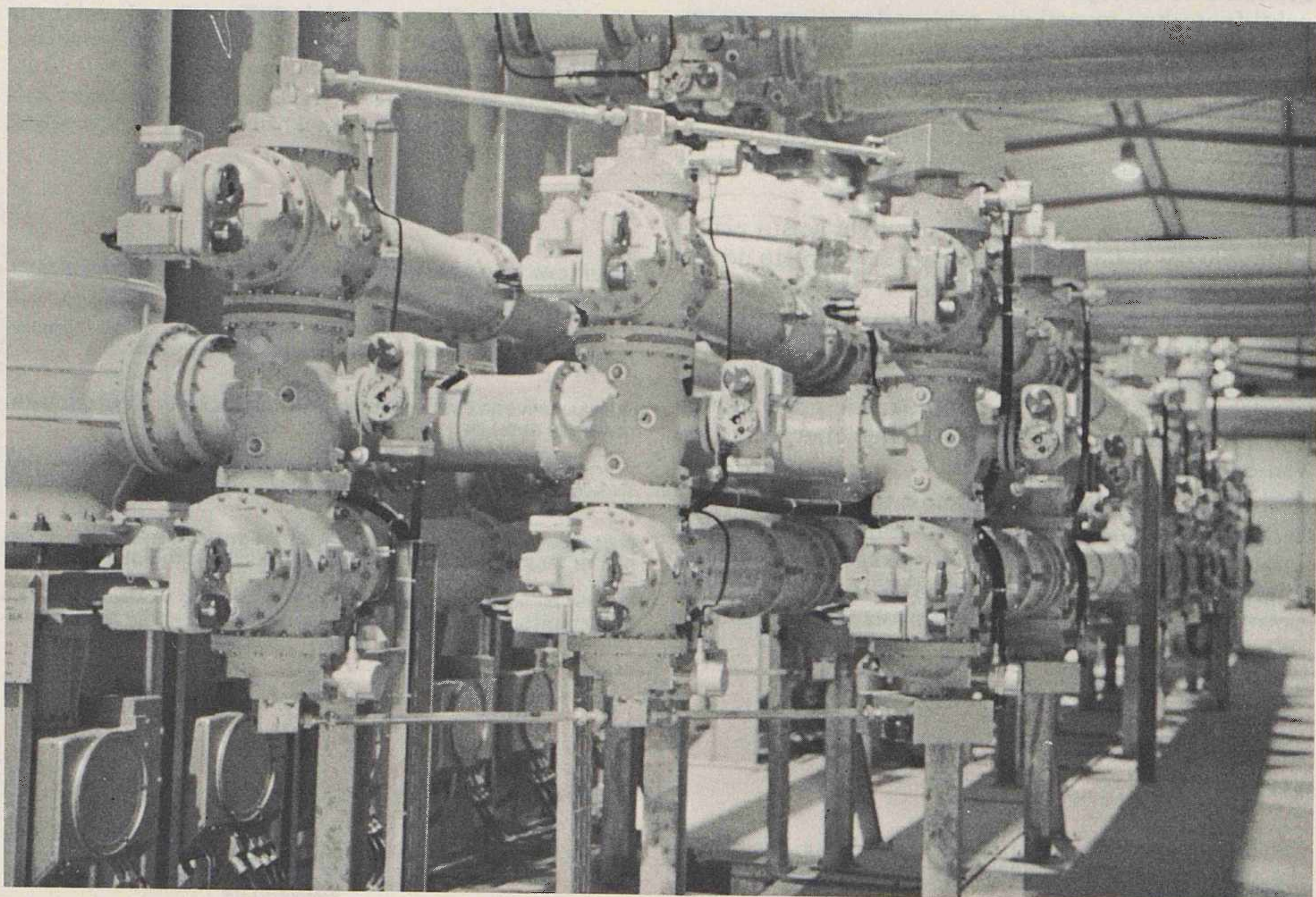
RO
MONTMONTAŽA



Radna organizacija za montažu industrijskih postrojenja
OOOR za elektromontažne radove

ZAGREB ● Dimitrovljeva 2-6

- montaža i remont visoko i niskonaponskih postrojenja i razvodnih mreža
- montaža i remont kompletnih elektromotornih razvoda, rasklopnih postrojenja, instalacije rasvjete i uzemljenja
- montaža i remont uređaja, opreme i instalacija za automatiku, mjerenje, regulaciju
- kontrola i izrada tehničke dokumentacije za navedene djelatnosti
Radove izvodi u zemlji i inozemstvu



TS JALO

CIJENE NAFTE U SVIJETU — DOSADAŠNJI RAZVITAK I NEKE PREMISE ZA BUDUĆNOST

Zdravko Mužek, Zagreb

UDK 338.524:657.47

ORIGINALNI ZNANSTVENI RAD

Daje se pregled dosadašnjih odnosa u međunarodnoj naftnoj industriji. Iznose se stavovi o događajima iz sedamdesetih godina i analiziraju uzroci aktualnog pada cijena nafte. Na osnovi procjena rezervi nafte u svijetu, njihove geografske distribucije i proizvodnih troškova razrađuju se scenariji koji mogu poslužiti kao osnova za uvid u moguće alternative daljeg razvitka cijene.

Glavne riječi: energija, nafta, cijene nafte.

1. UVOD

Nema dvojbe da će nafta i krajem stoljeća (a do tada je tek petnaestak godina) još uvijek biti dominantan energetska izvor u svijetu i da će se i tada još 20 — 25 % od ukupno korištene nafte koristiti u one svrhe pri kojima je supstituabilna ugljenom, prirodnim plinom i nuklearnom energijom [1]. Tom ulogom ostat će cijene nafte i nadalje osnovni element u svjetskoj energetici.

Razumljivo je stoga da zadnjih »desetak godina koje su potresle svijet«, najprije zapanjujućim skokovima cijene nafte, a zatim njenim strmoglavlivanjem do početnog nivoa, bude najveću pažnju. Radi li se tek o impulsu u povijesnom, monotonom padu stvarnih cijena energije (kao što to sugerira Herman Kahn u svojim »Sljedećih 200 godina« [2]) ili o događajima koji bi trebalo da jednom za svagda nametnu poimanje da je (apstrahirajući aktualni kaos na tržištu) nastupilo vrijeme skupe energije?

Sredinom prosinca 1985. godine održana je u Filadelfiji (SAD) Sedma godišnja konferencija Međunarodnog udruženja ekonomista-energetičara s područja Sjeverne Amerike (ovaj skup se ističe jer je to zadnji svjetski skup iz ove oblasti prije pisanja ovog članka i jer su vremenski identični raspoloživi suštinski pokazatelji). Prema [3], središnja tema Konferencije je bilo pitanje kratkoročnih i dugoročnih procjena svjetskog energetskeg tržišta, posebno naftnog. Stavovi su se toliko razlikovali da bi bilo teško sintetizirati ma koji od mogućih scenarija daljeg razvitka svjetske naftne privrede i posebno cijene nafte a da od pojedinog sudionika navedenog eminentnog skupa nije bio iznesen kao najvjerojatniji.

Očito je, dakle, da ne bi trebalo gajiti iluzije da je moguće dati ozbiljnu i pouzdanu prognozu buduće cijene nafte. Uzrok tomu jest taj što obuhvatanje svih elemenata (i objektivnih — koji proizlaze iz prirodnih uvjeta naše planete te očekivanog tehnološkog i društvenog razvitka ljudskog društva — i subjektivnih — koji proizlaze iz interesa dominantnih ekonomskih i političkih grupacija svijeta i proturječnosti razvitka i težnji pojedinih svjetskih regija) koji u određenom trenutku na tu cijenu mogu utjecati premašuje mogućnosti spoznaje. Moguće je, međutim, analizirati kauzalitet dosadašnjih kretanja cijena nafte i aktualnih događaja te pokušati sagledati dominantne objektivne faktore u vezi s budućim formiranjem cijena nafte. Skup tih činjenica i podataka može dati određenu osnovu za snalažanje u složenom svijetu nafte, što je osnovna pretpostavka barem za uvid u buduća kretanja kompletne svjetske energetike.

*

Budući da se u literaturi neki pojmovi iz područja nafte različito definiraju, naglasit će se oni na kraju ovog uvoda u onom smislu kako se tretiraju u nastavku.

U skladu s pristupom na XI svjetskoj energetskeg konferenciji [4] usvajaju se ovi faktori konverzije:

$$1 \text{ t nafte} = 7,3 \text{ bbl} = 1,16 \text{ m}^3 = 41,87 \text{ GJ},$$

i ova geografska podjela svijeta na regije (uz napomenu da će se Antarktika uključiti u području Latinske Amerike):

- (1) Bliski istok
- (2) CPE (centralno planirane ekonomije — SSSR, Kina i evropske članice SEV-a)
- (3) Sjeverna Amerika (bez Meksika)
- (4) Afrika
- (5) Latinska Amerika (s Meksikom i Antartikom)
- (6) Azija (bez Kine i Bliskog istoka)
- (7) Zapadna Evropa.

2. DOSADAŠNJI RAZVITAK

Naftu je čovjek koristio već prije šest tisućljeća (pokazuju to nalazi u građevnim materijalima starih

zdanja). No, za početak industrijske proizvodnje i rođenja naftne industrije uzima se 27. 8. 1859. kad je u Titusvilleu (Pensilvanija, SAD) E. L. Drake ostvario prvo uspješno bušenje do dubine od 21 m. Već iduće godine svjetska je proizvodnja nafte bila 70 tisuća tona (od čega 98% u SAD) [1 5]. S rastom proizvodnje razvijala se preradba nafte, pa ipak, gotovo do devedesetih godina prošlog stoljeća od nafte su se dobivali uglavnom samo kerozin (petrolej) za rasvjetu i loživo ulje. Godine 1885. konstruirao je G. Daimler prvi motor s unutrašnjim izgaranjem, što je uvjetovalo razvitak automobila i početak industrijske proizvodnje benzina 1900. godine. U to doba je svjetska proizvodnja nafte već iznosila oko 23 milijuna tona [1 6]. Dalji razvitak svjetske potrošnje nafte (sve do 1979. godine) karakteriziran je stalnim monotonom rastom (tablica 1). Zahvaljujući takvoj dinamici, došlo je do korjenitih promjena u strukturi potrošnje primarne energije u svijetu (tablica 1) pa nafta danas zauzima dominantno mjesto u potrošnji primarnih energetske oblika.

Tablica 1. Struktura potrošnje primarne energije u svijetu

Godina	Nafta		Pri- rod. plin	Ugljen	Hidro- energ.	Nukl. energ.	Ukupno	
	10 ⁶ t	%	%	%	%	%	%	10 ⁶ toe
1900.	23	4,3	1,4	94,3			100,0	534
1913.	67	7,0	1,8	91,1	0,1		100,0	956
1929.	178	14,9	4,5	80,0	0,6		100,0	1 192
1938.	229	18,2	6,3	74,6	0,9		100,0	1 257
1950.	444	25,3	10,9	62,1	1,7		100,0	1 756
1958.	801	30,5	13,5	53,9	2,0		100,0	2 628
1967.	1 775,1	41,6	18,7	37,5	2,2		100,0	4 271,3
1974.	2 760,3	46,1	19,0	28,2	5,7	1,0	100,0	5 987,5
1976.	2 894,6	45,8	18,6	28,3	5,7	1,7	100,0	6 320,2
1978.	3 083,0	45,7	18,6	27,6	6,0	2,2	100,0	6 751,1
1980.	3 002,0	43,2	19,4	28,9	6,1	2,4	100,0	6 943,3
1982.	2 824,8	40,9	19,8	29,6	6,5	3,2	100,0	6 913,6
1984.	2 844,5	39,3	20,0	30,1	6,7	3,9	100,0	7 236,1

Izvor: 1900 – 1976. godina [1 6]

1974 – 1984. godina [1 7]

Rast dosadašnje proizvodnje i korištenja nafte prate i promjene u strukturi međunarodne razmjene odnosno načinu formiranja njezine cijene. S tim u vezi moguće je razlikovati nekoliko faza [1 8]:

- razdoblje slobodne konkurencije (od početka industrijske proizvodnje nafte do formiranja prvih kartela početkom sedamdesetih godina XIX stoljeća)
- razdoblje uspostavljanja monopola i konkurentstva borba između njih (od početka sedamdesetih godina XIX stoljeća do velike ekonomske krize dvadesetih godina XX stoljeća)
- razdoblje oligopolne proizvodno-tržišne strukture nakon stvaranja međunarodnog kartela najvećih naftnih korporacija
- razdoblje nakon 1973. godine

Prvu fazu karakterizira ubrzana seoba kapitala u naftnu industriju, slobodna konkurencija i znatna oscilacija cijena nafte. U razdoblju od 1859. do početka

sedamdesetih godina XIX stoljeća oscilirala je cijena u rasponu od nekoliko centi do 20 dolara (SAD) po barelu. Takva oscilacija cijena i uvjeti snažne konkurencije navode vlasnike američkih rafinerija na sporazumijevanje. Godine 1872. organizira se prva uspješna koncentracija kapitala u naftnoj industriji osnivanjem društva Refiners Association (prvi pokušaj — Southern Improvement Cy — bio je godinu dana ranije), da bi tri godine kasnije društvo Central Association već okupljalo većinu rafinerija. Pretpostavka koja je omogućila osnivanje tog društva bila je nemogućnost vlasnika izvora nafte da prodaju svoj proizvod (naftu) na tržištu izbjegavajući rafinerije. Razlozi osnivanja bili su težnja za kontrolom tržišta i cijena, propulzivnost prerade nafte i relativno mali rizici ulaganja kapitala (u usporedbi s istraživanjem i proizvodnjom nafte).

Neposredno nakon prvih kartelskih udruženja u prerađivačkom lancu: istraživanje, eksploatacija, prerada i distribucija proizvoda organizira se u cjelinu (koncern) sa ciljem da se monopolizira tržište. Prvi takav monopolistički koncern bio je Standard Oil (Rockefeller), koji je 1884. godine kontrolirao već oko 90% prerade nafte u SAD i praktično 100% transporta nafte do rafinerija [1 9].

Početak dvadesetog stoljeća vodi se već konkurentska borba monopola na međunarodnom planu. Interesi naftnih monopola isprepliću se s interesima dominantnih snaga u kapitalističkoj državi, što omogućava postizanje ciljeva strategijom povezivanja s ekonomskom i političkom oligarhijom. Snažni impuls daljem razvitku naftne industrije i monopola dalo je otkriće i eksploatacija bogatih izvora nafte na Bliskom istoku. Stvorene su sve pretpostavke za rađanje međunarodnog kartela najvećih naftnih kompanija: Standard Oil of New Jersey (današnji Exxon), Gulf Oil, Socony Mobil Oil (Mobil), Standard Oil of California (Socal), Texaco, Anglo-Iranian (današnji British Petroleum) i Royal Dutch/Shell — koje su u toku svog razvitka poprimile karakteristike globalnih kompanija (multinacionalnih i nadnacionalnih). Taj je oligopol (poznat još pod nazivom sedam sestara) sve do šezdesetih godina nametao svjetskom tržištu zajedničku (monopolnu) cijenu za naftu iz SAD i Bliskog istoka, a kasnije (do sedamdesetih godina) na osnovi troškova najskuplje nafte iz Meksičkog zaljeva. Bitna odlika oligopolne faze jest vladavina skupine najvećih vertikalno zaokruženih naftnih kompanija svjetskom naftnom industrijom, uspostavljanje čvrste kontrole nad cijenom nafte na svjetskom tržištu, intenzivno ulaganje kapitala naftnog oligopola u eksploataciju nafte u zemljama u razvoju i izvlačenje znatnih ekstraprofita zahvaljujući monopolnoj cijeni nafte. Važno je uočiti da strategija svake od korporacija sadrži penetraciju u srodne industrijske grane (posebno ostala energetska područja) s težnjom kontrole nad svjetskom energetikom. Konkurencija između članica oligopola je prisutna, ali se snižavanje cijena ne koristi kao sredstvo konkurentstva borbe (ima indikacija da se temeljni zahvati dogovaraju).

Navedene kompanije primjenjuju uobičajenu praksu globalnih kompanija da koriste vanjsku politiku matične države radi stvaranja takve klime koja kompaniji osigurava realizaciju njene strategije i dalju ekspanziju. Budući da je većina članica međunarodnog naftnog kartela pod utjecajem američkog kapitala (od sedam sestara pet vuče porijeklo iz SAD), a da SAD nisu bile klasična kolonijalna sila, pozicije naftnih kompanija i njihovih strategija, pogotovo prema zemljama u razvoju, imale su od početka neokolonijalni karakter, a politika kompanija tipične značajke neokolonijalizma [1 8]. Drastičan primjer kršenja suvereniteta zemlje u kojoj kompanija ima svoje interese jest uklanjanje iranskog premijera Mohameda Mosadika (koji se pokušavao uplesti u planove Gulfa i Standard Oila o eksploataciji nafte u Iranu) i uspostavljanje proameričkog režima šaha Pahlavija 1953. godine [1 10, 1 11].

Nafta je tako bila sredstvo beskrupuloznog izvlačenja superprofita iz zemalja u razvitku — proizvođača nafte i njegova transfera u privredni razvitak i stvaranje neslučenih materijalnih snaga u današnjim industrijski razvijenim zemljama Zapada (posebno valja istaći dva »privredna čuda« — poslijeratni razvitak poražene SR Njemačke i Japana — ostvarena dobrim dijelom uz pomoć jeftine energije). Zemlje u razvitku — uvoznice nafte s obzirom na skroman startni nivo proizvodnih snaga, odsutnost industrijske tradicije i neznatni udio u svjetskoj potrošnji energije nisu imale neke veće koristi od jeftine nafte.

Početkom pedesetih godina 7 najvećih globalnih kompanija gotovo je u potpunosti dominiralo nalazištima nafte u svijetu (udio oko 98%), distribucijom (udio oko 93%), a u najvećem dijelu i njezinom rafinacijom (udio veći od 70%). Sredinom pedesetih godina na svjetskoj naftnoj sceni javljaju se poduzeća koja evropske vlade osnivaju radi smanjenja ovisnosti o globalnim kompanijama u opskrbi strateški važnom sirovinom kao što je nafta, ali i veći broj privatnih poduzeća (uglavnom američka). Iako taj prodor tek sredinom šezdesetih dosiže udio kontrole nad svjetskim nalazištima od dvadesetak posto, značajan je jer ta poduzeća nude zemljama proizvođačima nafte bolje uvjete nego oligopolna struktura 7 najvećih kompanija.

U kasnim pedesetim godinama naftne kompanije su otišle predaleko u iskorištavanju svoje superiornosti pri pogađanju sa zemljama proizvođačima. U to vrijeme produbljuju se i jasnije iskazuju proturječnosti između globalnih korporacija s porijekom iz industrijski razvijenih zemljama Zapada i nacionalnih privreda zemalja izvoznika sirovina. Godine 1958. i 1959. glavne kompanije su snizile svoje službene cijene nafte i porezne isplate zemljama proizvođačima nafte i na taj način stimulirale stvaranje OPEC-a (Organization of Petroleum Exporting Countries). Nakon četverodnevnih pregovora u Bagdadu, Saudijska Arabija, Kuvajt, Venecuela, Iran i Irak suglasili su se 14. rujna 1960. da osnuju organizaciju radi sprečavanja pada cijena nafte ispod tada važećin 1,8 dolara po barelu [1 12]. Narednih godina organizaciji postepeno pristupaju i ostale članice danas trinaestochlanog

OPEC-a [1 8] (Katar — 1961, Indonezija i Libija — 1962, Abu Dabi — 1967. — danas u sklopu Ujedinjenih Arapskih Emirata, Alžir — 1968, Nigerija — 1971, te nešto kasnije Gabon i Ekvador). Na početak promjene odnosa između zemalja izvoznica i naftnih korporacija trebalo je čekati desetak godina od osnutka OPEC-a. Teheranski sporazum (objavljen polovicom veljače 1971. godine) izrazio je težnju zemalja OPEC-a za pravednijim odnosom s naftnim kompanijama (povećanje osnovice za oporezivanje prihoda naftnih kompanija, ukidanje popusta na cijene, ujednačeno povišenje objavljenih cijena i dr.).

Od Teheranskog sporazuma do embarga na izvoz nafte u neke industrijske zemlje zapada i prvog »povijesnog« skoka nafte prošlo je iznenađujuće kratko vrijeme. O okolnostima koje su omogućile ovaj uspjeh organiziranih zemalja u razvitku — posjednica sirovina postoje različiti stavovi, često i oprečni (od gledišta o prisiljenosti čovječanstva na akciju zbog, eto, konačne potvrde maltuzijanizma do stavova o isključivoj režiji globalnih kompanija ili pak isključivoj posljedici narasle samosvijesti i moći članica OPEC-a). Istina je obično negdje na sredini, pa događaje iz sedamdesetih godina treba sagledavati u kontekstu složenih međunarodnih ekonomskih i političkih odnosa tog vremena. Posljedica promjena u naftnoj industriji tog perioda navode na sklonost gledištu da je splet različitih pa i suprotnih interesa rezultirao istom težnjom: skokovitim rastom cijena energije. Smatra se da je, s tim u vezi, potrebno sagledati utjecaj rasta cijena nafte na:

- globalne kompanije
- SAD (i najrazvijenije zemlje Zapada)
- OPEC.

Prije iznošenja podataka koji oslikavaju promjenu položaja globalnih kompanija u razdoblju nakon prvog skoka nafte korisno je podsjetiti na cilj njihova djelovanja. »Globalna korporacija je prva institucija u povijesti čovječanstva koja provodi centralizirano planiranje u svjetskim razmjerima. Budući da je njezin glavni cilj da organizira i integrira ekonomsku aktivnost u svijetu tako da maksimira svjetski profit, globalna korporacija je organska struktura u kojoj se od svakog dijela očekuje da služi cjelini. Tako ona, u krajnjoj liniji, ne mjeri uspjeh ili neuspjeh poslovanjem svojih pojedinih podružnica, ni stvarnim potrebama za njezinim proizvodima, ni društvenim utjecajem koji ima u nekoj zemlji, već rastom svjetskih profita i udjelom na svjetskom tržištu. Njezina je osnovna koncepcija da rast cjeline pospješuje dobrobit svih dijelova. Njezin je osnovni zahtjev djelotvornost« (citirano prema [1 10]). Usprkos kvalitativnih promjena do kojih je u odnosima globalnih naftnih kompanija i zemalja izvoznica nafte došlo u toku sedamdesetih godina, njihova financijska moć raste; ilustriraju to najbolje podaci o neto-prihodu kompanija i tablice 2. Njihova stabilna pozicija proizlazi iz njihove početne snage i zadržavanja dominacije u preradi, transportu i distribuciji nafte, ali i iz intenzivne disperzije djelatnosti, posebno prodorom na područje petrokemije i raznih drugih djelatnosti: od sve profitabilnije proizvodnje ugljena i eksploatacije

Tablica 2. Neto prihod i vrijednost fiksnih fondova sedam sestara u periodu 1964 – 1980. godina10⁶\$

Godina	Exxon	Texaco	Gulf	Socal	Mobil	Dutch/ Shell*	Britisch Petro- leum*
Neto prihod							
1964.	960	541	395	308	590	590	231
1066.	1 054	672	505	386	356	662	351
1968.	1 277	820	626	452	431	865	310
1970.	1 310	822	550	455	483	880	274
1972.	1 532	889	197	547	574	282	71
1973.	2 443	1 292	800	844	849	730	329
1974.	3 142	1 586	1 065	970	1 047	1 161	487
1977.	2 443	890	752	1 004	999	1 377	304
1978.	2 763	852	791	1 106	1 126	1 086	444
1979.	4 295	1 759	1 322	1 785	2 007	3 051	1 621
1980.	5 650	2 240	1 407	2 401	2 813	2 225	1 435
Stopa rasta 1972/80., %	17,72	12,25	27,86	20,31	21,98	29,46	45,61
Vrijednost fiksnih fondova							
1964.	7 524	3 150	2 948	2 589	2 555	5 700	1 420
1066.	8 243	4 704	3 723	3 028	2 975	7 157	1 816
1968.	10 077	5 960	4 622	3 491	3 389	8 159	2 080
1970.	11 305	6 607	5 342	4 065	3 950	9 529	2 386
1972.	12 645	7 849	5 418	4 532	4 979	4 389	1 287
1973.	13 462	8 477	5 468	4 831	5 635	4 430	1 417
1974.	14 837	9 593	6 035	5 329	6 311	4 850	1 748
1977.	20 491	10 456	8 332	6 785	9 392	8 467	3 343
1978.	22 806	10 707	9 063	7 153	10 161	9 986	6 573
1979.	26 293	10 783	9 844	7 309	13 103	13 169	6 858
1980.	30 311	11 758	10 886	8 780	15 840	14 818	7 524
Stopa rasta 1972/80., %	11,55	5,18	9,11	8,62	15,57	16,43	24,70

* Za D/S i BP podaci nakon 1972. su u milijunima funti sterlinga
Izvor: [1 8]

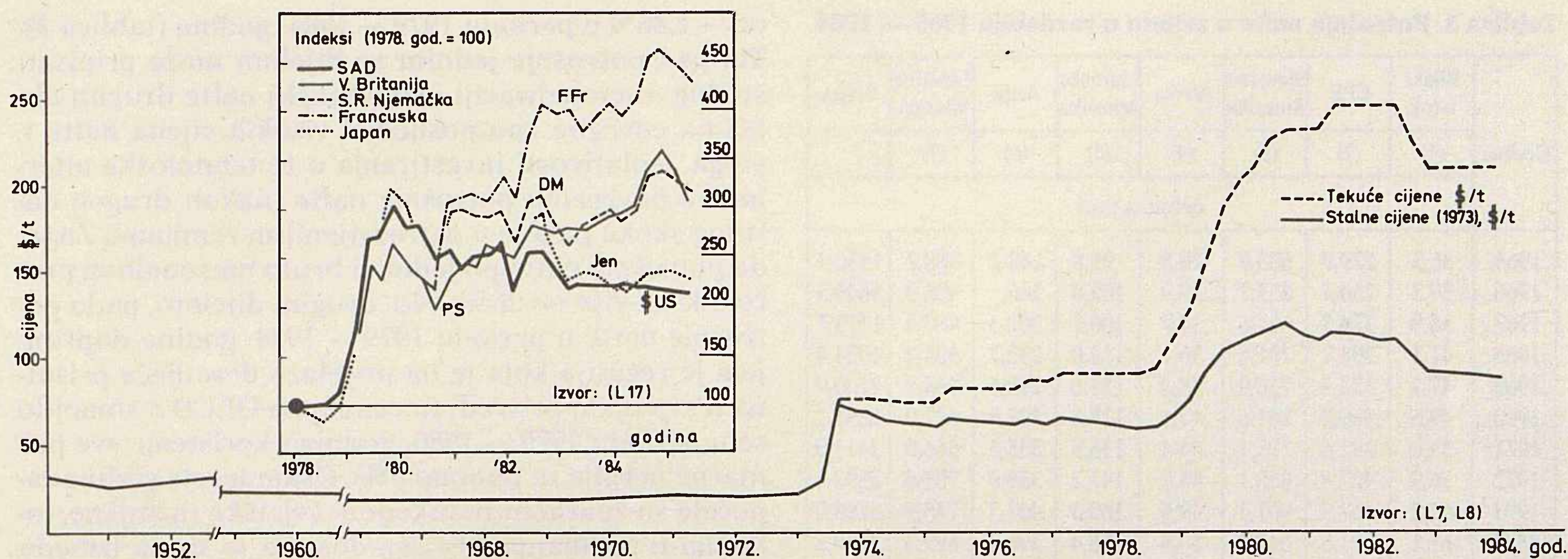
nalazišta uranija do gotovo svih industrijskih djelatnosti zastupljenih u modernoj privredi. Rast cijena nafte potakao je, nadalje, ubrzano istraživanje i pridobivanje nafte u područjima koja pri niskim cijenama nafte nisu omogućavala rentabilnost eksploatacije (npr. Alaska, Sjeverno more i druga offshore ležišta). Radi se zapravo o seljenju aktivnosti globalnih kompanija u politički sigurnije regije pod okriljem vlade domicilne države. Takvi pothvati zahtijevaju znatnu financijsku snagu i visoku tehnološku sposobnost u kojima globalne kompanije prednjače. Potvrda preferiranja kapitalno intenzivnih investicija u razvojnoj strategiji kompanija vidljiva je iz visokih stopa rasta vrijednosti njihovih fiksnih fondova (tablica 2).

U vezi s utjecajem skokova cijena nafte na zapadnu, posebno američku privredu, postoje kontradiktorni stavovi. Četverostuko povećanje cijena nafte 1973. godine i dvostruko u periodu 1979, 1980. najčešće se ističe kao osnovni uzrok inflacije i recesije u SAD i ostalim visokorazvijenim zemljama Zapada. Imaju li

takvi stavovi objektivnu potvrdu ili su tek rezultat zaključivanja post hoc ergo propter hoc, pitanje je kada će se spoznati. Poznato je, međutim, da su šezdesetih godina golemi inozemni vojni izdaci pripomogli stvaranju velikog deficita platne bilance SAD i uvelike pridonijeli rastu inflacije. Pojava Zajedničkog evropskog tržišta kao prvorazredne ekonomske snage i nevjerojatan uspon privrede Japana prisilio je izvoz SAD na povlačenje: konkurentnost američke robe automobilske, elektronske, tekstilne i drugih grana na tržištu se smanjila. Zapadna Evropa i Japan mnogo su ovisniji o uvozu energije nego SAD, pa ih je rast cijena znatno teže pogodio: umanjena je time konkurentska sposobnost jedinih konkurenata SAD-a na svjetskom tržištu. Dodatni uvozni troškovi zbog prvog skoka cijena nafte iznosili su za SAD 1,22% tadašnjeg bruto društvenog proizvoda, za Japan oko 4,31% njegova bruto društvenog proizvoda, za Italiju 3,96%, V. Britaniju 3,37%, a SR Njemačku 2,17% [1 8]. U ovom kontekstu valja spomenuti i efekte koje je SAD (najveći svjetski izvoznik ugljena) postigla intenziviranjem proizvodnje sada profitabilnog ugljena, zatim prodajom robe visoke tehnologije, nuklearne opreme itd. S druge strane, financijskom politikom obezvređivanja dolara (koji je glavno sredstvo plaćanja nafte) u znatnoj su mjeri obezvrijeđeni troškovi uvoza nafte. Slika 1. pokazuje kretanje cijene nafte u stalnim i nominalnim vrijednostima dolara — bolja ilustracija prethodne tvrdnje teško da je moguća.

Komparativne prednosti SAD prema ostalih zemljama Zapada iskazane rastom cijena nafte nisu, razumljivo, prouzročile privrednu kataklizmu zapadnih zemalja. Njihove snažne izvozne privrede veoma su efikasno kompenzirale narasle troškove, povećavajući cijene robe visoke tehnološke razine i svaljujući sav teret na zemlje u razvitku (rast cijena nafte i težnja za razvitkom kombinirana s poskupljenjem uvoza investicijskih dobara dovela je zemlje u razvitku do današnjih 900 milijardi dolara duga). S tim u vezi, prožeta je pomalo jetkim humorom ova izjava iz [1 2]: »Komentar da siromašni mnogo teže podnose događaje kao što je kriza nafte nego što je to slučaj s bogatima potpuno je shvatljiv te ga ne bi trebalo ni spominjati. Pa ipak, činjenica je da je to jedan od najboljih mogućih argumenata u prilog tome da se bude bogat, da to pomaže udaljavanju ove vrste problema...« Vjerojatno da ta izjava dobronano pogađa bit odnosa cijene energije — nacionalna ekonomija i krije osnovnu smjernicu kojoj treba težiti.

Promjena kvalitete odnosa prema razvijenim industrijskim zemljama Zapada i njihovih privrednih asocijacija, koju su u toku sedamdesetih godina uspjele provesti članice OPEC-a, često se ističe kao prvi uspjeli pokušaj zemalja Juga — vlasnica sirovina u ekonomskim odnosima sa svojim snažnim pandanom. Iako bi vjerojatno lakše bilo prihvatiti tezu da se radi tek o formalnoj, a ne o suštinskoj promjeni ekonomskih odnosa iz doba neokolonijalizma (slijed događaja do danas na to upućuje), činjenica jest da su članice OPEC-a u proteklom razdoblju bile formalni arbitar svjetskog naftnog tržišta. Od vremena osniva-



Slika 1. Cijena nafte (34° API) — stalne i tekuće cijene u US \$ i indeksi cijena u valuti SAD, V. Britanije, SR. Njemačke, Francuske i Japana

nja OPEC-a njeni odnosi s globalnim i zapadnim nacionalnim kompanijama su se mijenjali, a bitnije promjene uslijedile su nacionalizacijom dotadašnjih koncesijskih prava. No, tek je u manjem broju zemalja ta nacionalizacija i dosljedno provedena (Libija, Alžir, Irak, Venezuela), dok su druge ugovorima o participaciji započele proces postepenog transfera vlasništva nad naftonosnim poljima [1 8].

Poraslim udjelom u dobiti i naraslim cijenama, prihodi zemalja izvoznica nafte su se znatno povećali. Dobar dio ekonomike tih zemalja u tom periodu i nadalje ostaje usmjeren prema SAD (npr. najveći proizvođači Saudijska Arabija, Kuvajt). Zemlje OPEC-a su preko noći postale veoma važan partner u međunarodnoj razmjeni i uvoznik velikog broja robe, posebno najbolji kupci oružja. Usprkos tomu, zbog slabe naseljenosti i niske industrijske razvijenosti apsorpcijska sposobnost tih zemalja je relativno niska, pa su bile prisiljene svoje sve veće prihode investirati izvan svojih granica. Iskustva s direktnim ulaganjima najčešće su bila razočaravajuća (izuzetak su primjeri Daimler Benza i Fiata) dobrim dijelom zato što su izravna arapska ulaganja nailazila na protivljenje (u 1980. godini ukupne inozemne investicije u SAD iznosile su 35 milijardi dolara, od čega se samo nešto iznad 1% nalazilo u posjedu Arapa) [1 14]. Goleme mase petrodolara (dolar kojim raspolažu zemlje proizvođači nafte na ime prodaje nafte) pretočile su se stoga u depozite velikih, u prvom redu multinacionalnih banaka. Što se tiče upotrebe tog novca, susreću se veoma divergentne, a ponekad i fantastične pretpostavke, a jedino je neosporno da o 80% plasmana odlučuju zapadni bankari koji njima administriraju [1 14]. Godine 1973. plasmani zemalja OPEC-a iznosili su oko 3 milijarde dolara, 1975. 100 milijardi, a 1980. godine već 343 milijardi dolara (najvećim dijelom u eurotržišne i bankarske depozite) [1 14]. Nužno je pri tome naglasiti pad realne vrijednosti tog novca: ne samo što dolari koje su članice OPEC-a (i druge izvoznice nafte) dobivale gube na kupovnoj moći (problem »terms of trade-a«) već i devizne rezerve gube na vrijednosti (dobro to ilustrira slika 1). Navedenim brojkama i odnosima zaista ne treba komentara.

Na kraju ovih naznaka o posljedicama »događaja iz sedamdesetih«, samo nekoliko podataka o iscrpljivanju energetske izvoru kao uzroku »energetske krize«. Točno je da su u prikazima iz 1972. godine dokazane rezerve nafte pale na alarmantnih 27 tadašnjih godišnjih potrošnji (iako su neke kasnije rekapitulacije indicirale da je podatak izmanipuliran) i da bi stanje postalo kritično da nije izmijenjen nepovoljni odnos godišnjih otkrića nafte i godišnje potrošnje. To potvrđuje već jednostavna računica dalje kumulativne potrošnje nafte po dotadašnjoj prosječnoj godišnjoj stopi od 7,83% (tablica 3). Ne može, međutim, biti ni govora o nekoj oskudici energetske izvoru čovječanstva, pa niti oskudici nafte. Uvijek se radi tek o pitanju da li je struktura izvora energije koju čovječanstvo u određenom trenutku koristi primjerena strukturi korištenja tog oblika energije i nivou dostignutog tehnološkog i ekonomskog razvitka. Neće se na ovom mjestu navoditi enormne rezerve ugljena i prirodnog plina niti spominjati nuklearni izvori koje razvitak tehnologije u idućih stotinjak godina donosi, jer je sasvim dovoljno, u prilog optimističnom gledanju na energetske budućnost, spomenuti oko 300 milijardi tona pridobivih rezervi konvencionalne nafte, 330-400 milijardi tona nafte pridobive iz uljnih škriljevaca i 100-300 milijardi tona iz bituminoznog pijeska (tome bi trebalo dodati nekonvencionalnu naftu iz polarnih regija, teške nafte itd.) [1 4].

3. AKTUALNI DOGAĐAJI

Aktualni događaji dramatičnog pada cijena nafte na svjetskom tržištu jesu, razumljivo, samo naredna faza u kontinuitetu posljedica promjene strukture svjetskih odnosa naftne industrije. Drugi skok cijena nafte, neposredni povod kojeg je bio smanjenje ponude zbog započinjanja rata Iran — Irak i kupnja velikih količina nafte radi stvaranja zaliha od američkih kompanija, sadržavao je klicu koja se razvila do svoje negacije. Već je tada unutar same organizacije OPEC-a upozoravano (npr. šejk Jamani) da se cijenom nafte od preko 220 dolara po toni prekoračuje

Tablica 3. Potrošnja nafte u svijetu u razdoblju 1965 – 1984.

Godina	Bliski istok	CPE	Sjeverna Amerika	Afrika	Latinska Amerika	Azija	Zapadna Evropa	Svijet
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	
	milijuna tona							
1965.	35,3	229,9	603,9	28,5	95,8	148,2	388,7	1530,3
1966.	39,3	250,3	633,7	30,9	103,0	166,	425,9	1649,3
1967.	38,9	274,7	657,6	34,7	106,7	202,3	460,3	1775,1
1968.	41,1	294,7	701,6	36,1	113,0	232,7	505,2	1924,4
1969.	47,1	322,3	736,9	38,8	121,6	268,6	565,5	2100,9
1970.	49,5	360,2	767,6	42,1	128,3	307,0	627,0	2281,7
1971.	54,0	391,4	795,1	44,4	136,5	335,6	566,0	2413,0
1972.	56,9	427,8	855,1	44,7	147,2	358,9	701,8	2592,4
1973.	62,2	467,9	901,7	49,5	160,3	407,5	748,9	2798,0
1974.	67,1	511,5	867,4	50,4	166,4	398,2	699,3	2760,3
1975.	66,8	541,9	849,0	51,5	167,2	384,0	664,4	2724,8
1976.	74,7	567,3	908,3	56,9	172,2	404,9	710,3	2894,6
1977.	78,9	594,0	951,5	59,3	183,7	421,2	697,3	2985,9
1978.	81,5	619,5	975,7	62,8	191,2	435,8	716,5	3083,0
1979.	75,4	636,5	958,1	65,9	203,6	452,4	733,1	3125,0
1980.	82,0	644,3	881,7	71,9	211,8	428,7	681,6	3002,0
1981.	84,7	649,2	827,7	75,9	212,9	418,7	633,7	2902,8
1982.	87,9	650,0	778,4	78,3	223,5	401,8	604,9	2824,8
1983.	90,5	652,8	773,1	79,3	217,3	401,8	586,6	2801,4
1984.	94,9	650,2	791,4	82,4	217,7	416,9	591,0	2844,5
Pros. god. stopa rasta %	67/73.	7,34	9,29	5,14	7,14	6,65	13,48	8,54
	73/79.	3,26	5,26	1,02	4,89	4,07	1,76	−0,35
	79/84.	4,71	0,43	−3,75	4,57	1,35	−1,62	−4,22
	65/84.	5,34	5,62	1,43	5,75	4,41	5,59	2,23
	73/84.	3,92	3,04	−1,18	4,74	2,82	0,21	−2,13

Izvor: [1 7]

optimalni nivo monopolnih cijena i da je stoga ona u suprotnosti s dugoročnom strategijom koju bi trebalo da vode članice OPEC-a. Već od početka osamdesetih godina stručni svjetski časopisi puni su prognoza neposredne budućnosti cijene nafte (današnje sadašnjosti) u kojoj se bez iznimke prognozira pad cijena (rijetko, doduše, ispod 150 dolara po toni), pa je malo koga taj pad iznenadio.

Pojavni oblik mehanizma koji je doveo do pada cijena jest klasična neravnoteža između tražnje i ponude.

Pad potrošnje nafte u industrijski razvijenim zemljama Zapada prisutan je već od 1973. godine, ali je nakon drugog skoka cijena, u periodu 1979 – 1984. godina bio drastičan (tablica 3). U zemljama OECD-a potrošnja je u periodu 1979 – 1984. godina pala za gotovo 20 % (od $2,0 \cdot 10^9$ t u 1979. na $1,6 \cdot 10^9$ t u 1984. godini). Pri zemljama u razvitku cjenovna elastičnost potrošnje nafte manja je nego na Zapadu, pa su stope rasta potrošnje nafte tek umanjene. No, s obzirom na društveno-političku strukturu svjetske potrošnje nafte, ukupan rezultat bila je stagnacija potrošnje u periodu 1973 – 1984. i negativna godišnja stopa rasta

od −1,86 % u periodu 1979 – 1984. godina (tablica 3). Taj pad potrošnje jednim se dijelom može pripisati štednji, racionalizaciji i supstituciji nafte drugim oblicima energije kao posljedicu visokih cijena nafte i, stoga, isplativosti investiranja u te tehnološke alternative povećanju potrošnje nafte (nakon drugog naftnog skoka pala je u najrazvijenijim zemljama Zapada potrošnja nafte po jedinici bruto nacionalnog proizvoda za više od 20 %). No, drugim dijelom, padu potrošnje nafte u periodu 1979 – 1984. godina doprinijela je recesija koja je na prijelazu desetljeća prisutna u svjetskoj privredi (u zemljama OECD-a smanjilo se u periodu 1979 – 1980. godina i korištenje sve primarne energije za ukupno 5 %). Osamdesete godine započele su znatnom redukcijom svjetske razmjene, inflacija u zemljama OECD-a dosegla je stopu između 10 i 20 % (prosjeak za OECD iznosi u 1980. godini enormnih 12,9 % [L 15]), a pet puta više u zemljama u razvitku. Radi njezina suzbijanja vlade razvijenih zemalja Zapada (ponajprije SAD) pribjegle su mjerama monetarne politike posljedica koje je iblo sužavanje tržišta. Dramatični rast vrijednosti dolara (za 70 %) oslabio je razmjenu zemalja proizvođača nafte i zemalja potrošača, mnogi su pretrpjeli ozbiljno ograničenje u fondovima, a mnogi su se i dalje zadužili.

Na strani ponude, opet, došlo je do znatnih strukturnih promjena. Rast cijena nafte stimulirao je istraživanja u proizvodnji u područjima u kojima ona do tada nije bila rentabilna (Sjeverno more, Meksiko, Alaska, Zapadna Afrika). Seljenje aktivnosti globalnih naftnih kompanija u politički sigurnije regije svijeta, koristeći goleme profite s Bliskog Istoka, i težnja zemalja vlasnica prije suviše skupih, a sada profitabilnih rezervi nafte da smanje ovisnost o uvozu ili da se na svjetskoj sceni čak pojave kao izvoznici, doveo je do znatnog povećanja ponude zemalja izvan OPEC-a (tablica 4). Velika Britanija je od beznačajnog proizvođača u 1974. godini (tek $0,1$ milijun tona godišnje) postala svjetska velesila eksploatacijom nafte u Sjevernom moru ($126 \cdot 10^6$ t u 1984. godini), prva poslije SSSR-a ($613 \cdot 10^6$ t), SAD ($494 \cdot 10^6$ t) i Meksika ($150 \cdot 10^6$ t) [1 7]. Najveću stopu rasta proizvodnje u periodu 1974 – 1984. godina imale su, osim Velike Britanije, Norveška, koja je povećala proizvodnju za više od 20 puta (od $1,7 \cdot 10^6$ t na $35,0 \cdot 10^6$ t), zatim Malezija (oko 6 puta — od $4,0 \cdot 10^6$ t na $24,8 \cdot 10^6$ t), Meksiko (4,7 puta — od $31,6 \cdot 10^6$ t na $150,0 \cdot 10^6$ t), Egipat (3,9 puta — od $11,5 \cdot 10^6$ t na $45,2 \cdot 10^6$ t) i Brazil (2,8 puta — od $8,5 \cdot 10^6$ na $23,8 \cdot 10^6$ t) [1 7]. Najveći rast u masi proizvedene nafte u 1984. prema 1974. godini imali su SSSR ($154 \cdot 10^6$ t), Velika Britanija ($126 \cdot 10^6$ t), Meksiko ($118 \cdot 10^6$ t) i Kina ($49 \cdot 10^6$ t). Dodaju li se tomu nesmanjeni, enormni realni kapaciteti zemalja OPEC-a, razumljivo je da je nastupilo razdoblje preobilja nafte na svjetskom tržištu, a ta je neravnoteža najvažniji element (ne i jedini) koji je omogućio aktualni, strmoglavni pad cijena nafte.

Valja, usput, naglasiti činjenicu koja može proširiti horizonte sagledavanja teškoća svjetske naftne industrije do ukupnih ekonomsko-političkih odnosa u svijetu. Naftna industrija nije jedina koju su pogodili suvišni kapaciteti i koja »stenje« pod udarom sada

Tablica 4. Strukturne promjene geografske distribucije proizvodnje nafte u svijetu

Godina	Proizvodnja, 10 ⁶								
	Bliski istok	CPE	Sjev. Amerika	Afrika	Latin. Amerika	Azija	Zapad. Evropa	OPEC	SVIJET
1974.	1 085	545	593	269	255	110	23	1 538	2 880
1975.	975	585	557	249	228	109	31	1 362	2 734
1976.	1 108	623	539	286	229	124	45	1 540	2 954
1977.	1 114	660	543	305	239	138	70	1 565	3 069
1978.	1 059	698	563	296	251	137	90	1 495	3 094
1979.	1 081	712	565	329	280	142	117	1 553	3 226
1980.	927	728	566	302	299	135	126	1 358	3 083
1981.	789	728	566	240	318	140	134	1 150	2 905
1982.	652	734	555	230	331	134	151	978	2 787
1983.	596	742	559	230	326	145	171	905	2 769
1984.	578	747	568	249	338	161	187	900	2 828
Stopa rasta 1974/84, %	− 6,1	3,2	− 0,4	− 0,8	2,9	3,9	23,3	− 5,2	− 0,18
Struktura, %									
1974.	38	19	20	9	9	4	1	53	100
1976.	37	21	18	10	8	4	2	52	100
1978.	34	23	18	10	8	4	3	48	100
1980.	30	24	18	10	10	4	4	44	100
1982.	23	26	20	8	12	5	6	35	100
1984.	20	26	20	9	12	6	7	32	100
Stopa rasta 1974/78, %	− 6,0	3,2	0,0	0,0	2,4	4,1	21,5	− 4,9	

Izvor: [1 7]

niskih cijena. U aktualnim kreditno-monetarnim odnosima cijene gotovo svih strateških sirovina u stalnom su padu (bakar, olovo, cink, aluminij, kositar, gotovi svi poljoprivredni proizvodi). U navedenim je uvjetima Saudijska Arabija, kao najveći izvoznik nafte, pokušala kontrolirati cijene smanjujući svoj izvoz. U toku pet godina (od 1980/1981, kada je dnevna proizvodnja njenih bušotina dosegla maksimalnih 1,4 · 10⁶ t), ona je prepolovila svoj izvoz, vršeći pritisak na druge članice OPEC-a da smanje proizvodnju. No, svjetski ekonomski i politički odnosi (na relaciji Sjever — Jug) postavili su tu čvrste limite. OPEC je u zadnjih 5 godina smanjio svoju dnevnu proizvodnju za 1,8 puta (od maksimalnih 4 300 t dnevno u 1979. na 2 400 t dnevno u 1985. godini). Međutim, OPEC nije politička, već privredna organizacija, a kao takva rastrzana je brojnim proturječnosti između zemalja članica. Najbogatije zemlje svijeta (kao Kuvajt sa 20 000 dolara prihoda po stanovniku) u istoj su organizaciji s Nigerijom, Venezuelom, Ekvadorom i Indonezijom koje, zbog svojih dugova, već otvoreno krše dogovorene proizvodne kvote. Irak i Iran su u ratu i dok Irak traži povećanje proizvodnje, Iran se zajedno s Libijom i Alžiirom zalaže za smanjivanje proizvodnje pa i periodičnu obustavu izvoza nafte. Na tržištu sedamdesetih godina potrošači su težili ugovarati cijene dugoročno kako bi ublažili utjecaj budućeg rasta cijena. Danas se znatni dio nafte prodaje na spot-tržištu, pa je teško kontrolirati cijene ili limitirati volumen prodaje. Mogućnosti za izbjegavanje proizvodnih kvota su povoljne, a pritisak

dugova je suviše snažan da se te prilike ne bi koristile. Navedenom treba dodati da se udio OPEC-a u svjetskoj proizvodnji toliko smanjio u periodu 1974 — 1984. godina (od 53 % na 32 % — no, nisu opale mogućnosti proizvodnje) da ta organizacija sama ne može održavati ravnotežu između ponude i potražnje nafte u svijetu. Veliki proizvođači nafte izvan OPEC-a, poput Meksika, pritisnuti enormnim dugovima prema inozemstvu, prisiljeni su zadržati visoku proizvodnju nafte i rasprodavati tako svoje nacionalne resurse. Dodatni pritisak na spuštanje cijene nafte imale su i rasprodaje SSSR-a na tržištu Roterdama. Posebno treba naglasiti ulogu Velike Britanije kao eksponenta aktualne zapadne politike u naftnoj industriji. Velika Britanija je danas, kao što je spomenuto, četvrti svjetski proizvođač nafte i značajan izvoznik (1984. godine prihod od prodane nafte je iznosio 20,3 milijardi funti, što zajedno s prihodom od prodanog plina iznosi oko 6 % nacionalnog dohotka Velike Britanije [1 16]). Postavlja se, stoga, pitanje kako to da se sa svojim relativno visokim proizvodnim troškovima nafte ne solidarizira s ostalim izvoznicama, već, posve suprotno, maksimalnom dnevnom proizvodnjom čini odlučni utjecaj na pad cijena nafte. Objašnjenje treba tražiti u sagledavanju cjelovite privredne bilance. Prema [1 17] pad cijene nafte na 130 dolara po toni (na polovicu maksimalne povijesne cijene) u narednoj godini pridonosi velikoj sedmorici (SAD, Kanada, Japan, Velika Britanija, SR Njemačka, Francuska i Italija) rast bruto nacionalnog proizvoda za 2 %, spušta inflaciju za 3 % i širi op-

seg svjetske trgovine za 3%. Doduše, za Veliku Britaniju ti su podaci slabiji, s jedne strane jer je izvoznik nafte, a s druge jer 12% svojeg izvoza plasira članicama OPEC-a koje u svjetskom uvozu sudjeluju tek sa 6% i čija se uvozna snaga smanjuje spuštanjem cijene nafte.

Današnje niske cijene nafte najviše pogađaju zemlje izvoznice. Prema zadnjim podacima OECD-a (obračunatim u fiksnim cijenama iz 1982. godine) izvozni prihod trinaestero članica OPEC-a bit će smanjen s nekih 280 milijardi dolara u 1979. godini na nešto više od 100 milijardi u 1986. godini [1 18]. Najbogatija među njima po naftnim prihodima, Saudijska Arabija, imat će izvoz od oko 20 milijardi dolara. Kako se te zemlje u svojim rashodima nisu dovoljno brzo prilagodile realnom stanju, deficiti u njihovim plaćevnim bilancama sve su veći: oko 13 milijardi dolara u 1985. i očekivanih 50 milijardi dolara u 1986. godini. Najbogatije zemlje Zaljeva imaju za pokriće tih deficita još rezerva iz njihova zlatnog doba, no one se naglo smanjuju. Od 1981. godine, kad su bile na vrhuncu, rezerve Saudijske Arabije u inozemstvu danas su više nego prepolovljene [1 18].

Splet navedenih okolnosti zasigurno će imati određenog utjecaja na buduće kretanje cijene te sirovine. Ponajviše se to odnosi na slabljenje kohezivnih sila između zemalja OPEC-a, mogućnosti produžetka znatnog utjecaja Zapada na tu cijenu, ali i na politiku i financijske mogućnosti za istraživanje i eksploataciju nafte koja će sigurno ovime biti usporena. Nestabilnost na tržištu nafte već se reflektira u obustavi investiranja najvećih kompanija, posebno u projekte s dužim amortizacijskim vijekom, što doprinosi neizvjesnosti kretanja na svjetskom naftnom tržištu u neposrednoj budućnosti.

4. NEKE PREMISE ZA SAGLEDAVANJE BUDUĆIH CIJENA NAFTE

Iskustva dosadašnjih prognoza razvitka cijena nafte ili razvitka odnosa u svjetskoj naftnoj industriji pokazuju da nikada nije moguće sagledati sve premise koje na taj razvitak utječu i da je najveći broj njih često tek na nivou pouzdanosti indikacija za mogućnost realizacije određenog scenarija.

Pri donošenju investicijskih odluka u energetici ili definiranju energetske politike (na mikroplanu ili makroplanu) radi se gotovo u pravilu o dugoročnim, rjeđe srednjoročnim sagledavanjima. Objektivni elementi formiranja cijene nafte u takvim slučajevima mogu poslužiti kao osnova za izgradnju stava o očekivanoj budućnosti. Najvažniji od njih vjerojatno jesu ovi:

- rezerve nafte u svijetu
- geopolitički raspored rezervi (s obzirom na raspoložive podatke koristi se u članku geografski raspored rezervi, koji na žalost, tek implicira raspored političkih subjekata)
- troškovi proizvodnje nafte u pojedinom geografskom području i, posebno, iskoristive rezerve nafte pri određenim troškovima proizvodnje (troš-

kovi proizvodnje obuhvataju prava na istraživanje i eksploataciju, troškove istraživanja i razvitka naftnog polja i troškove eksploatacije)

- mogućnost tempa mobilizacije rezervi
- kumulativna buduća potrošnja nafte u svijetu.

4.1. Rezerve nafte u svijetu

Za razliku od većine predviđanja iz proteklog desetljeća, koja su očekivala da će već krajem stoljeća tražnja tekućih goriva dovesti do kopanja rezervi nekonvencionalne nafte (troškovi proizvodnje kojih se penju do 350 \$/t, a koje bi u mnogim slučajevima trebalo eksploatirati rudarskim tehnikama: veoma teška nafta, bituminozni pijesak, uljni škriljevci), danas nema neslaganja oko predviđanja da nekoliko idućih desetljeća nekonvencionalnu naftu neće biti potrebno eksploatirati. Dovoljno je, stoga, i dugoročnija sagledavanja osnivati na analizi samo konvencionalne nafte, koja se može definirati kao nafta čiji troškovi proizvodnje ne premašuju oko 220 \$/t (30 \$/bbl) [1 1]. Za njenu se eksploataciju koriste konvencionalne primarne i sekundarne tehnike, a moguće su i poboljšane metode vađenja (termički procesi, otopljeni plin i kemijski procesi). Sintagma ne uključuje naftu iz dubokog podmorja (više od 200 m), naftu iz polarnih regija, veoma teške nafte, teške nafte, bituminozni pijesak, uljne škriljevce niti naftu iz ugljena i biomase.

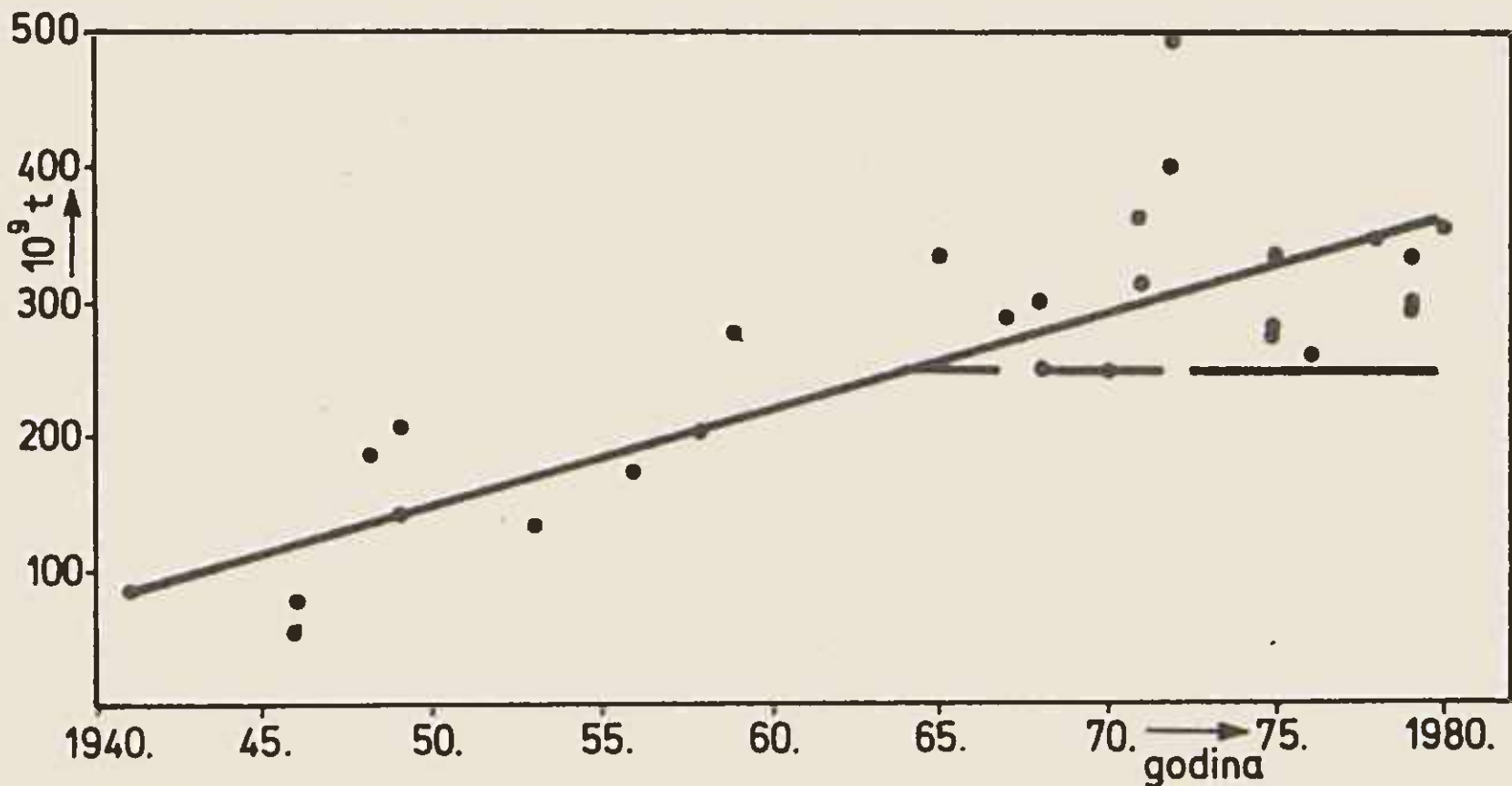
Na XI SEK-u održanom u Münchenu [1 4] korištena je sistematizacija rezervi nafte koja je grublja od sistematizacije korištene u našoj zemlji i većine sistematizacija drugih zemalja. Prednost joj je, međutim, što agregirajući podatke iz raznih zemalja omogućava u pogledu definicijskog sistema kvalitetnu klasifikaciju svjetskih rezervi nafte. Budući da će se koristiti u narednim razmatranjima, navodi se [1 4]:

- Geološke rezerve su ukupne količine originalno procijenjene da postoje u prirodnim ležištima.
- Dokazane rezerve jesu procijenjene količine u danom trenutku za koje analize geoloških i inženjering (tehnoških) podataka pokazuju sa prihvatljivom sigurnošću da se mogu pridobivati iz poznatih ležišta uz ekonomske i radne uvjete koji vrijede tog danog trenutka.
- Dodatne iskoristive rezerve jesu količine procijenjene u danom trenutku s dovoljnim stupnjem sigurnosti da se ukaže na mogućnost ili vjerojatnost njihovog postojanja za koje analize geoloških i inženjering (tehnoških) podataka pokazuju da bi se mogle, ekonomično pridobivati iz već otkrivenih akumulacija i procijenjene količine koje nisu otkrivene, ali za koje opći geološki i tehnološki zaključci govore da bi se mogle otkriti i ekonomično pridobivati.
- Buduće iskoristive rezerve jesu zbroj dokazanih i dodatnih iskoristivih rezervi u danom trenutku.
- Ukupne iskoristive rezerve jesu zbroj kumulativne potrošnje do danog trenutka, dokazanih rezervi i dodatnih iskoristivih rezervi u danom trenutku.

Tablica 5. Ukupne iskoristive rezerve nafte

Ozna- ka	God.	Autor	10 ⁹ t
PWS	1942.	Pratt, Weeks, Stabinger	82
D	1946.	Duce	55
P	1946.	Poque	76
We	1948.	Weeks	183
Le	1949.	Levorsen	205
We	1949.	Weeks	138
NcN	1953.	Mac Naughton	136
Hu	1956.	Hubbert	171
We	1958.	Weeks	205
We	1959.	Weeks	273
He	1965.	Hendricks (USGS)	338
Ry	1967.	Ryman (Esso)	285
Sh	1968.	Shell	246
We	1968.	Weeks	300
Hu	1969.	Hubbert	184-286 (235)
Mo	1970.	Moody (Mobil)	246
Wa	1971.	Warman (BP)	164-273 (218)
We	1971.	Weeks	312
US	1971.	US National Petroleum Council	364
Li	1972.	Linden	402
We	1972.	Weeks	498
Mo	1972.	Moody, Emerick (Mobil)	246-259 (252,5)
WEC	1973.	WEC (USGS)	184-1 840
Ad	1975.	Adamx i Kirby (BP)	273
Mo	1975.	Moody (Mobil)	277
BGR	1975.	BGR	336
Kle	1976.	Klemme (Weeks)	259
WEC	1978.	WEC	127-950
Ha	1979.	Halbout (Moody)	304
Mey	1979.	Meywrhoff	300
Roo	1979.	Roorda	330
WEC	1980.	WEC	354

Tablica 5. daje neke procjene ukupnih iskoristivih rezervi nafte učinjene od 1942. do 1980. godine [1 4]. Podaci su dijagramski prikazani na slici 2. Usprkos znatnom rasipanju procjena (koeficijent korelacije godina procjene/procijenjene rezerve jest 0,78), ipak je vidljiv trend rasta ukupnih iskoristivih rezervi (u skladu s nivoom spoznaja). XI SEK [1 4] procjenjuje ukupne iskoristive rezerve na 354 milijardi tona (po-



Slika 2. Razvoj procjena konačnih rezervi nafte

daci se odnose na kraj 1979. godine). Ima li se pred očima trend rasta procijenjenih ukupnih iskoristivih rezervi (slika 1), proizlazi da bi za stanje 1. 1. 1985. najvjerojatnije ukupne iskoristive rezerve bile oko 370 – 380 milijardi tona.

Kumulativna potrošnja do 31. 12. 1984. i dokazane rezerve nafte u svijetu početkom 1985. godine, razvrstane po užim geografskim cjelinama, dane su u [1 7]. Geografski raspored dodatno iskoristivih rezervi razvrstan prema prirodi tih rezervi dan je u [1 1]. Na osnovi tih podataka, a u skladu s u uvodu definiranom podjelom svijeta na 7 regija, izvedena je sistematizacija iskoristivih rezervi nafte prema prirodi rezervi i njihovu geografskom rasporedu (tablica 6). Proizlazi da prema navedenim izvorima [1 1, 1 7] buduće iskoristive rezerve nafte iznose 300 milijardi tona, a ukupne iskoristive 376 milijardi tona (što se uklapa u procjene sa [1 4]).

U tablici 7. dana je regionalna struktura iskoristivih rezervi nafte (značajka p), a u tablici 8. značajke svjetskih iskoristivih rezervi (značajka q). Vidljivo je da inicijalne svjetske dokazane rezerve (kumulativna proizvodnja više dokazane rezerve) iznose oko 45% ukupnih iskoristivih rezervi i da je dosad iscrpljeno tek 20% ukupnih iskoristivih rezervi nafte.

U dosadašnjoj kumulativnoj proizvodnji nafte područje Sjeverne Amerike s 30% ukupno proizvedene nafte prednjači (prvenstveno zahvaljujući intenzivnoj eksploataciji ležišta u prvih stotinjak godina in-

Tablica 6. Iskoristive rezerve nafte u svijetu

10 ⁹ t									
	Regija	Kumulat. proizv. do 31. 12. 84.	Dokazane rezerve	Dodatne iskoristive rezerve				Buduće iskoristive rezerve	Ukupne iskoristive rezerve
				Ukupno	Buduća otkrića	Povećanje iscrpka			
						iz r_1 i r_2	iz r_3		
		r_1	r_2	r_3	r_{31}	r_{32}	r_{33}	r_4	r_5
1	Bliski istok	19,6	54,2	66	23	35	8	120	140
2	CPE	13,8	11,4	46	13	25	8	57	71
3	Sjeverna Amerika	22,6	5,5	24	9	10	5	29	52
4	Afrika	5,3	7,5	27	14	4	9	34	40
5	Latinska Amerika	9,0	11,7	21	6	12	3	33	42
6	Azija	2,6	2,5	15	8	2	5	18	20
7	Zapadna Evropa	1,5	3,3	6	2	2	2	9	11
	Ukupno	74,4	96,1	205	75	90	40	300*	376

Napomena * Zaokruženo

Izvor: r_1, r_2 – [1 7]

r_{31}, r_{32}, r_{33} – [1 1]

Tablica 7. Regionalna struktura iskoristivih rezervi nafte

	Regija	Kumulat. proizv. do 31. 12. 84.	Dokazane rezerve	Dodatne iskoristive rezerve				Buduće iskoristive rezerve	Ukupne iskoristive rezerve
				Ukupno	Buduća otkrića	Povećanje iscrpka			
						iz r_1 i r_2	iz r_3		
				p_1	p_2	p_3	p_{31}	p_{32}	p_{33}
1	CPE	26	56	32	30	39	20	40	37
2	Sjeverna Amerika	19	12	23	17	28	20	19	19
3	Afrika	30	6	12	12	11	13	10	14
4	Latinska Amerika	7	8	13	19	5	22	11	11
5	Azija	12	12	10	8	13	8	11	11
6	Zapadna Evropa	4	3	7	11	2	12	6	5
7		2	3	3	3	2	5	3	3
	Ukupno	100	100	100	100	100	100	100	100

Izvor: tablica 6.

Tablica 8. Značajke svjetskih iskoristivih rezervi, %

	Regija	r_1/r_2	$(r_1 + r_2)/r_3$	r_2/r_4	r_3/r_4	r_{31}/r_4	r_{32}/r_4	r_{34}/r_4
		q_1	q_{12}	q_2	q_3	q_{31}	q_{32}	q_{33}
1	Bliski istok	14	53	45	55	19	29	7
2	CPE	19	35	20	80	23	44	13
3	Sjeverna Amerika	43	54	19	81	31	34	16
4	Afrika	13	32	2	78	41	12	25
5	Latinska Amerika	21	49	35	65	18	36	11
6	Azija	13	26	14	86	44	11	31
7	Zapadna Evropa	14	44	37	63	22	22	19
	Ukupno	20	45	32	68	25	30	13

Izvor: tablica 6.

dustrijske povijesti nafte kada je proizvodnja SAD bila dominantna u svijetu). U svim ostalim elementima područje Bliskog istoka nema premca. Važno je uočiti da u ukupnim svjetskim dokazanim rezervama Bliski istok sudjeluje sa 56% (zemlje OPEC-a 67% [1 7]), a dvije regije najbogatije naftom — Bliski istok i CPE s blizu 70% (OPEC i CPE blizu 80% [1 7]). Geografska diverzifikacija budućih iskoristivih rezervi nešto je veća: Bliski istok sudjeluje sa 40%, a zajedno s CPE s oko 60%.

Usprkos visokoj kumulativnoj proizvodnji nafte, pridobiveno je na Bliskom istoku tek 14% ukupnih iskoristivih rezervi (q_1), a inicijalne dokazane rezerve čine preko 50% u tim ukupnim rezervama (q_2) tako da je 45% budućih iskoristivih rezervi nafte dokazano (q_3). S druge strane, u području CPE-a od znatnih procijenjenih budućih iskoristivih rezervi čak 80% čine dodatne rezerve (q_4), pa se može očekivati sporija mobilizacija tih rezervi.

Na osnovi informacija iz [1 1] i [1 4] moguće je pobliže opisati najvažnije karakteristike promatranih svjetskih regija, posebno u pogledu mogućnosti povećanja dokazanih rezervi nafte.

4.1.1. Bliski istok

Bliski istok karakterizira visoka vrijednost značajki p_4 (40%) i q_3 (45%), pa ovo područje ima sve prirodne

pretpostavke da i u budućnosti zadrži dominantno mjesto u nivou i tempu doprinosa obnovi svjetskih naftnih rezervi. Razlozi tom očekivanju jesu:

- mogućnost znatne revalorizacije već otkrivenih ležišta koja nisu privedena eksploataciji zbog nedovoljno visoke profitabilnosti u odnosu na standarde regije (posebno u Saudijskoj Arabiji i Iranu)
- mogućnost povećanja iscrpka primjenom poboljšanih metoda (posebno u Iranu, gdje je prosječni iscrpak 18-20% i gdje se planira investirati 1,6 milijardi dolara u reinjektiranje plina radi povećanja naftnih rezervi za 2,2 milijarde tona)
- mogućnost velikih novih otkrića u kopnenom dijelu Irana i Saudijskoj Arabiji te u podmorju Irana, Saudijske Arabije i Ujedinjenih Arapskih Emirata.

4.1.2. Centralno planirane ekonomije

Centralno planirane ekonomije raspolažu vjerojatno rezervama u Sibiru, Kaspijskom moru, sjevernoj Kini, Kineskom moru te još nekim bazenima u podmorju. Velik dio tih rezervi bit će tehnički teško i skupo eksploatirati, pa se ocjenjuje da će njihova mobilizacija biti spora. Netom navedeno te visoka vrijednost značajki q_4 i q_6 i srednji p_2 , kao i relativno visoka vlastita potrošnja nafte u toj regiji (650 milijuna tona ili 23% svjetske potrošnje u 1984. godini [1 7])

navode na zaključak da će ta regija teško snažnije prodrijeti na svjetsko naftno tržište u doglednoj budućnosti.

4.1.3. Sjeverna Amerika

Sjeverna Amerika daje malo nade za veća buduća otkrića (niska značajka p_4 , osrednja q_4 i q_5). Jedine nove rezerve očekuju se od teško pridobivih naftnih nalazišta u podmorju (na primjer delte Mississippija, kanal Sveta Barbara, Labrador) i dubokih nalazišta u već eksploatiranim bazenima. Tehnološki napredak u poboljšanim tehnikama vađenja mogao bi povećati dokazane rezerve (relativno visoka značajka q_4).

4.1.4. Afrika

Afrika bi mogla sadržavati veća ležišta nafte u sedimentnim bazenima u unutrašnjosti i u dubljem podmorju. Potencijal za otkrića u Sahari i zapadnom dijelu kontinenta je nizak, no moguće je da sistematska ispitivanja danas eksploatiranih polja u Sjevernoj Africi pokažu da su rezerve veće nego što se procjenjuje.

4.1.5. Latinska Amerika

Latinska Amerika je regija s najnižom značajkom q_5 , visokom p_2 i izrazito visokom q_6 . No, mogućnost nalazjenja supervelikh i velikih polja je vjerojatno još uvijek znatna, posebno u Meksiku, u Venezuelском zaljevu i uzduž južnoameričke obale Atlantskog oceana.

Tako, na primjer, regija Reforma u Meksiku već jest veliko eksploatacijsko područje, a i potencijal joj je znatan. Primjenom tehnike injektiranja vode moguće je uz umjerene troškove postići visok iscrpak: 40 – 50% pa čak i više. S druge strane, neka meksička polja (npr. Chicontepec) zahtijevaju složeniju i skuplju tehniku (npr. veći broj bušotina). Nadalje, u Venezueli je moguće intenzivnom i sistematskom primjenom poboljšanih metoda povećati danas pridobive rezerve vjerojatno čak za 25 – 50% (današnji prosječni iscrpak je ispod 25%).

4.1.6. Azija

Azija danas u svjetskoj proizvodnji nafte sudjeluje sa 5,7%, a zasigurno da veće značenje neće imati ni u budućnosti (nizak p_4 i q_3). Dokazane rezerve je moguće povećati u Indiji, Maleziji i Indoneziji primjenom poboljšanih metoda, dok je u Australiji cijena pridobivanja nafte već danas visoka.

4.1.7. Zapadna Evropa

Zapadna Evropa sudjeluje u današnjoj svjetskoj potrošnji nafte sa 20%, a rezerve su joj izrazito skromne (odnos dokazanih rezervi i godišnje potrošnje je 5,6). Značajka q_{31} upućuje da se očekuje otkriće tek petine preostalih rezervi, i to u teškim i skupim podmorskim zonama (npr. sjeverno od 62. paralele u

Sjevernom moru i u dubljim slojevima Sredozemnog mora). Važno je spomenuti da se očekuje da će se već početkom devedesetih godina smanjiti proizvodnja nafte u Sjevernom moru.

4.2. Troškovi proizvodnje iskoristivih rezervi nafte

Procjene geografske distribucije i nivoa rezervi nafte učinjene zadnjih godina uglavnom se ne razlikuju bitno u pogledu značajki p_3 i q_3 . Razlike su veće kad je u pitanju porijeklo i priroda dodatnih rezervi (značajke q_{31} , q_{32} i q_{33}) i, povezano s tim, konačna cijena proizvodnje nafte. Svi podaci koji se navode u ovom poglavlju preuzeti su, stoga, iz istog izvora [1, 19].

Troškove proizvodnje iz dokazanih naftnih rezervi (r_2) relativno je lako procijeniti jer su te rezerve u identificiranim rezervoarima, eksploatibilnim pri današnjim tehničkim i ekonomskim uvjetima. Proizvodni troškovi danas dokazanih rezervi jesu po definiciji manji od 100 do 150 dolara po toni.

Troškovi proizvodnje nafte iz budućih otkrića (r_{31}) znatno ovise o geografskom području u kojem se ta otkrića očekuju. Danas je blizu 70% sedimentnih bazena svijeta istraženo, pa nije vjerojatno da je izvan Bliskog istoka (gdje većina troškova iznosi ispod 30 dolara po toni) preostao za otkrivanje veći broj supergigantskih polja. Nova nalazišta bit će skromnija, često u podmorju. Njihovi prosječni troškovi proizvodnje bit će viši nego u danas eksploatiranih ležištima, no u velikom će rasponu ostati kompatibilni cijenama nafte od 200 dolara po toni pokažu li izvori prihvatljivu produktivnost. Posebno je teško procijeniti troškove vezane za povećanje iscrpka (r_{32} i r_{33}) jer su te tehnike u mnogim slučajevima još u stadiju laboratorijski istraživanja. Nesiguran je i pokušaj procjene veličine resursa koji je moguće doseći pojedinom metodom. No, sagledavanje po regijama daje osnove za procjene. Na primjer, povećanje iscrpka u određenim regijama postizivo je konvencionalnim i relativno skupim sekundarnim metodama vađenja (kao injektiranje vode tamo gdje ono danas nije opravdano zbog lokalnih, tehničkih i ekonomskih razloga). Slučaj je to na Bliskom istoku, posebno u južnom Iraku, Kuvajtu, Neutralnoj zoni i sjevernom dijelu Arapsko-perzijskog zaljeva.

Očito je da zbog nesigurnosti procjene, troškove proizvodnje nafte iz dodatnih rezervi treba prihvatiti tek kao indicaciju odnosa naftnih resursa pridobivih pri određenim troškovima. U [1, 1] i [1, 19] rangirani su troškovi proizvodnje nafte u svakoj regiji (izraženi u stalnim dolarima iz 1983. godine) u ovih pet klasa i u skladu s ovim osnovnim kriterijima:

- 0 do 30 dolara po toni odgovara troškovima proizvodnje nafte na Bliskom istoku, kopnenom dijelu Afrike i u nekim dijelovima Amerike
- 30 do 90 dolara po toni odgovara troškovima proizvodnje afričke nafte iz podmorja i gotovo sve američke nafte u slučajevima kad nije potrebna primjena skupljih metoda
- 90 do 150 dolara po toni odgovara troškovima proizvodnje nafte u teškim zonama (na primjer Sjeverno more) ili nafte pri čijem su dobivanju

potrebne poboljšane metode (na primjer termičke metode ili otopljeni plin)

- 150 do 220 dolara po toni odgovara gornjem limitu raspona troškova proizvodnje većinom poboljšanih metoda
- 220 dolara po toni jesu najviši troškovi za proizvodnju nafte iz iskoristivih rezervi (poboljšane metode u nepovoljnim slučajevima, kombinacija poboljšanih metoda i teških zona, skupi kemijski procesi).

Razumljivo je da postoje i znatni dodatni resursi eksploatabilni uz troškove iznad 220 dolara po toni (300

— 400 dolara po toni). No, oni se, u skladu s prije danom definicijom, ne uračunavaju u razmatраних 300 milijardi tona budućih iskoristivih rezervi nafte (tablica 6).

U tablici 9. dana je sistematizacija proizvodnih troškova svjetskih rezervi konvencionalne nafte prema prirodi tih rezervi, a u tablici 10. prema njihovom regionalnom rasporedu. Izvorni podaci (gornja polovica tablice) preuzeti su iz spomenute [1], a temelje se na prije danim kriterijima. Važno je uočiti dvoje:

- Očito je da su globalne rezerve nafte, eksploataбилne uz relativno niske troškove, visoke. Oko 60%

Tablica 9. Proizvodni troškovi svjetskih rezervi konvencionalne nafte — sistematizacija prema prirodi rezervi

Troškovi proizvodnje	Dokazane rezerve	Dodatne iskoristive rezerve				Buduće iskoristive rezerve
		Ukupno	Buduća otkrića	Povećanje iscrpka		
				iz r_1 i r_2	iz r_3	
\$/toni	milijardi tona					
0 do 30	70	20	20			90
30 do 90	20	65	30	30	5	85
90 do 150	5	65	20	35	10	70
150 do 220		40	5	20	15	40
220		15		5	10	15
≤ 30	70	20	20			90
≤ 90	90	85	50	30	5	175
≤ 150	95	150	70	65	15	245
≤ 220		190	75	85	30	285
≤ 220		205		90	40	300

Napomena: Sve vrijednosti su zaokružene na višekratnih od 5 milijardi tona

Izvor: [1]

Tablica 10. Proizvodni troškovi svjetskih rezervi konvencionalne nafte — regionalni raspored

Troškovi proizvodnje	Bliski istok	CPE	Sjeverna Amerika	Afrika	Latinska Amerika	Azija	Zapadna Evropa	Svijet
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
\$/t	milijardi tona							
0 do 30	70	5		10	5			90
30 do 90	25	20	10	10	10	5	5	85
90 do 150	15	15	10	5	10	10	5	70
150 do 220	5	15	5	5	5	5		40
220		5	5	5				15
< 30	70	5		10	5			90
< 90	95	25	10	20	15	5	5	175
< 150	110	40	20	25	25	15	10	245
< 220	115	55	25	30	30	20		285
≤ 220		60	30	35				300
	%							
< 30	77	6		11	6			100
< 90	54	14	6	11	9	3	3	100
< 150	46	16	8	10	10	6	4	100
< 220	40	19	9	11	11	7	3	100
≤ 220	38	20	10	12	10	7	3	100

Napomena: Sve vrijednosti su zaokružene na višekratnik od 5 milijardi tona

Izvor: [1]

svih budućih iskoristivih rezervi nafte jest vjerojatno eksploabilno uz troškove manje od 90 dolara po toni. Više od polovice tih rezervi već je otkriveno (90 milijardi tona ili 95 % od ukupnih dokazanih rezervi). Izuzimajući dokazane rezerve, 85 milijardi tona (red veličine današnjih dokazanih rezervi) je eksploabilno po manje od 90 dolara po toni, a 3/4 po manje od 150 dolara po toni (tim proizvodnim troškovima kompatibilna je tržišna cijena od oko 220 dolara po toni).

- Uvjeti za monopoliziranje cijena nafte od zemalja Bliskog istoka su, dugoročno gledajući, pogodni. Geografska distribucija resursa čiji su proizvodni troškovi manji od 90 dolara po barelu pokazuje da je na Bliskom istoku koncentrirano blizu 55 % (95 milijardi tona — oko 25 % više od ukupne dosadašnje svjetske kumulativne potrošnje nafte). Industrijski razvijene zemlje Zapada (Sjeverna Amerika i Zapadna Evropa) raspolažu s manje od 10 % tih jeftinih resursa. Isključi li se Bliski istok i CPE, više od polovice budućih iskoristivih rezervi (70 milijardi tona) bit će eksploabilno uz troškove iznad 90 dolara po toni (25 milijardi tona u zemljama OECD-a i 45 milijardi tona u zemljama u razvitku). Ti resursi će, vjerojatno, biti u zonama teškim za eksploataciju ili će zahtijevati znatnu primjenu poboljšanih metoda.

4.3. Osvrt na buduća kretanja cijene nafte

Pri bilo kojem scenariju budućeg kretanja cijena nafte dominantni objektivni utjecajni elementi treba da budu buduća tražnja nafte i buduća proizvodnja, odnosno buduća rast dokazanih rezervi nafte (s priloženim podacima — troškovima proizvodnje i geografskom distribucijom rezervi).

Buduća tražnja nafte u svijetu ovisit će kako o globalnoj stopi privrednog rasta, tako i o strukturi tog rasta (granskoj, tehnološkoj, regionalnoj), zatim o istrajnosti u politici racionalnog korištenja energetskih resursa čovječanstva (štednja, supstitucija, diverzifikacija) i, razumljivo, o cijeni nafte na svjetskom tržištu (koja je, dakle, povratnom vezom povezana s ostalim elementima u »regulacijskom krugu« svjetske energetike).

U periodu 1973 — 1984. godine zabilježena je u svijetu nulta stopa rasta potrošnje nafte (tablica 3) zahvaljujući općoj mobilizaciji pod utjecajem skokova cijena, znatnim rezervama za štednju i racionalizaciju potrošnje u relativno ekstenzivnom energetskom gospodarstvu formiranom do 1973. godine, ali i privrednoj recesiji na prijelazu desetljeća.

Komisija za očuvanje energije Svjetske konferencije za energiju provela je u toku 1982. godine istraživanja dugoročnog razvitka energetike svijeta. Korištena je delfi-metoda (sudjelovalo je 50 stručnjaka iz 20 nacionalnih komiteta i održano 17 zajedničkih sjednica), a rezultati su sažeto dani u [1 20]. Usprkos skepticizmu prema asocijativnim metodama, dana predviđanja se čine realnima (sigurno realnijim nego ona s XI SEK [1 4] kada je kvalitativno promašena prognoza potrošnje nafte već za narednu godinu i do-

sadašnju potrošnju). U [1 20] procjene su svrstane u dva scenarija: pesimistični (scenario I) i optimistični (scenario II).

Scenario I predviđa stopu rasta bruto društvenog proizvoda u svijetu u periodu nakon 1978. godine od 2,3 % prosječno godišnje, a scenario II 3,3 % prosječno godišnje. Nadalje, predviđa se stopa rasta energije od 1,7 % godišnje (scenario I) do 2,3 % godišnje (scenario II). Sagledavajući promjenu strukture primarne energije, u [1 20] se daje i procjena potrošnje nafte u 2000. i 2020. godini:

- scenario I — 3 190 milijuna tona u 2000. godini i 3 050 milijuna tona u 2020. godini
- scenario II — 3 940 milijuna tona u 2000. godini i 4 160 milijuna tona u 2020. godini

Ima li se pred očima podatak o potrošnji nafte u 1984. godini (2 844 milijuna tona — tablica 3) proizlazi da se u periodu 1984 — 2000. godina predviđa prosječni godišnji rast potrošnje između 0,7 i 2,1 %, a u periodu 2000. — 2020. godina između 0,2 i 1,1 %. Ta prognoza uglavnom se poklapa sa stavovima autora ovog članka, iako je moguće da u neposrednih nekoliko godina stopa rasta potrošnje nafte bude i nešto veća (pitanje je, naime, u kojoj će mjeri niska cijena nafte utjecati na mobilizaciju postojećih, nekorištenih energetskih, rafinerijskih i petrokemijskih kapaciteta u svijetu).

Pošto su definirane projekcije očekivane potrošnje nafte, moguće je pristupiti izradi scenarija razvitka svjetske naftne industrije. U pogledu kvalitativnih odnosa moguć je nesaglediv broj varijanata (ovisno o mogućim kombinacijama društvenih, političkih, tehnoloških, kreditno-monetarnih i drugih ekonomskih odnosa u svijetu). U nastavku se analiziraju dva osnovna, ekstremna puta.

4.3.1. Scenario A

Scenario A pretpostavlja nastavak kvalitete postojećih globalnih odnosa (opstanak OPEC-a, odsutnost dogovora OECD-OPEC radi realizacije zajedničke dugoročne politike »optimalne mobilizacije svjetskih naftnih rezervi«, dominantna aktivnost zapadnih naftnih kompanija u geološki siromašnijim i težim regijama izvan Bliskog istoka, odnosno OPEC-a).

Pod navedenim kondicijama razvitak globalne naftne industrije treba da se razmatra vodeći brigu o, uvjetno rečeno, statičkim i dinamičkim karakteristikama rezervi. Statička analiza uspoređuje potrošnju i iskoristive rezerve nafte, apstrahirajući tempo mobilizacije tih rezervi. Analiza dinamike, suprotno tome, vodi brigu jedino o mogućoj brzini mobilizacije rezervi. Superponiranjem zaključaka moguće je sintetizirati čitav scenario.

Osnovni element analize dinamike sistema jest buduća tempo rasta dokazanih rezervi nafte (tempo budućih otkrića). Tempo rasta dokazanih rezervi povezan je brojnim urzčno-posljedičnim vezama s ostalim elementima sistema pa je njegovo pretskazivanje složeno. No, s obzirom da razmatrani scenario ne pretpostavlja kvalitativne promjene moguće je, uz dalju pretpostavku da i cijena nafte bude relativno

visoka, poslužiti se ekstrapolacijom dosadašnjih trendova.

Očito je da pretpostavka relativno visokih budućih cijena nafte znači i nižu stopu rasta potrošnje nafte (onu prema scenariju I), pa će takav pristup biti zapravo razmatranje supscenaria A_I. Valja pri tome naglasiti da je navedena ekstrapolacija ipak optimistična jer implicira (suprotno trenutnim tendencijama) intenzivnija istraživanja negoli su bila u prethodnom razdoblju (ne treba, naime, smetnuti s uma da su uvjeti istraživanja sve teži).

U periodu od 1. 1. 1973. do 1. 1. 1985. povećane su dokazane rezerve nafte od 91,5 milijardi tona [1 6] na 96,1 milijardi tona [1 7]. Doda li se tom povećanju 34,8 milijardi tona kumulativne proizvodnje u tom periodu [1 7], proizlazi da prosječni godišnji doprinos dokazanim rezervama iznosi 3,3 milijarde tona.

Unutar osnovnog scenarija A supscenario A_I jedna je od krajnosti. Supscenario A_{II} jest drugi ekstrem, a osniva se na pretpostavci niske ili umjerene cijene nafte, koja uvjetuje relativno visoku stopu rasta potrošnje nafte (scenario II) i sporiji tempo otkrića rezervi. Pretpostavit će se da je u tom slučaju godišnji doprinos dokazanim rezervama 25% niži nego pri scenariju A_I (što je relativno optimistična pretpostavka), dakle 2,5 milijardi tona godišnje.

Na osnovi navedenog, izračunat je odnos dokazanih rezervi i godišnje potrošnje nafte u 1990, 2000. i 2020. godini. Rezultati su dani u tablici 11. Ima li se pred očima da bi taj odnos trebalo da bude iznad 30 godina, a da se stanje ne smatra alarmantnim, proizlazi

da je pod navedenim kondicijama teško dočekati kraj stoljeća s niskim cijenama nafte. Povežu li se rezultati iz tablice sa sadašnjim cijenama nafte na svjetskom tržištu, proizlazi da je moguć scenario A_{II} u prvoj polovici preostalog perioda ovog tisućljeća, ali da je kasnije nužno skretanje prema scenariju A_I. Drugim riječima, niske ili umjerene cijene moguće je zadržati najdalje do kraja prvog kvartala devedesetih godina.

Statička analiza scenarija A polazi od iskustvene činjenice da je cijenu nafte bilo moguće monopolizirati sve dok udio OPEC u svjetskoj ponudi nije pao na oko 30 do 40%. Budući da regionalni raspored proizvodnih troškova svjetskih rezervi konvencionalne nafte (tablica 10) ne iskazuje, na žalost, odvojeno rezerve OPEC-a, a upravo taj prikaz je važan za analizu, provest će se jedna grublja analiza u kojoj će se OPEC aproksimirati Bliskim istokom (rezumljivo da u tom slučaju rezultati mogu biti tek indikacija trenda). Na osnovi dosadašnjeg iskustva usvaja se da Bliski istok u ukupnoj svjetskoj potrošnji ne smije premašiti 25% želi li se izbjeći da ta regija monopolizira cijene nafte.

Statičku sliku scenaria A moguće je pojednostaviti još jednom pretpostavkom. Naime, zemlje s centralno planiranom ekonomijom (CPE) u proteklom su razdoblju bile u prilici da izvezu manje od 15% svoje proizvodnje (tablice 3. i 4). Buduća mobilizacija rezervi tih zemalja bit će, kao što je već rečeno, vjerojatno teža. Doda li se tome da će realizacija ambicioznih planova razvitka i karakteristike zatečene pri-

Tablica 11. Scenarij globalnog razvitka naftne industrije

Značajka		Scenario A _I	Scenario A _{II}
Stopa rasta potrošnje nafte		0,7% od 1984. do 2000. g. 0,2% od 2000. do 2020. g.	2,1% od 1984. do 2000. g. 1,1% od 2000. do 2020. g.
Godišnja otkrića nafte		3,3 × 10 ⁹ tona	2,5 × 10 ⁹ tona
Dokazane rezerve 1. 1. 1985.		96,1 × 10 ⁹ tona	96,1 × 10 ⁹ tona
Ukupna otkrića od 1. 1. 1985. do 1. 1. 2000.		49,5 × 10 ⁹ tona	37,5 × 10 ⁹ tona
Kumulativna potrošnja od 1. 1. 1985. do 1. 1. 2000.		44,8 × 10 ⁹ tona	49,5 × 10 ⁹ tona
Dokazane rezerve 1. 1. 2000.		100,8 × 10 ⁹ tona	84,1 × 10 ⁹ tona
Nivo godišnje potrošnje u 1999.		3,2 × 10 ⁹	3,9 × 10 ⁹
Odnos dokazanih rezervi i god. potrošnje nafte u godini	1990.	33 godine	30 godina
	2000.	31 godina	22 godine
	2010.	33 godine	16 godina

vredne strukture angažirati znatno energije, pretpostavit će se da CPE neće imati utjecaja na svjetsku bilancu nafte (takav pristup nije bio moguć pri analizi dinamike jer nisu raspoloživi potrebni podaci).

Izuzme li se, dakle, područje CPE iz analize, ali i potrošnja Bliskog istoka (koja će se, razumljivo, bez teškoća zadovoljavati vlastitim izvorima), potrošnja preostalog dijela svijeta je 1984. godine na nivou 2,1 milijardi tona (tablica 3). Prije dani limit udjela Bliskog istoka u strukturi svjetske proizvodnje (25%) uz ove se pretpostavke svodi na oko 34%. Proizlazi, dakle, da Sjeverna Amerika, Afrika, Latinska Amerika, Azija i Zapadna Evropa treba da pokrivaju oko 66% svoje potrošnje nafte iz vlastitih izvora žele li da Bliski istok ne bude u poziciji da monopolizira cijenu nafte. Iz tablice 10 vidljivo je da navedenih 5 regija ima ovakvu distribuciju proizvodnih troškova rezervi nafte:

- $15 \cdot 10^9$ t s troškovima ispod 30 \$/t
- $55 \cdot 10^9$ t s troškovima 90 \$/t
- $95 \cdot 10^9$ t s troškovima ispod 150 \$/t
- $115 \cdot 10^9$ t s troškovima ispod 220 \$/t
- $125 \cdot 10^9$ t s troškovima 220 \$/t ili manje.

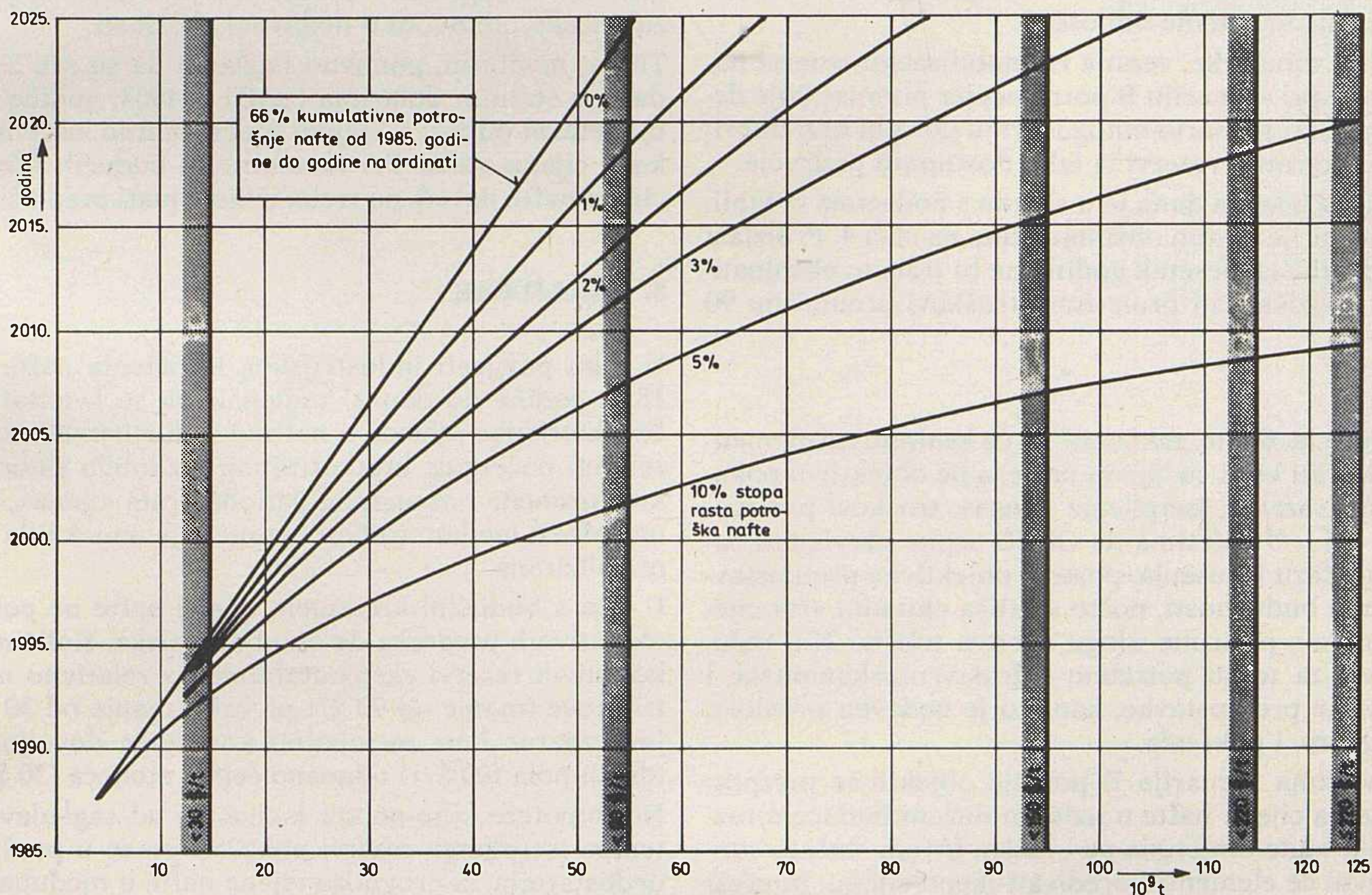
U dijagram sa slike 3. ucrtano je na osi apscisa navedeno rangiranje rezervi. Na ordinatu je nanesen period nakon 1985. godine, a parametar jest stopa rasta potrošnje nafte u razmatranih 5 regija (stope rasta veće od 2% nisu vjerojatne za dugoročno razdoblje, ali su ilustrativne pa su unijete u dijagram). Proizlazi da pri stopi rasta potrošnje nafte ispod 2% godišnje (što je pod navedenim kondicijama izuzimanje CPE gotovo sigurno) kumulativna potrošnja nafte neće sve do 2015. godine prisiliti taj dio svijeta da koristi

rezerve skuplje od 90 \$/t. Razumljivo, slika je znatno idealizirana, no indicira na to da bi bilo teško već nakon 1995. godine održati cijenu nafte na svjetskom tržištu nižu od 150 \$/t. Slika bi zacijelo bila nepovoljnija da je analiza obuhvatila sve članice OPEC-a ili, u jednoj ekstremnoj varijanti (no, ne sasvim nevjerovatnoj pri određenim uvjetima), zemlje u razvitku — izvoznice nafte s Bliskog istoka, iz Latinske Amerike i Afrike. U tom, naime, slučaju preostali svijet ima ovu, relativno nepovoljnu distribuciju proizvodnih troškova rezervi nafte:

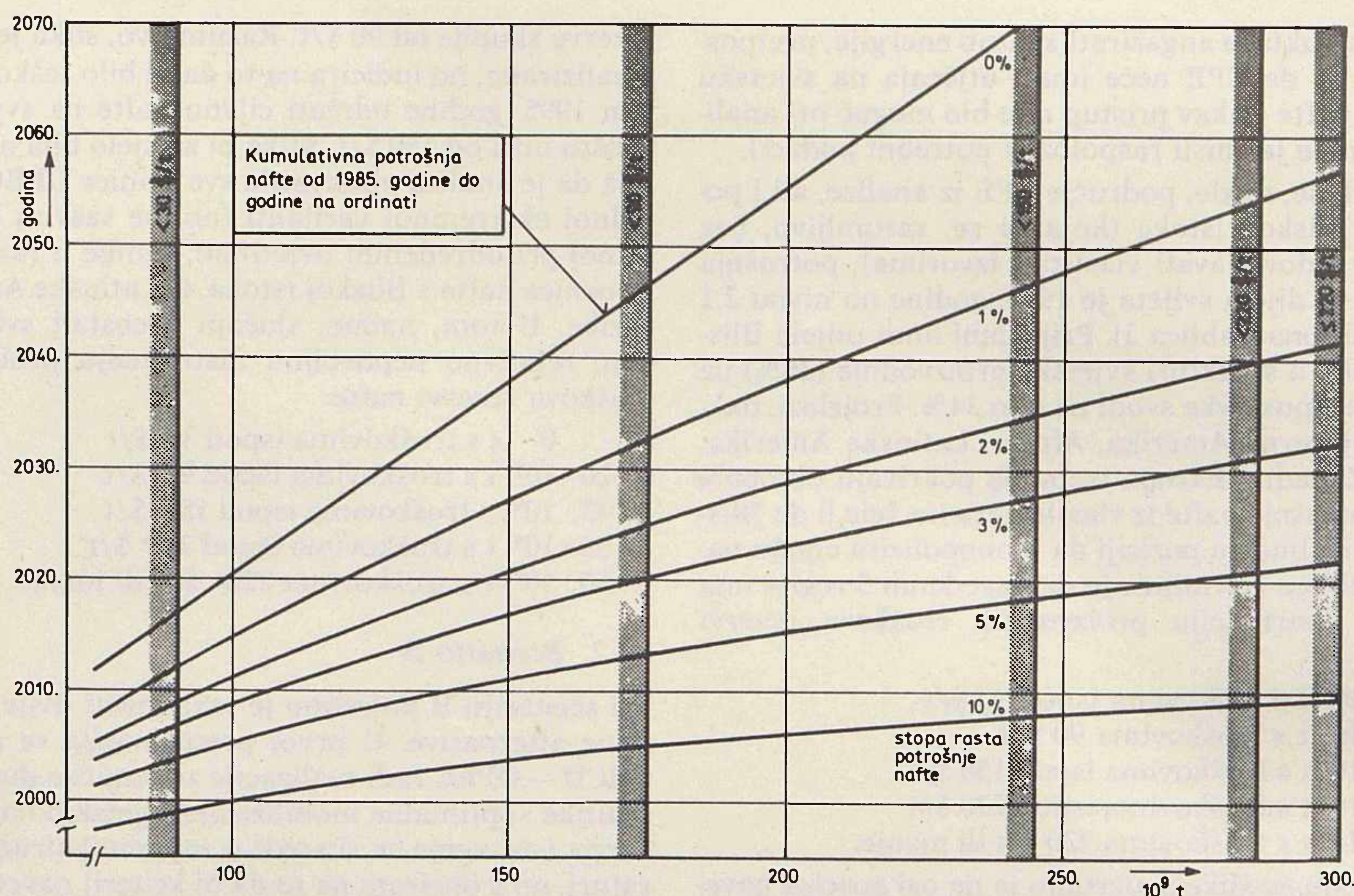
- 0 t s troškovima ispod 30 \$/t
- $20 \cdot 10^9$ t s troškovima ispod 90 \$/t
- $45 \cdot 10^9$ t s troškovima ispod 150 \$/t
- $55 \cdot 10^9$ t s troškovima ispod 220 \$/t
- $60 \cdot 10^9$ t s troškovima 220 \$/t ili manje.

4.3.2. Scenario B

Pri scenariju B potrebno je razlikovati dvije kvalitativne alternative. U prvoj pretpostavlja se dogovor OECD — OPEC radi realizacije zajedničke dugoročne politike »optimalne mobilizacije svjetskih naftnih rezervi« (sintagma se susreće u zapadnoj stručnoj literaturi, no s obzirom na to da bi kriterij navedene optimalnosti ipak bilo nužno analizirati i sa stajališta zemlje u razvitku — uvoznice nafte, navodi se ovdje pod navodnicima). Druga alternativa jest vjerojatnija, a pretpostavlja dalje slabljenje kohezionih veza i raspad OPEC-a pod utjecajem aktualnih događaja na tržištu nafte i objektivne odsutnosti preduvjeta za djelotvornost te organizacije), političkih i religioznih suprotnosti, različitog stupnja ekonomskog razvitka i različitog financijskog položaja prema razvijenim



Slika 3. Analiza mogućnosti monopoliziranja cijene nafte od strane Bliskog istoka



Slika 4. Ovisnost iscrpljenja iskoristivih rezervi nafte o stopi rasta potrošnje u periodu nakon 1985 god.

industrijskim zemljama. U ovom drugom slučaju teško da je moguć povratak na prevladane neokolonijalne odnose od sredine stoljeća. Vjerojatnija je regionalizacija svjetske naftne industrije: povezivanje pojedine zemlje — izvoznice sa skupinom razvijenih industrijskih zemalja radi zadovoljenja zajedničkih interesa.

Obje alternative se u globalnim relacijama svode na slične kvantitativne odnose.

Analiza dinamike, vezana za mobilizaciju rezervi nafte, nije pri scenariju B potrebna jer premise koje definiraju taj scenario omogućavaju po volji brzi doprinos dokazanih rezervi iz lako dostupnih područja.

Statička analiza dana je u skladu s podacima iz tablice 10. i prije danim objašnjenjima na slici 4. Proizlazi da idućih četrdesetak godina ne bi trebalo eksploatirati nalazišta čiji proizvodni troškovi premašuju 90 \$/t.

*

Moguće je, dakle, zaključiti da će kvalitativni elementi diktirati buduću cijenu nafte, a ne objektivni pokazatelji (rezerve, iscrpljenje rezervi, troškovi proizvodnje itd.). U uvjetima da OPEC uspije prevladati sadašnju fazu iskušenja, postoje objektivne pretpostavke da u budućnosti, pošto se stiha aktualni »rat cijena nafte«, preuzme ulogu arbitra tržišta. No, razumljivo, za to su potrebne i društveno-ekonomske i političke pretpostavke, kao što je nedavna prošlost, uostalom, i pokazala.

U uvjetima scenarija B postoje objektivne pretpostavke da cijena nafte u jednom dužem budućem razdoblju bude umjerena pa i niska. U tom slučaju subjektivni će elementi određivati njenu cijenu: interesi dominantnih privrednih subjekata svijeta.

Ako bi, ipak, trebalo dati neko pretskazanje buduće cijene nafte u međunarodnoj razmjeni, razumljivo, u dobroj mjeri intuitivno (pa time i nesigurno) čini se da bi slika bila ova. Nakon perioda nižih cijena nafte (narednih nekoliko godina) moglo bi uslijediti razdoblje u kojem će te cijene biti umjerene do visoke: između 150 \$/t i 220 \$/t. Granica od 220 \$/t vjerojatno neće biti u dogledno vrijeme premašena jer se pokazala teško održivom u nedavnoj prošlosti.

Treba, međutim, ponovno naglasiti da su sve cijene dane u stalnim dolarima (SAD) iz 1983. godine i da monetarni odnosi u svijetu mogu znatno iskriviti tekuću cijenu nafte. Pri razmatranju budućih tekućih cijena nafte navedeno treba uvijek imati pred očima.

5. ZAKLJUČAK

U toku povijesti industrijskog korištenja nafte (od 1859. godine do danas) mijenjale su se kvalitativne karakteristike odnosa u naftnoj industriji. No, s izuzetkom početnog, kratkotrajnog razdoblja slobodne konkurencije i aktualnog perioda »rata cijena«, cijena nafte u međunarodnoj razmjeni je uvijek bila monopolizirana.

U vezi s budućim kretanjem cijene nafte ne postoji objektivnih prepreka da ona bude niska. Količine iskoristivih rezervi eksploataibilnih uz relativno niske troškove (manje od 90 \$/t pa čak i manje od 30 \$/t) jesu znatne i uz racionalno korištenje dovoljne za idućih pola (90 \$/t) odnosno četvrt stoljeća (30 \$/t).

No, hipoteze koje polaze isključivo od sagledavanja tempa iscrpljenja rezervi pokazale su se u prošlosti nedostatnim za prognozu cijene nafte u međunarodnoj razmjeni.

Geografska distribucija jeftinih rezervi pokazuje njihovu glavnu koncentraciju u području Bliskog Istoka te zemljama u razvitku iz područja Afrike i Latinške Amerike. S druge strane, snažne, industrijski razvijene privrede pokazale su u prošlosti veliku inventivnost (ali i moć) u pronalaženju načina da situaciju u naftnoj industriji prilagode svojim interesima.

Budući razvitak nije, stoga, moguće predvidjeti. Sagledava li se on, međutim, kao osnova za donošenje investicijskih odluka ili razvojnih planova na području energetike u našoj zemlji, moguće je ipak iznijeti određene stavove.

Sigurno jest da aktualnu situaciju jeftine nafte treba maksimalno iskoristiti, ali se ne bi smjelo upuštati u investicije čiji period izgradnje plus period amortizacije premašuje 5 – 10 godina ako je njihova opravdanost temeljena na pretpostavci jeftine nafte. S tim u vezi posebno je važno naglasiti dvoje:

- utjecaj budućeg kretanja tečaja dinara prema dolaru (SAD) na investicijsku odluku o izgradnji energetske strukture gotovo da je istog reda veličine kao promjena stalne cijene nafte
- nestabilnost svjetskog tržišta energijom ne može znatnije pogodati snažnu privredu energetske poljne strukture.

LITERATURA

- [1] P. C. DESPRAIRIES, X. BOY DE LA TOUR, J. J. LACOUR: »Progressive Mobilization of Oil Resources«, Part 1, Energy Policy, Vol. 13, December 1985.
- [2] H. KAHN, W. BROWN, L. Martel: »Slijedećih 200 godina«, Stvarnost, Zagreb, 1977.
- [3] M. A. BERNSTEIN: »Conference Report: Seventh Annual North American Conference of the International Association of Energy Economists«, Energy Policy, Vol. 14, 2/1986., London, 1986.
- [4] Survey of Energy Resources, 11. World Energy Conference, München, 1980.
- [5] V. KRANJEC, B. PROHASKA: »Nafta«, Tehnička enciklopedija 9, Jugoslavenski leksiografski zavod »Miroslav Krleža«, Zagreb, 1984.
- [6] H. POŽAR: »Osnovi energetike«, prvi svezak, Školska knjiga, Zagreb, 1976.
- [7] BP Statistical Review of World Energy — June 1985, British Petroleum, London, 1985.
- [8] J. DEKANIĆ: »Rudarska i naftna renta«, Jugoslavenski komitet svjetskih kongresa za naftu časopis »Nafta« Zagreb, Zagreb, 1982.
- [9] E. MANDEL: »Rasprava o marksističkoj ekonomiji«, II knjiga, V. Masleša, Sarajevo, 1970.
- [10] R. J. BARNET, R. E. MÜLLER: »Globalni zahvat — Moć multinacionalnih korporacija«, Globus, Zagreb, 1979.

- [11] H. KISSINGER: »Memoari«, knjiga II, Vjesnikova pressagencija — Mladost, Zagreb, 1981.
- [12] Može li OPEC preživjeti, INA Vjesnik industrije nafte 8, 10. 1985, Zagreb, 1985.
- [13] G. HABERLER: »Stanje svjetske privrede«, Ekonomska politika, 1/17, Beograd, 1985.
- [14] V. RAŠE: »Euro i petrodolarsko tržište«, Informator, Zagreb, 1982.
- [15] P. TAŠIĆ: »Složni za promjene, nesložni za primjene«, Vjesnik — Panorama subotom 24. 5. 1986, Zagreb, 1986.
- [16] B. CIKUŠA: »Blago Sjevernog mora«, INA — Vjesnik industrije nafte 9. 11. 1985, Zagreb, 1985.
- [17] Cheaper Oil — Adjusting to a better diet, The Economist, July 6. 1985, London, 1985.
- [18] D. BUVAČ: »Nafta i novac — Alahov štit«, Vjesnik 5. 6. 1986, Zagreb, 1986.
- [19] P. C. DESPRAIRIES, X. BOY DE LA TOUR, J. J. LACOUR: »Progressive Mobilization of Oil Resources«, Part 2, Energy Policy, Vol 14, February 1986.
- [20] Energetski bilans sveta 12000 — 2020, Svetska konferencija za energiju Komisija za očuvanje energije, Jugoslavenski komitet SKE (prijevod), Beograd, 1984.

PRICE OF OIL IN THE WORLD — UP TO DAY DEVELOPMENT AND SOME PREMISES FOR THE FUTURE

In the article is given a review of up to day relations in the world oil industry. Some statements for events in the seventies are presented and analyzed is the actual oil price drop. Upon estimation of the world reserve of oil, geographic distribution and production costs it is elaborated a scenery for possible price development.

ERDÖLPREISE IN ANDEREN LÄNDERN — BISHERIGE ENTWICKLUNG UND EINIGE PRÄMISSEN FÜR DIE ZUKUNFT

Hier wird ein Überblick über die bisherigen Beziehungen in der internationalen Erdölindustrie gegeben. Man spricht über die Standpunkte hinsichtlich der Ereignisse in den siebziger Jahren. Es werden die Ursachen der aktuellen Preissenkung des Erdöls analysiert, Aufgrund der Ermittlung der Erdölreserven in der Welt, ihrer geographischen Distribution und den Herstellungskosten werden Szenarien ausgearbeitet die als Grundlage für die Festlegung von möglichen Alternativen einer weiteren Entwicklung der Preise dienen können.

МИРОВАЯ ЦЕНА НЕФТИ — РАЗВИТИЕ ДО НАСТОЯЩЕГО ВРЕМЕНИ И НЕКОТОРЫЕ ПРЕДПОСЫЛКИ НА БУДУЩЕЕ

Дан обзор отношений, существовавших до настоящего времени в международной нефтепромышленности. Приводятся положения о событиях семидесятых годов и анализируются причины назревающего снижения цен нефти. На основании оценки мировых резервов нефти, их географического распределения и производственных расходов разрабатываются сценарии, которые могут послужить основанием для исследования альтернатив дальнейшего развития цен.

Naslov pisca:

Zdravko Mužek, dipl. inž.
Institut za elektroprivredu,
41000 Zagreb, Proleterskih b. 37
Jugoslavija

Uredništvo primilo rukopis
 1986-06-03



ASTRA

**SPONZOR-SUORGANIZATOR
UNIVERZIJADE'87**

ZAGREB
JUGOSLAVIJA



Djelatnosti na vanjskom tržištu:

- izvoz-uvoz kompletnih objekata, postrojenja i opreme za sve grane industrije;
- izvoz-uvoz brodova i aviona;
- izvoz-uvoz poljoprivredno-prehrambenih proizvoda;
- međunarodno trgovinsko posredovanje;
- međunarodna trgovina putem mreže inozemnih firmi i predstavništava;
- zastupanje inozemnih firmi.

Djelatnosti na unutrašnjem tržištu:

- ugostiteljsko-hotelijerska djelatnost putem vlastitih hotela, ugostiteljskih objekata, sportsko-rekreacijskih sadržaja, te prodaja avio-karata i aranžmana putem vlastite turističke agencije;
- prodaja, održavanje i popravak automobila iz programa VOLKSWAGEN-AUDI, te tehnički pregled svih vrsta vozila;

n. sol. o. OOUR-a

41000 ZAGREB, Varšavska 9

Telefon: 041/427-111

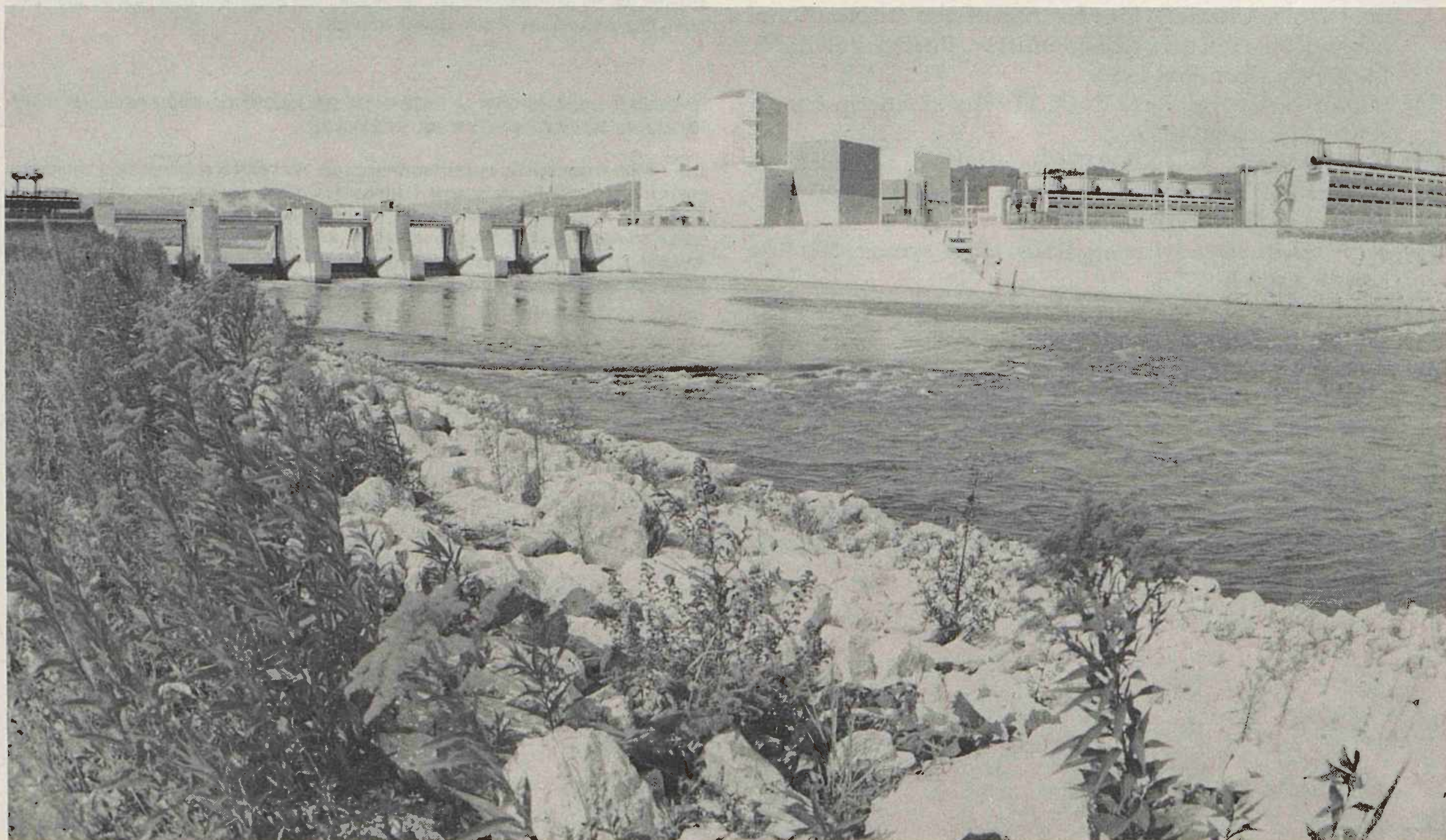
Telegram: ASTRA — ZAGREB

Telex: 21177, 21254 YU MASEX, 21125,
21281 YU ASTRA

- opskrba poljoprivrede sjemenskom robom, reprodukcijskim materijalom, strojevima i alatima;
- opskrba stranih brodova i jahti u domaćim lukama i marinama.

OSNOVNE ORGANIZACIJE UDRUŽENOG RADA:

- **OOUR ZASTUPSTVO INOZEMNIH FIRMI**, Zagreb, Gajeva 5
- **OOUR MEĐUNARODNA TRGOVINA**, Zagreb, Gajeva 5
- **OOUR MAŠINOIMPEX**, Zagreb Varšavska 9
- **OOUR ZA VANSJKU I UNUTRAŠNJU TRGOVINU POLJOPRIVREDNO-PREHRAMBENIH PROIZVODA**, Zagreb, Harambašićeva 19
- **OOUR AUTOMOBILNE DJELATNOSTI**, Velika Gorica, Zagrebačka bb
- **OOUR UGOSTITELJSTVO**, Stubičke toplice
- **OOUR UGOSTITELJSTVO TOPLICE**, Krapinske Toplice
- **OOUR UGOSTITELJSTVO KUMROVEC**, Tuheljske Toplice



NE KRŠKO za koju je veliki dio opreme uvezla R. O. Mašinoimpex

NOVA METODA UTVRĐIVANJA EKSPANZIONIH LINIJA TURBINA S VLAŽNOM PAROM U NUKLEARNIM ELEKTRANAMA

mr Berislav Nadinić, Zagreb

UDK 621.165.005

ORIGINALNI ZNANSTVENI RAD

U radu je izložena nova metoda određivanja ekspanzionih krivulja turbina s vlažnom parom, koristeći se za utvrđivanje vlažnosti pare radioaktivnim obilježivačima.

Ključne riječi: nuklearne elektrane, turbine s vlažnom parom, ekspanziona linija, radioaktivni obilježivači.

1. UVOD

Elektroenergetski sistemi razvijenih i srednje razvijenih zemalja bazirani su u današnje vrijeme većinom na termoenergetskim izvorima koji upotrebljavaju fosilna goriva za proizvodnju električne energije.

Nestašica određenih vrsta fosilnih goriva, neravnomjerna geografska rasprostranjenost i sve veća cijena investicija i eksploatacije upućuju na buduću sve veću upotrebu nuklearnih energetskih postrojenja.

Jedan od bitnih elemenata termoenergetskog postrojenja, kako na fosilna tako i na nuklearno gorivo, jest parna turbina u kojoj se vrši pretvorba toplinske energije u mehanički rad. Zbog toga se praćenjem rada parne turbine u toku eksploatacije i poduzimnjem odgovarajućih korektivnih akcija može utjecati na efikasnost cijelog termoenergetskog postrojenja. Najznačajniji pokazatelj rada parne turbine jest nje na ekspanziona linija. Ekspanziona linija vrlo ilustrativno pokazuje u i-s dijagramu (i =entalpija, s =entropija) proces ekspanzije pare u turbini, na temelju čega se mogu donijeti određeni zaključci o stanju turbinskog lopatičja, kao i samom procesu ekspanzije. Između turbina za klasična termoenergetska postrojenja i turbina za nuklearna postrojenja postoje znatne konstruktivne razlike koje proistječu iz različitih parametara pare koju koriste, a koje imaju izravan utjecaj na način utvrđivanja ekspanzione linije. U današnjim nuklearnim energetskim postrojenjima koriste se većinom reaktori s običnom vodom pod tlakom (PWR) ili reaktori s kipucom vodom (BWR) pomoću kojih se proizvodi suho zasićena para relativno niskih tlakova (60-75 bara što odgovara temperaturi isparavanja od 275°C do 290°C), tako da se najveći dio ekspanzije pare u turbini odvija u vlažnom području. Nasuprot tome, klasični generatori pare na fosilna goriva proizvode pregrijanu paru visokih tlakova i temperatura (i do 240 bara i 560°C) te se kod elektrana na fosilna goriva ekspan-

zija pare u turbini najvećim dijelom odvija u pregrijanom području.

S gledišta utvrđivanja ekspanzione linije slučaj ekspanzije pare u pregrijanom području je povoljan jer se svaka pojedina točka ekspanzione linije može odrediti mjerenjima tlakova i temperatura koji je jednoznačno određuju. I mjerenje količina pare koja se nalazi u pregrijanom području relativno je jednostavno jer se mogu koristiti s relativno velikom točnošću metode prigušivanja. Međutim, kod ekspanzije pare u vlažnom području javljaju se u odnosu na utvrđivanje ekspanzione linije znatni problemi zbog triju razloga:

- U zasićenom području točke ekspanzione linije nisu jednoznačno određene tlakom i temperaturom (parametri jednostavno mjerljivi), već je potrebno poznavati sadržaj vlage u pari.
- Mjerenje protoka dvofaznog medija nije moguće mjeriti uz zadovoljavajuću točnost metodama prigušivanja jer on prolaskom kroz prigušni organ mijenja svojstva (sadržaj vlage).
- Parametri oduzimanja kod turbina s vlažnom parom ne odgovaraju i parametrima pare koja ekspanzira dalje u turbini zbog toga što se u okviru svakog oduzimanja nalaze i posebni interni separatori vlage (vidi sl. 5. i objašnjenja u poglavlju 3) čiji je zadatak uklanjanje vlage iz toka pare u turbini zbog poboljšavanja strujanja (manji gubici) i sprečavanja većeg oštećenja turbinskog lopatičja.

Za rješenje tih problema mjerne naravi (a, b) danas se u svijetu [lit. 2, 3, 4, 13] pri pogonskim ispitivanjima za određivanje parametara vlažne pare najčešće koristi metoda s upotrebom radioaktivnih obilježivača čije su osnove zbog boljeg razumijevanja cjelokupnog teksta dane u sljedećem poglavlju. Za rješenje trećeg problema, tj. konstrukcije ekspanzione linije na temelju parametara oduzimanja, danas se koristi metoda iteracije (iterira se više parametara) povezana s iskustvom onog koji se njome služi [lit 2], što čini tako dobiveni krajnji rezultat vrlo problematič-

nim. Zbog toga je razvijena nova metoda utvrđivanja ekspanzione linije turbina s vlažnom parom, koja je detaljno prikazana u poglavlju 3.

2. ODREĐIVANJE PARAMETARA VLAŽNE PARE UPOTREBOM RADIOAKTIVNIH OBILJEŽIVAČA

Kod nuklearnih postrojenja s reaktorima moderiranim i hlađenim običnom vodom prisutan je u nekim tokovima dvofazni medij. Na primjer, kod ovih postrojenja svježa para dobivena u generatorima pare redovito sadrži i udio kapljevite faze koji se kreće od 0,05 do 0,5%, ovisno o tipu postrojenja odnosno njegovu opterećenju. S gledišta mjerenja vlažna para predstavlja velik problem. Jer, da bi se odredili njeni karakteristični termodinamički parametri (entalpija, entropija, gustoća) potrebni za utvrđivanje energetskih karakteristika ili drugih kontrolnih veličina, potrebno je, osim tlaka ili temperature poznavati njenu vlažnost. Podjednako je problem i s mjerenjem protoka vlažne pare koja se ne može mjeriti standardnim metodama prigušivanja, jer vlažna para prolaskom kroz prigušni organ mijenja svojstva i time onemogućuje utvrđivanje protočne količine.

Navedeni problemi relativno se uspješno rješavaju metodom baziranom na upotrebi radioaktivnih obilježivača.

Ova metoda osniva se na topljivosti pojedinih elemenata, odnosno spojeva, koji se ubrizgavaju u određene dvofazne tokove, samo u kapljevitoj fazi i očitavanju te koncentracije u reprezentativnim uzorcima vode pogodnim brojačima. Da bismo pobliže razjasnili upotrebu radioaktivnih obilježivača, opisat ćemo glavne metode njihove upotrebe, zatim direktne mogućnosti primjene na nuklearnim elektranama, kao i praktične osnove ove tehnike mjerenja. Postoje dvije osnovne metode primjene radioaktivnih obilježivača:

- a) kondenzaciona metoda,
- b) metoda konstantnog ubrizgavanja.

a) Kondenzacionom metodom može se odrediti udio kapljevite faze u toku vlažne pare. Ako je odgovarajući obilježivač otopljen u kapljevitoj fazi vlažne pare s koncentracijom (C_V), on će se kondenzacijom parne faze razrijediti, tj. njegova će koncentracija u ukupnoj masi biti (C_K), gdje je $C_K < C_V$. Ove koncentracije možemo povezati sljedećom bilancom:

$$C_V \cdot q_{mV} = C_K \cdot q_{mK}, \quad (1)$$

gdje je:

q_{mV} = količina kapljevite faze u vlažnoj pari, kg/s

q_{mK} = količina kondenzata promatrane vlažne pare, kg/s,

Napomena: Kod radioaktivnih obilježivača, kad govorimo o koncentraciji, mislimo na jednu proporcionalnu veličinu, a to je radioaktivnost (radioaktivnost je proporcionalna količini radioaktivne materije prisutne u nekom mediju) koja se izražava u jedinici Bq/kg)

S poznatim koncentracijama prije i poslije kondenzacije može se vrlo lako izračunati udio kapljevite faze sljedećim omjerom:

$$x = \frac{q_{mV}}{q_{mK}} \cdot 100 = \frac{C_K}{C_V} \cdot 100 \quad \% \quad (2)$$

b) Ovom metodom dobiva se vrlo točno količina kapljevite faze u vlažnoj pari, ali ne i njen udio. Bazira se na konstantnom ubrizgavanju (brzina ubrizgavanja = konstantna) obilježivača poznate koncentracije (C_T) u tok vlažne pare. Nakon adekvatnog miješanja mjeri se nizvodno od mjesta ubrizgavanja koncentracija u kapljevitoj fazi (C_V) s kojom se može postaviti sljedeća bilanca:

$$C_0 \cdot q_{mV} + C_T \cdot q_{mT} = (q_{mV} + q_{mT} + \Delta q_m) \cdot C_V, \quad (3)$$

odnosno količina kapljevite faze je:

$$q_{mV} = \frac{q_{mT} \cdot (C_T - C_V) - \Delta q_m \cdot C_V}{C_0 \cdot C_V}, \quad (4)$$

gdje je:

q_{mT} = količina ubrizganog obilježivača, kg/s

C_0 = prirodna koncentracija obilježivača u kapljevitoj fazi prije injektiranja tzv. background, Bq/kg

Δq_m = promjena količine kapljevite faze u toku, između mjesta ubrizgavanja i uzimanja uzorka, zbog pada tlaka i odvođenja topline u okolinu, kg/s.

Normalno $C_V \ll C_T$ i $C_0 \ll C_V$, pa se izraz (4) može reducirati na sljedeći način:

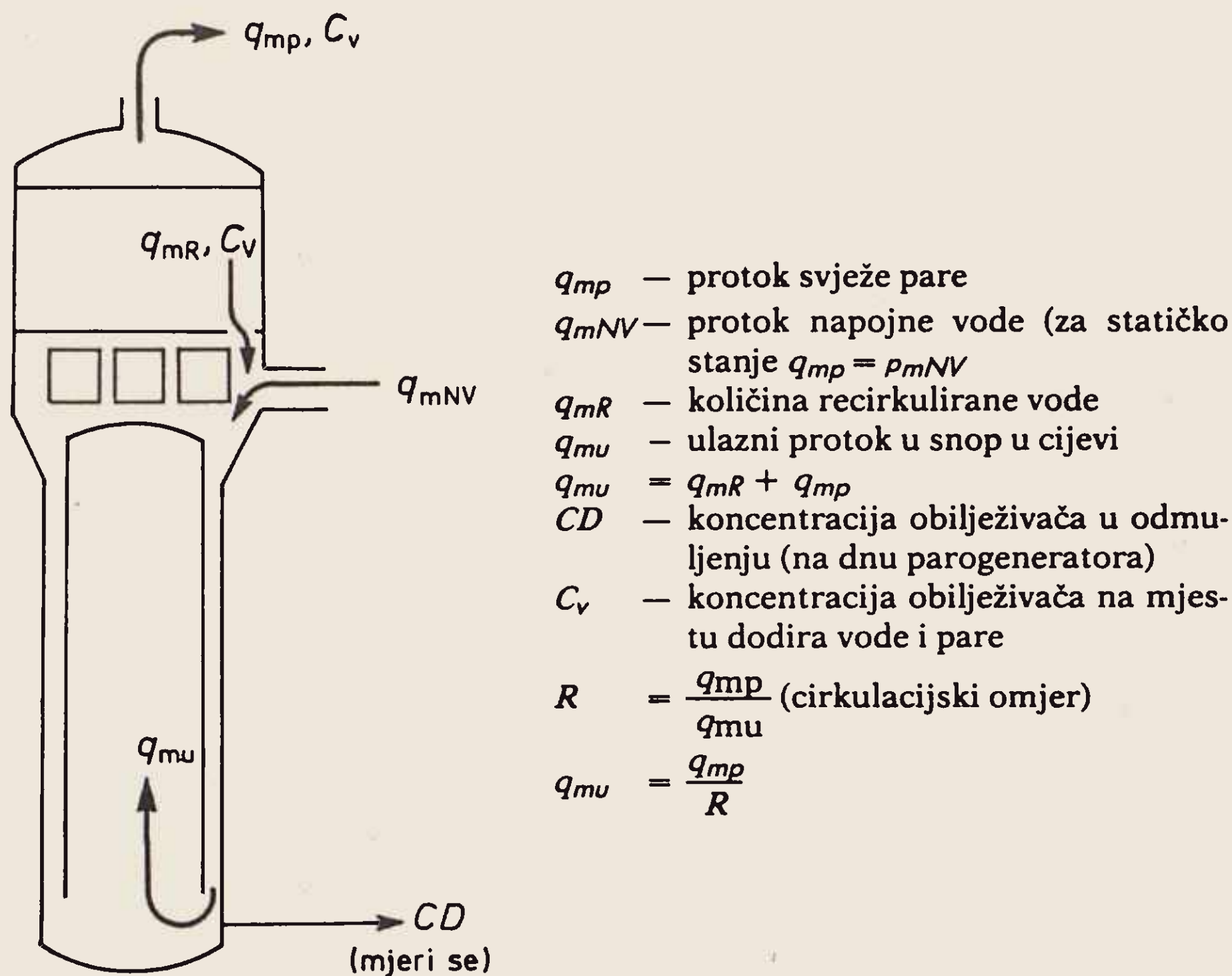
$$q_{mV} = q_{mT} \cdot \frac{C_T}{C_V}. \quad (5)$$

Navedene metode mogu se koristiti vrlo uspješno kod nuklearnih elektrana PWR — tipa za određivanje termodinamičkih parametara svježe pare i pare oduzimanja, ali i ostalih manjih tokova vlažne pare, ako se za to pokaže potreba. Budući da nas prvenstveno zanimaju termodinamički parametri svježe pare i pare oduzimanja, analizirat ćemo detaljnije primjenu ovih metoda za te slučajeve.

Za mjerenje stanja svježe pare može se upotrijebiti samo kondenzaciona metoda, jer je uvjet za primjenu metode konstantnog ubrizgavanja mogućnost uzimanja uzorka sa samo kapljevitom fazom. Ovaj uvjet je ispunjen kod oduzimanja s vlažnom parom, gdje je udio kapljevine relativno visok (5 — 50%), te se ona nalazi uz stijenku cijevi te se može relativno lako odvojiti za uzorak, dok je kod svježe pare udio kapljevite faze vrlo nizak (0,05 — 0,5%) i teško ga je odvojiti ne uzimajući pri tom i paru.

Mjerenje vlažnosti svježe pare kondenzacionom metodom možemo u principu izvesti na dva načina. Kod prvog, nazovimo ga direktnim, nakon injektiranja radioaktivnog obilježivača u tok napojne vode potrebno je uzeti uzorak vode u generatoru pare (obično iz odmuljenja), te na temelju te koncentracije i relacija danih uz sliku 1. odrediti koncentraciju obilježivača u kapljevitoj fazi na izlazu iz generatora pare (C_V). Zatim je potrebno iz toka svježe pare uzeti reprezentativni uzorak vlažne pare, kondenzirati ga i

izmjeriti koncentraciju obilježivača u njemu (C_K), te na temelju izraza (2) izračunati sadržaj vlage u pari na izlazu iz generatora pare. Ovaj postupak ima jednu veliku manu, a to je uzimanje reprezentativnog uzorka svježe pare koje je skupčano uz mnoge tehničke probleme tako da se u praksi vrlo malo koristi. Drugi način, nazovimo ga indirektnim, identičan je s prvim, s tom razlikom da umjesto reprezentativnog uzorka svježe pare mjerimo koncentraciju obilježivača u ukupnoj količini kondenzirane svježe pare.



$$q_{mr} = q_{mu} - q_{mp} = \frac{q_{mp}}{R} - q_{mp} = (1 - R) \frac{q_{mp}}{R}$$

$$C_v = \frac{CD \cdot q_{mu}}{q_{mr}} = \frac{CD \cdot \left(\frac{q_{mp}}{R}\right)}{(1 - R) \cdot \left(\frac{q_{mp}}{R}\right)} = \frac{CD}{1 - R}$$

Slika 1. Mjerenje vlažnosti svježe pare

Mjesto na kojem se uzima ovaj uzorak ovisi o izvedbi regenerativnog sistema. Na primjer, kod regenerativnog sistema s kaskadnim tokom povratnih kondenzata ukupna količina kondenzirane svježe pare bit će na mjestu kondenzatnih pumpi, tj. uzorak s koncentracijom (C_K) uzima se obično kod ovakvih sistema na izlazu iz kondenzatnih pumpi.

Za razliku od svježe pare, pri određivanju termodinamičkih parametara oduzimanja s vlažnom parom mogu se koristiti obadvije metode upotrebe radioaktivnih obilježivača, ali uz dodatne proračune (toplinske i koncentracijske bilance). Ove proračune demonstrirati ćemo na općenitom primjeru zagrijača koji je prikazan na slici 2.

Za ovaj zagrijač vrijede sljedeći izrazi:

a) Na temelju toplinske bilance

$$q_{mZ} \cdot i_{Zi} + q_{mK} \cdot i_K = q_{mS} \cdot i_S + q_{mP} \cdot i_P + q_{mD} \cdot i_D + q_{mZ} \cdot i_{ZU} \quad (6)$$

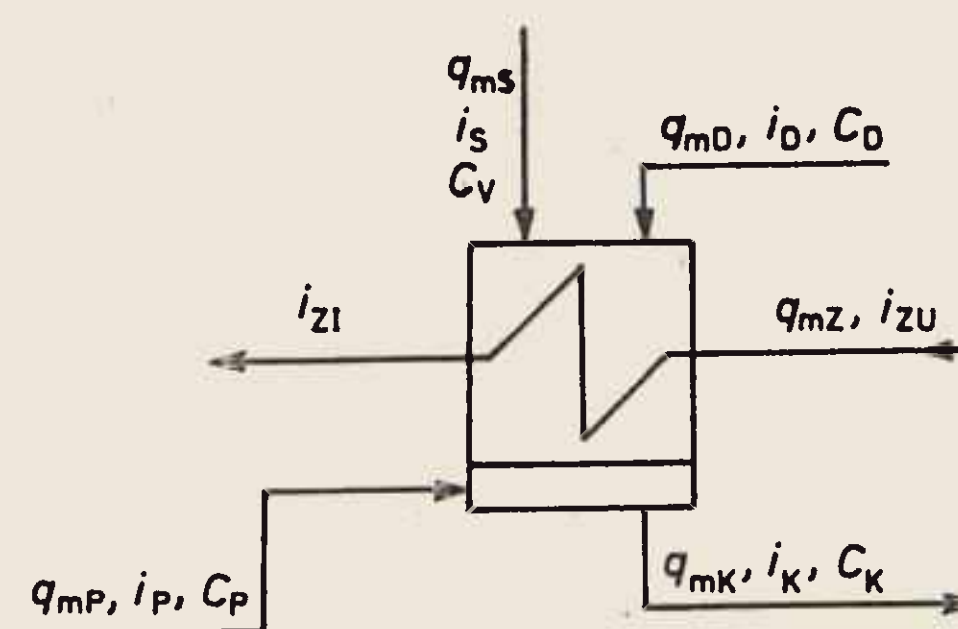
b) Na temelju količinske bilance

$$q_{mK} = q_{mS} + q_{mD} + q_{mP} \quad (7)$$

Za oduzetu vlažnu paru vrijedi:

$$q_{mS} = q_{mV} + q_{mO} \quad (8)$$

$$q_{mS} \cdot i_S = q_{mV} \cdot i' + q_{mO} \cdot i'' \quad (9)$$



q_m — maseni protok, kg/s
 i — entalpija, kJ/kg
 C — koncentracija (radioaktivnost) obilježivača, Bq/kg
 Z — napojna voda koja prolazi kroz zagrijač (ZI = izlazna, ZU = ulazna)
 P — povratni kondenzat iz sljedećeg zagrijača (kod kaskadnog sistema zagrijača)
 K — povratni kondenzat iz promatranog zagrijača
 S — vlažna para
 D — dodatni tokovi u zagrijač, kao što su kondenzati vanjskih separatora vlage ili kondenzati međuzagrijača.

Slika 2.

gdje je:

q_{mV} — količina vode u vlažnoj pari, kg/s
 q_{mO} — količina suhozasićene pare u vlažnoj pari, kg/s
 i' — entalpija vode u vlažnoj pari, kJ/kg
 i'' — entalpija suhozasićene pare u vlažnoj pari, kJ/kg.

U izrazima (6) i (7) poznate su sve veličine (mjerenjima ili utvrđene drugim bilancama) osim q_{mS} , i_S i q_{mK} . Budući da su to dvije jednadžbe s tri nepoznanice, potrebna je još jedna jednadžba koja će povezivati ove veličine, a dobivamo je primjenom mjerenja radioaktivnim obilježivačima.

Ako primijenimo metodu konstantnog ubrizgavanja na prije opisan način, dobit ćemo q_{mV} , što nam omogućava da primjenom jednadžbi od (6) do (9) izračunamo sve nepoznanice, tj.

$$q_{mS} = \frac{q_{mZ}(i_{ZI} - i_{ZU}) + q_{mV}(i'' - i') - q_{mP}(i_P - i_K) - q_{mD}(i_D - i_K)}{i'' - i_K} \quad (10)$$

$$i_S = \frac{(q_{mS} - q_{mV}) \cdot i'' + q_{mV} \cdot i'}{q_{mS}} \quad (11)$$

q_{mK} prema izrazu (7).

Ako se odlučimo za kondenzacionu metodu, potrebno je još dodatno mjeriti i koncentraciju obilježivača u povratnom kondenzatu (C_K) te tako na temelju bilance obilježivača oko zagrijača dobivamo potrebnu treću jednadžbu:

$$q_{mK} \cdot C_K = q_{mP} \cdot C_P + q_{mV} \cdot C_V + q_{mD} \cdot C_D, \quad (12)$$

odnosno kombinirajući s izrazima od (6) do (9) izvodimo izraze za nepoznate veličine:

$$q_{mS} = \frac{q_{mZ}(i_{ZI} - i_{ZU}) - q_{mP}(i_P - i_K - \frac{C_K - C_P}{C_V}(i'' - i')) - q_{mD}(i_D - i_K - \frac{C_K - C_D}{C_V}(i'' - i'))}{i'' - i_K - \frac{C_K}{C_V}(i'' - i')} \quad (13)$$

$$i_S = \frac{q_{mZ}(i_{ZI} - i_{ZU}) + q_{mK} \cdot i_K - q_{mP} \cdot i_P - q_{mD} \cdot i_D}{q_{mS}} \quad (14)$$

$$q_{mK} = \frac{q_{mZ}(i_{Z1} - i_{ZU}) + q_{mp}(i'' - i_p - \frac{C_p}{C_v}(i'' - i')) + q_{mD}(i'' - i_D - \frac{C_D}{C_v}(i'' - i'))}{i'' - i_K - \frac{C_p}{C_v}(i'' - i)} \quad (15)$$

Pošto smo vidjeli kojim se metodama možemo koristiti pri upotrebi radioaktivnih obilježivača, odnosno na koji način dolazimo na temelju izmjerenih koncentracija (radioaktivnosti) do željenih rezultata, reći ćemo nešto o samoj tehnici mjerenja. Kao što smo rekli u uvodu ovog poglavlja, upotreba radioaktivnih obilježivača zasniva se na njihovim posebnim karakteristikama koje su sljedeće:

- topljivost u vodi, a netopljivost u pari
- kemijska stabilnost u uvjetima koji vladaju u turbinskom ciklusu
- mogućnost kompletnog i homogenog miješanja s vodom na bilo kojem mjestu
- nehlapljivost
- da se ne vežu na površine unutar turbinskog ciklusa (neadsorbljivost)
- da na bilo koji način ne utječu na svojstva materijala s kojima dolaze u dodir
- kratko vrijeme poluraspada, kako bi se radioaktivno zagađenje turbinskog ciklusa eliminiralo prirodnim putem.

Obilježivač koji se u praksi najviše koristi a posjeduje sva navedena svojstva jest Na-24. Vrijeme poluraspada mu je 15 sati, a koristi se kao spoj Na_2CO_3 . Zbog tako kratkog vremena poluraspada potrebno je, prema zakonu radioaktivnog raspada, korigirati izmjerene radioaktivnosti na vrijeme uzimanja uzorka. Ovo je potrebno samo u slučajevima kad postoji razlika (> 15 min) u vremenu između uzimanja uzorka i mjerenja njegove radioaktivnosti.

Napomena: Da se podsjetimo, zakon radioaktivnog raspada glasi

$$N_t = N_0 \cdot e^{-0,693 \cdot t/t_{1/2}}$$

gdje je:

N_t = broj čestica prisutan u vremenu t (za naš slučaj t = vrijeme mjerenja radioaktivnosti)

N_0 = broj čestica prisutan u vremenu $t=0$ ($t=0$ vrijeme uzimanja uzorka)

$t_{1/2}$ = vrijeme poluraspada.

Budući da se Na-24 raspada uz emisiju γ zračenja, njegova radioaktivnost mjeri se obično dvjema vrstama detektora: poluvodičkim detektorima ili natrij-jod kristal detektorima [lit. 12, 13, 14, 15].

Pri upotrebi radioaktivnih obilježivača posebna pozornost obraća se mjestima uzimanja reprezentativnih uzoraka kapljevite faze jer o izboru mjesta bitno ovise i rezultati mjerenja. Osnovni su principi pri izboru mjesta da ona moraju biti tamo gdje je već postignuto potpuno miješanje medija i obilježivača (udaljenost mjesta ubrizgavanja obilježivača i mjesta uzimanja uzorka mora biti što je moguće veća) i tamo gdje se može očekivati veći udio kapljevite faze (npr. na vanjskoj strani koljena cijevi). Osim izbora mjesta uzimanja reprezentativnog uzorka kapljevite

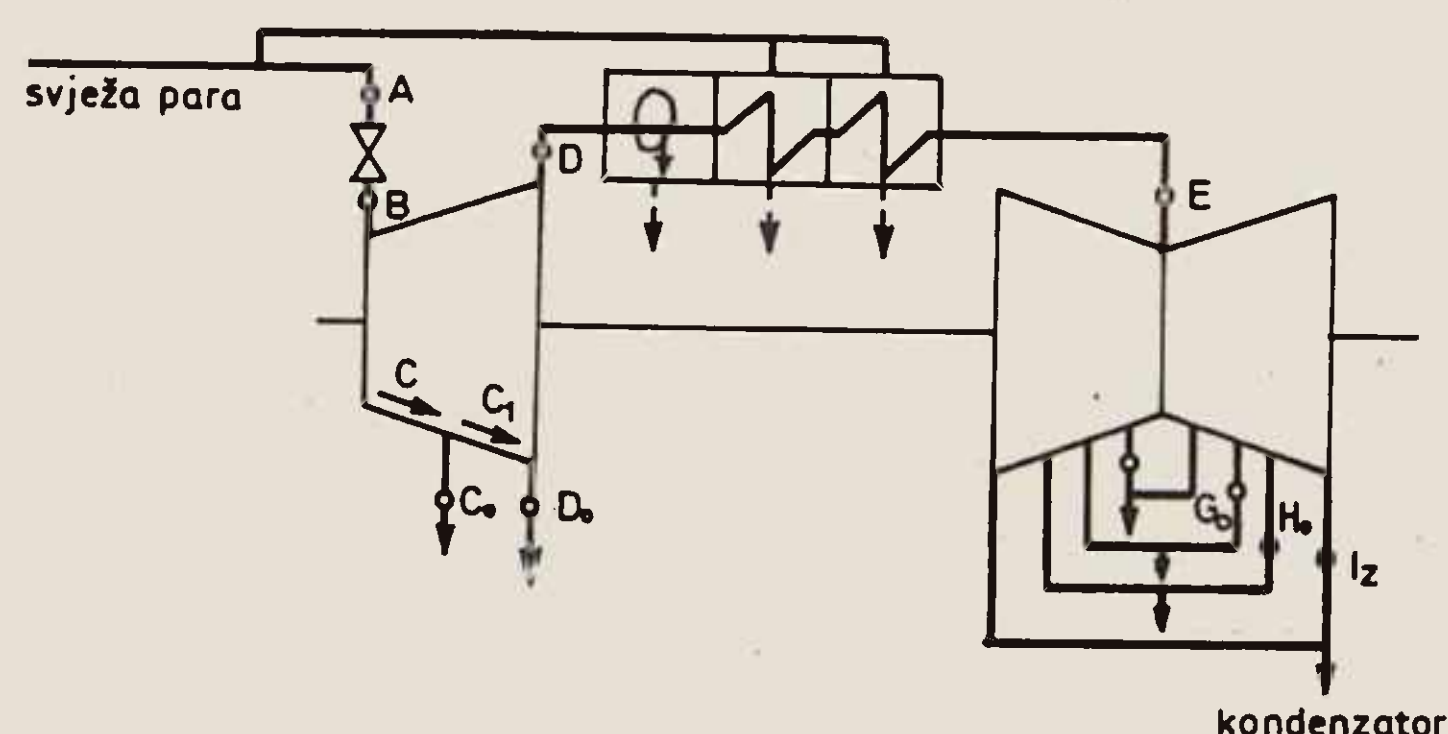
faze kod mjerenja važna je i brzina uzimanja uzorka, jer ako je ona prevelika, osim kapljevite faze počinje se odsisavati i para, čime se remete odnosi na kojima se sve zasniva (prodor pare koja kasnije kondenzira smanjuje koncentraciju obilježivača, što dovodi do krivih rezultata).

Ovim se završava općeniti prikaz mogućnosti i načina upotrebe radioaktivnih obilježivača u nuklearnim postrojenjima.

3. METODA KONSTRUKCIJE EKSPANZIONE LINIJE TURBINA S VLAŽNOM PAROM U NUKLEARNIM POSTROJENJIMA

Dakle, da bi se utvrdila ekspanziona linija neke turbine za nuklearno postrojenje koje proizvodi vlažnu paru, potrebno je poznavati termodinamičke parametre svježe pare, pare oduzimanja, stanje pare na ulazu i izlazu iz vanjskog separatora međuzagrijača, kao i sve pripadne količine. Zašto je sve to potrebno i koja su mjerenja nužna da bi se utvrdila ekspanziona linija, pokazat ćemo na općenitom primjeru ekspanzione linije turbine koja radi s vlažnom parom.

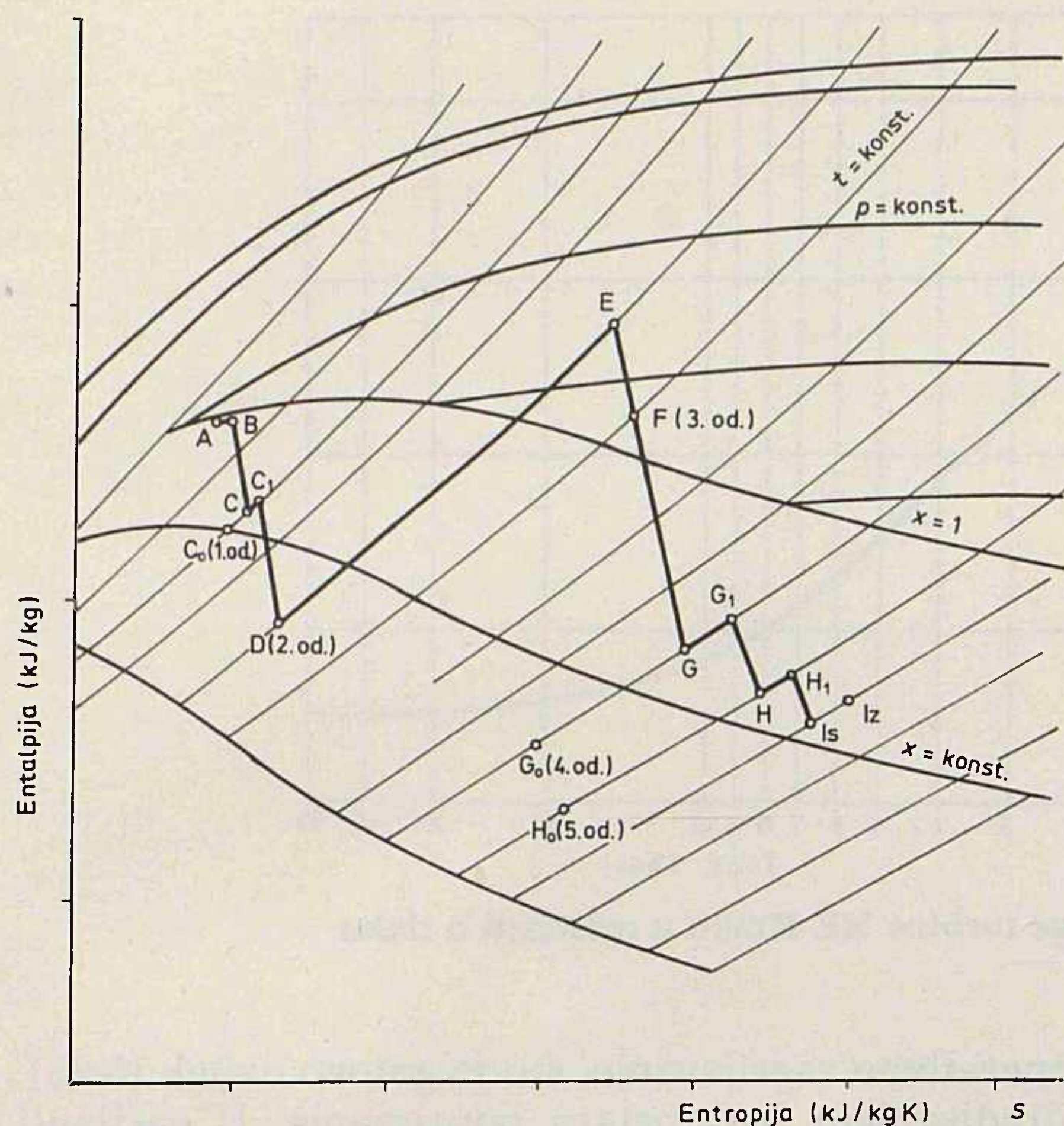
Općenita ekspanziona linija takvih turbina (izvedba s vanjskim separatorima vlage i međuzagrijačima između kućišta visokog i niskog tlaka, dva oduzimanja na visokom i na 3 na niskom tlaku sl. 3a) dana je na slici 3b sa svim potrebnim oznakama prema kojima ćemo provoditi daljnja razmatranja. U ovom primjeru zanemareni su zbog jednostavnosti tokovi manjeg značenja, kao što su tokovi brtvenih para itd.



Slika 3. a. Uobičajena izvedba turbine u nuklearnim elektranama (ovisno o snazi varira samo broj oduzimanja)

Prva točka u ekspanzionoj liniji jest točka A, i ona označava stanje svježe pare na ulazu u turbinu, tj. prije regulacionih ventila. Ovo stanje definira tlak ili temperatura i vlažnost pare. Vlažnost pare se na tom mjestu može mjeriti na 2 načina: upotrebom radioaktivnih obilježivača, kako je to detaljno opisano u poglavlju 2, ili upotrebom kalorimetra. Od ta dva načina treba preferirati prvi jer je kod drugog nužno pri mjerenju koristiti reprezentativan uzorak svježe pare, što je vrlo teško izvesti u zadovoljavajućoj mjeri.

Točka B ekspanzione linije označava stanje svježe pare iza regulacionih ventila (regulacija turbine s vlažnom parom je obično kombinirana), i njezino mjesto u odnosu na točku A (prigušenje u regulacionim ventilima) ovisi o opterećenju turbine, odnosno o položaju regulacionih ventila. Praćenjem položaja regulacionih ventila može se, prema podacima proizvođa-



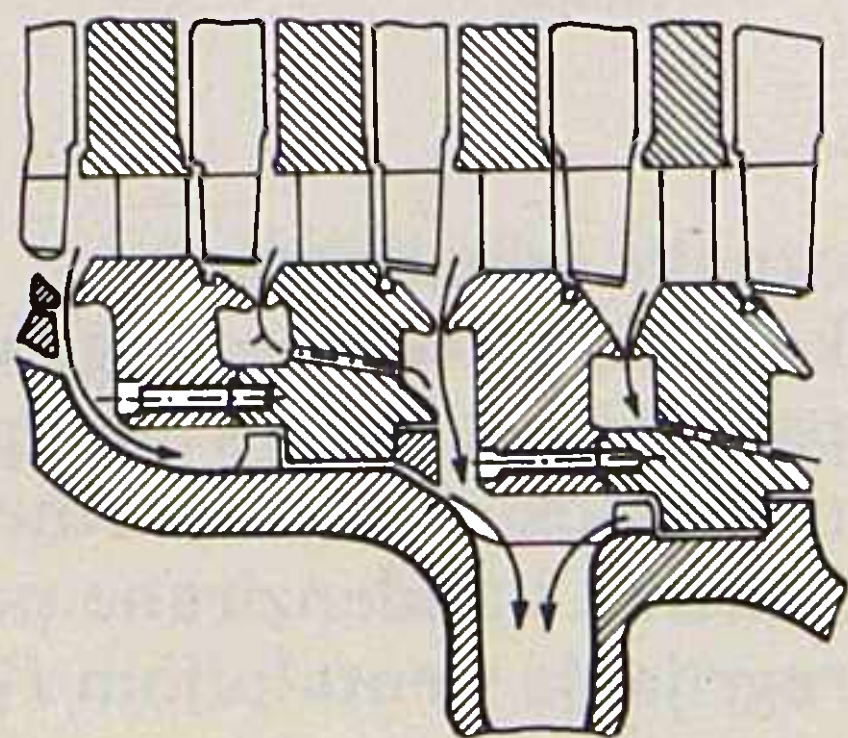
Slika 3. b. Prikaz općenite ekspanzione linije turbina s vlažnom parom

ča, odrediti pad tlaka u njima, tj. može se odrediti točka B. U slučaju pune otvorenosti ventila (npr. pri punoj snazi) točke A i B mogu se poklapati.

Točka C odgovara stanju pare na kraju ekspanzije u prvom dijelu kućišta visokog tlaka na ulazu u zonu s odvajanjima vlage. Odvajajući vlage, koje smo već spominjali a čija je uloga odvajanje kapljica iz toka pare, kod većine su proizvođača turbina posebno izvedeni utori na pojedinim staterskim stupnjevima, što skupljaju kapljice vode koje se većinom zbog svoje težine nalaze na obodu strujanja.

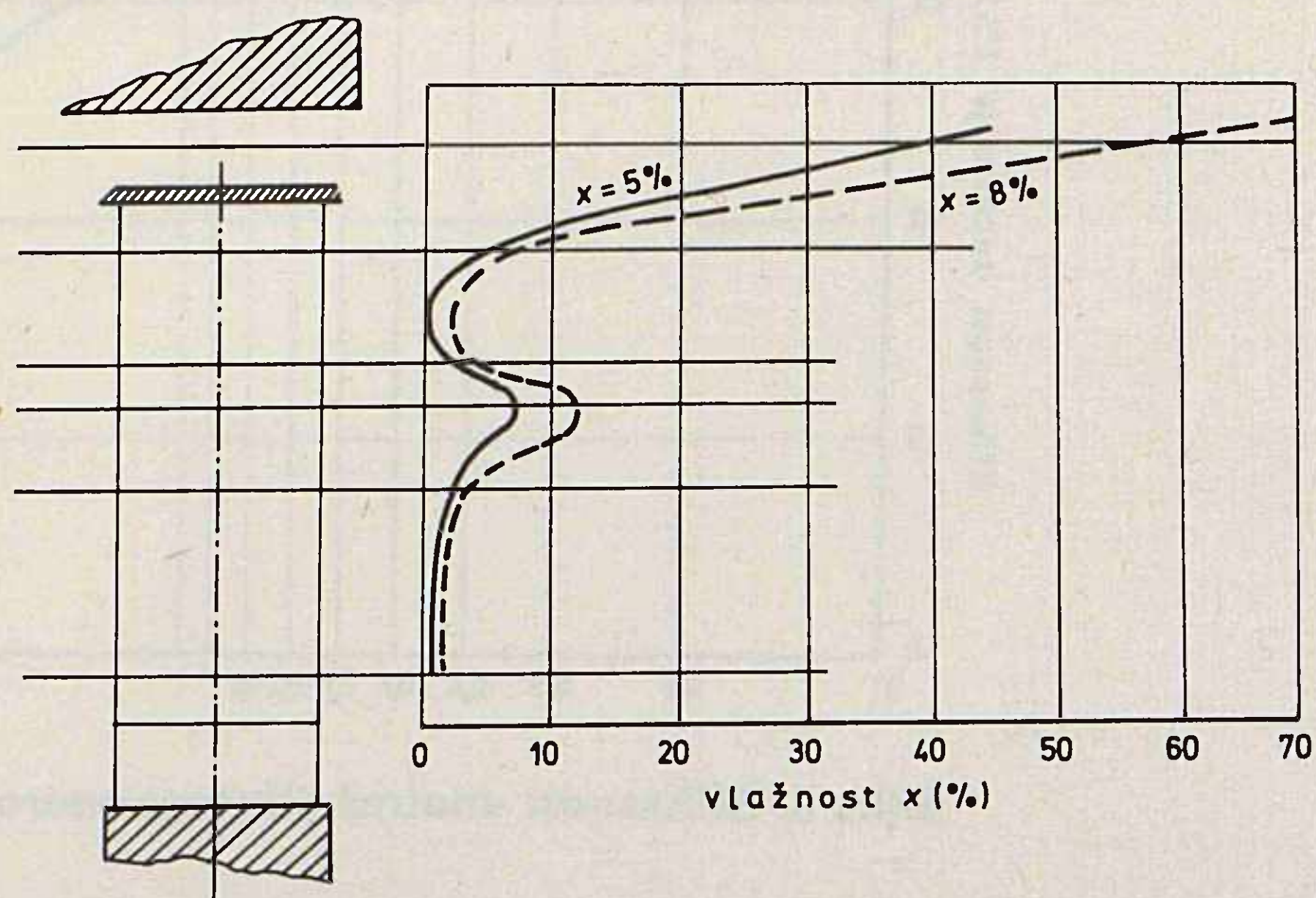
Na slici 4. prikazana je jedna izvedba takvih separatora vlage, a na slici 5. prikazan je kvalitativan raspored vlažnosti duž lopatice. Separatori vlage izvede se neposredno prije oduzimanja, jer voda koju oni odvoje (u engleskoj i američkoj literaturi ova voda se često naziva »slobodnom« vodom) odlazi u ta oduzimanja. Tako točka C₁ na ekspanzionoj liniji odgovara stanju glavnog toka pare nakon separatora vlage, odnosno nakon prvog oduzimanja, a točka C₀ stanju prvog oduzimanja u kojem je uključena i voda iz separatora vlage.

Mjerenjima možemo ustanoviti samo stanje točke C₀, kao i količinu oduzimanja. (Mjerenje količine oduzi-



Slika 4. Izvedba unutrašnjih separatora vlage u visokotlačnom dijelu turbine

manja i vlažnosti oduzimne pare može se zasnivati ili na mjerenju količina povratnih kondenzata zagrijača (problemi s metodama zasnovanim na prigušivanju) s pripadnim toplinskim i količinskim bilancama ili na upotrebi radioaktivnih obilježivača.)



Slika 5. Prikaz rasporeda vlažnosti po visini lopatice u niskotlačnom dijelu turbine za dvije različite vlažnosti (5% i 8%) utvrđene ekspanzionom linijom

Postavlja se sada pitanje kako na temelju parametara točke C₀ odrediti i položaj točaka C i C₁. Da bi se to moglo učiniti, potrebno je još poznavati efikasnost unutrašnjih separatora vlage koja ovisi o njihovoj izvedbi i tlaku vlažne pare u separacionom stupnju. (Efikasnost unutrašnjih separatora veća je kod nižih tlakova, jer je kod njih veća razlika gustoća parne i kapljevite faze, što ima za posljedicu manje otpore kretanju kapljevite faze kroz parnu. Na taj način više kapljica pri nižim tlakovima dolazi do unutrašnjih separatora.)

Veličine efikasnosti separatora vlage jedne turbine pogodno je uzeti kao referentne jer se one u toku vremena praktički ne mijenjaju, za razliku od unutrašnjih stupnjeva djelovanja pojedinih stupnjeva turbine čije veličine ovise o nizu vremenski promjenljivih parametara, kao što su zaprljanje i erozija lopatica.

Efikasnost separatora vlage se definira kao:

$$e_s = \frac{\text{količina vode koja se odvoji u separacionom stupnju}}{\text{ukupna količina kapljevite faze koja uđe u separacioni stupanj}} \quad (16)$$

Na slici 6. prikazana je ovisnost efikasnosti separatora vlage o tlaku za Westinghouseovu turbinu koja se nalazi u NEK*. Parametri točaka C i C₁ izračunavaju se pomoću poznatih veličina na ovaj način:

Polazne jednadžbe:

$$q_{mC} = q_{mC1} + q_{mCO} = q_{mSP} \quad (17)$$

$$q_{mC} \cdot i_C = q_{mC1} \cdot i_{C1} + q_{mCO} \cdot i_{CO} \quad (18)$$

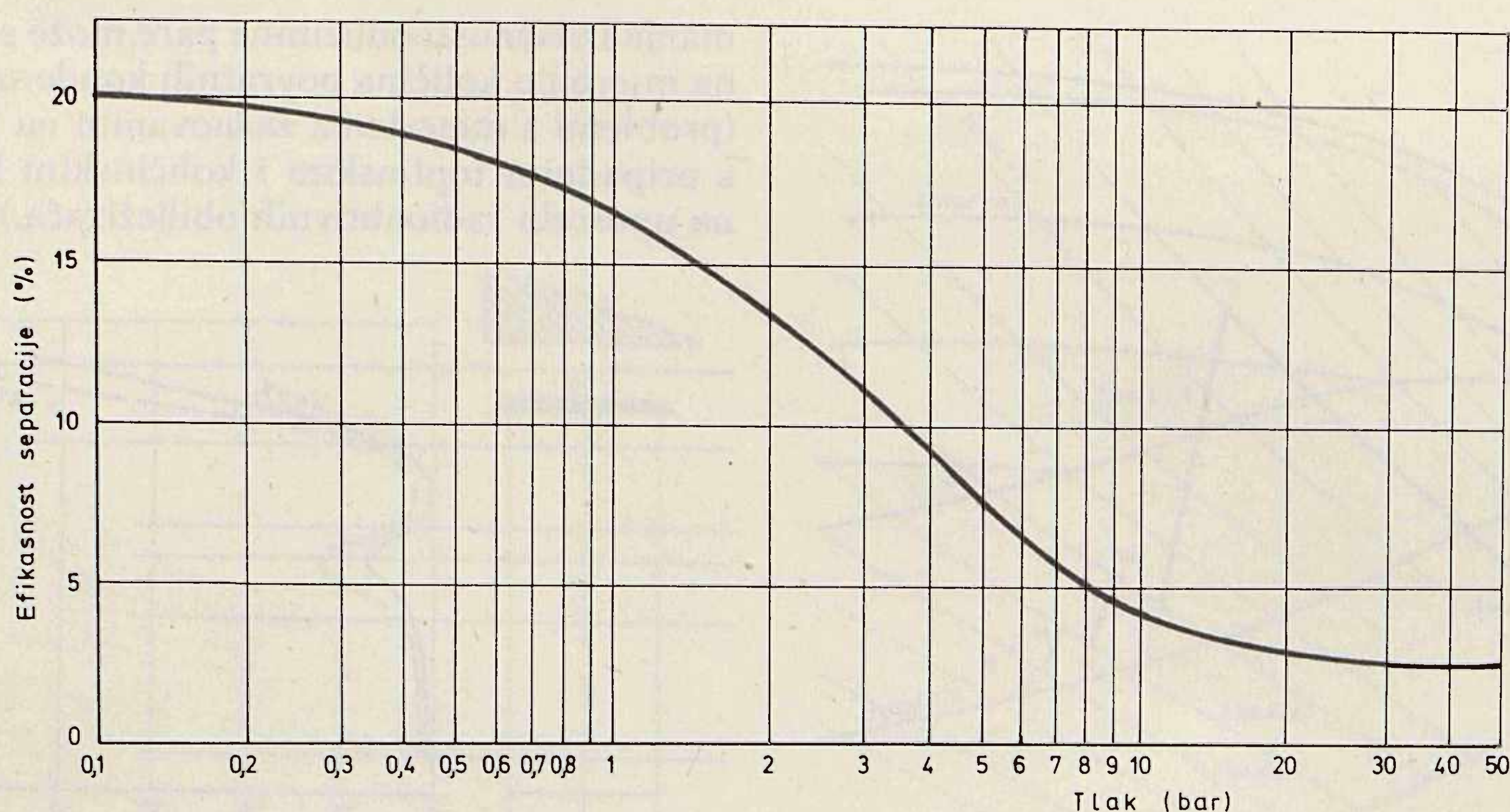
$$q_{mCO} = q_{mSV} + q_{mOD} \quad (19)$$

$$x_{OD} = x_{C1}, i_{C1} = i_{OD} \quad (20)$$

$$x_C \cdot q_{mC} = q_{mSV} + x_{C1}(q_{mC} - q_{mSV}) \quad (21)$$

$$q_{mCO} \cdot i_{CO} = q_{mSV} \cdot i' + q_{mOD} \cdot i_{C1} \quad (22)$$

* NEK — Nuklearna elektrana Krško



Slika 6. Efikasnost unutrašnjih separatora vlage turbine NE Krško u ovisnosti o tlaku

$$e_{s1} = \frac{q_{mSV}}{x_C \cdot q_{mC}} \quad (23)$$

$$i_{C1} = i' + (1 - x_{C1})(i'' - i') \quad (24)$$

$$i_C = i' + (1 - x_C)(i'' - i'), \quad (25)$$

gdje je:

q_m = količina, kg/s

i = entalpija, kJ/kg

x = udio vlage, kg/kg

e_{s1} = efikasnost unutrašnjeg separatora vlage prije prvog oduzimanja, kg/kg

i' = entalpije vode na liniji zasićenja za tlak prvog oduzimanja, kJ/kg

i'' = entalpija pare na liniji zasićenja, kJ/kg

SV = voda izdvojena u separatoru vlage

OD = vlažna para nakon separatora pare koja odlazi u prvo oduzimanje prije nego što se s njom pomiješa odvojena voda iz separatora (vidi primjer izvedbe unutrašnjih separatora vlage na slici. 4)

SP = svježa para ulaz u turbinu

Ostale oznake su prema slici 3. a, b.

Nepoznate veličine izvode se iz (17):

$$q_{mC1} = q_{mSP} - q_{mCO}. \quad (26)$$

Kombinacijom ostalih izraza slijedi izraz

$$\frac{q_{mSV}(1 - e_{s1}) - e_{s1}(q_{mSV} - q_{mSV}') \cdot q_{mCO}(i'' - i_{CO}) - q_{mSV}(i'' - i)}{(i'' - i')(q_{mCO} - q_{mSV})} = 0. \quad (27)$$

Na žalost, nepoznanica q_{mSV} nije u izrazu (27) eksplicitno izražena, već je, da bi se riješila ova jednadžba, potrebno primijeniti iterativni postupak. No, kada se dobije vrijednost q_{mSV} , lako se trivijalnim uvrštavanjem dobiju sve ostale nepoznanice, tj. parametri točaka C i C₁. Sljedeća točka na ekspanzionoj liniji jest točka D, koja predstavlja stanje vlažne pare na izlazu iz visokotlačnog kućišta turbine. Njezini parametri mogu se lako odrediti ako se dio te pare koristi za re-

generativno zagrijavanje, što je gotovo uvijek slučaj, određivanjem parametara oduzimanja. U varijanti kada cijelokupna para iz visokog tlaka odlazi u vanjske separatore stanje točke D određuje se na temelju toplinske i količinske bilance vanjskih separatora vlage, odnosno sklopa separatori vlage — međupregrijači. Stanje vlažne pare u točkama E (ulaz u niskotlačni dio turbine) i F (oduzimanje), pošto su u pregrijanom području, može se odrediti samo mjerenjem tlakova i temperatura. Pri određivanju točaka ekspanzione linije G, G₁, H, H₁ primjenjuje se ista logika proračuna koju smo već opisali pri određivanju parametara vlažne pare u točkama C i C₁. Tako smo došli do zadnje točke ekspanzione linije, točke IZ. Njezini parametri određuje se na temelju količinske i energetske bilance turbine i mjerenja tlaka u kondenzatoru. Energetska bilansa iz koje se određuje entalpija pare na ulazu u kondenzator za naš općenit slučaj (slika 3) jest sljedeća:

$$q_{mSP} \cdot i_A - (q_{mI} \cdot i_{CO} + q_{mII} \cdot i_D + q_{mSE} \cdot i'_S + q_{mMP} \cdot i'_{MP} + q_{mIII} \cdot i_F + q_{mIV} \cdot i_{GO} + q_{mV} \cdot i_{HO} + q_{mIZ} \cdot i_{IZ}) = E_G / \eta_G + E_{MEH}. \quad (28)$$

Entalpija pare na izlazu iz zadnjeg stupnja turbine:

$$i_{IZ} = \frac{q_{mSP} \cdot i_A - (q_{mI} \cdot i_{CO} + q_{mII} \cdot i_D + q_{mSE} \cdot i'_S + q_{mMP} \cdot i'_{MP} + q_{mIII} \cdot i_F + q_{mIV} \cdot i_{GO} + q_{mV} \cdot i_{HO}) - E_G / \eta_G - E_{MEH}}{q_{mIZ}}, \quad (29)$$

gdje je:

I — V = oznake oduzimanja

q_{mSE} = količina odvojene vlage u vanjskim separatorima vlage s entalpijom i'_S , kg/s

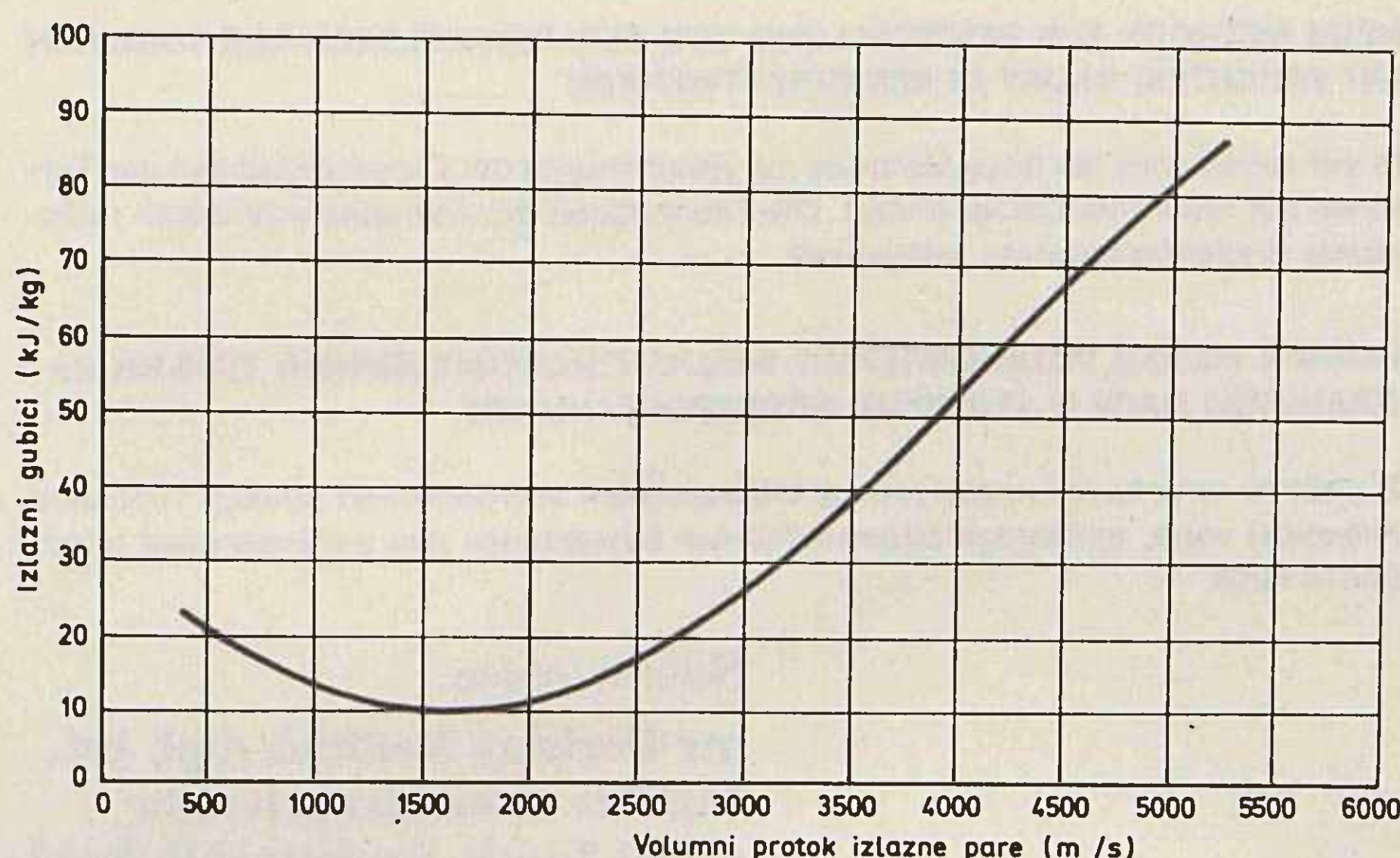
E_{MEH} = mehanički gubici turbine, kJ/s

q_{mMP} = količina kondenzirane pare za međupregrijanje s entalpijom i'_{MP} , kg/s

E_G = energija proizvedena na stezaljkama generatora

η_G = stupanj djelovanja generatora.

Točka IZ, međutim, nije i stvarna točka završetka ekspanzione linije, jer je u njoj uključen i tzv. izlazni gubitak. Izlazni gubitak je gubitak zbog brzine pare na izlazu iz zadnjeg stupnja turbine (kinetička energija izlazne pare se u izlaznim turbulentnim strujanjima pretvara natrag u toplinu i povisuje entalpiju pare). Budući da izlazni gubici ovise prvenstveno o brzini, onda uz konstantni izlazni presjek ovise u stvari o volumnom protoku pare kroz zadnji stupanj turbine.



Slika 7. Ovisnost izlaznih gubitaka turbine NE Krško o volumnom protoku izlazne pare

Na slici 7. prikazana je, primjera radi, ovisnost izlaznog gubitka o volumnom protoku pare kroz zadnji stupanj turbine NEK. Uz poznavanje te ovisnosti lako se utvrde izlazni gubici odnosno stvarna krajnja točka ekspanzione linije IS.

Ovime smo završili opis konstrukcije ekspanzionih linija turbina s vlažnom parom koje nam daju mnoštvo informacija o strujanjima u turbini i stanju turbinskog lopatičja u pojedinim dijelovima turbine. Pri uspoređivanju ekspanzionih linija potrebno je voditi brigu o tome da su utvrđene u jednakim uvjetima, od kojih su najvažniji:

- položaj regulacionih ventila (ista snaga turbine)
- tlak (temperatura) svježeg pare
- vlažnost svježeg pare
- tlak u kondenzatoru
- efikasnost rada vanjskih separatora i međuzagrijavača
- rad regenerativnog sistema.

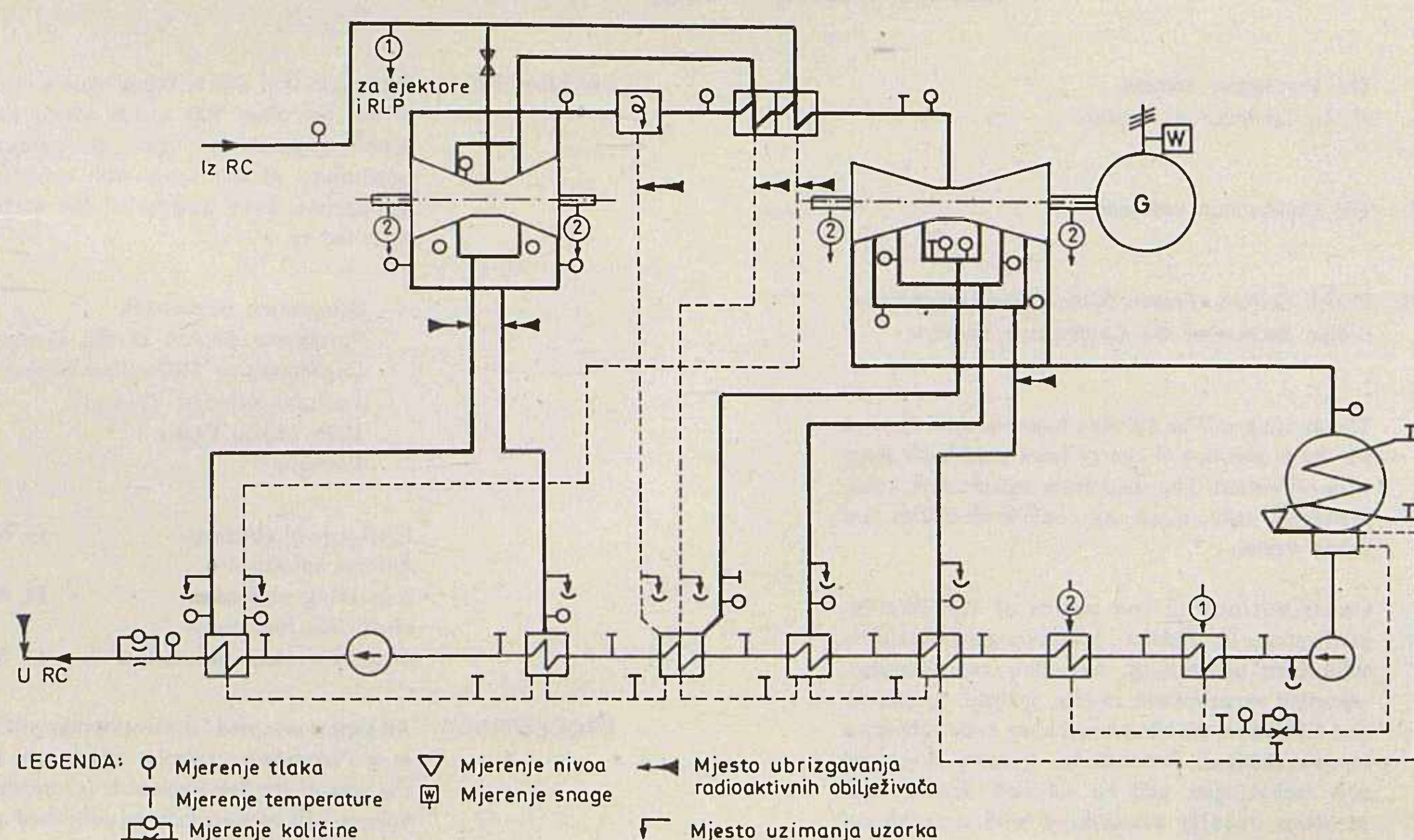
Na slici 8. prikazana je općenita shema turbinskog ciklusa jedne nuklearne elektrane sa svim potrebnim mjerenjima na temelju kojih se može utvrditi ekspanziona linija turbine. Za određivanje vlažnosti pare oduzimanja primijenjena je metoda konstantnog ubrizgavanja radioaktivnih obilježivača jer je ona u praksi dala (mjerena u SAD) najtočnije rezultate.

4. ZAKLJUČAK

U ovom radu definirana je nova metoda konstrukcije ekspanzionih krivulja turbina s vlažnom parom kakve se nalaze u nuklearnim energetske postrojenjima. Upotrebom opisane metode uz odgovarajuća mjerenja moguće je konstruirati ekspanzione krivulje turbine s vlažnom parom u različitim uvjetima te na temelju njihova izgleda donijeti niz zaključaka o procesu ekspanzije pare u turbini, a time i o stanju turbinskog lopatičja. Na temelju dobivenih zaključaka mogu se poduzeti odgovarajuće akcije održavanja ili izabrati povoljniji režimi rada.

LITERATURA

- [1] B. NADINIĆ: »Utvrđivanje energetske karakteristika nuklearnih elektrana PWR tipa«, Magistarski rad na FSB, 1985.
- [2] ASME PTC 6 — 1976: Steam turbines, New York, 1976.
- [3] ASME PTC 6 — 1968: Appendix A To Test Code for Steam Turbines, New York, 1968.
- [4] ASME PTC 6 S Report 1973: Simplified Procedures for Routine Performance Tests of Steam Turbines, New York, 1973.



Slika 8. Općenita shema mjerenja u turbinskom ciklusu

- [5] DIN 1943 Blatt 1: Wärmetechnische Abahmeversuche and Dampfturbinen, VDI — Verlag, Düsseldorf, Mart 1973
- [6] ASME PTC 6. 1 — 1972: Interim Test Code for Steam Turbines Operating Predominantly within the Moisture Region with Nuclear Steam Supply, New York, 1972.
- [7] B. M. TROJANOVSKIJ: »Turbini dlja atomnih elektrostancij«, Vtoroe izdanje Energija, Moskva, 1978.
- [8] M. J. MOORE, C. H. SJEVERDING: »Two Phase Steam Flow in Turbines and Separators«, Mc Graw Hill, London 1976.
- [9] J. F. KOSJAK: »Paroturbine ustanovki atomnih elektrostancij«, Energija, Moskva, 1978.
- [10] ASME PTC 19. 5; 4 — 1959: Flow Measurement, New York, 1959.
- [11] M. BREZINŠČAK: »Mjerenje i računanje u tehnici i znanosti«, Tehnička knjiga, Zagreb, 1971.
- [12] ASTM D-2459-72: Gamma Spectrometry of Water, New York, 1972.
- [13] VDI 2043: Messung der Damfnässe, VDI — Verlag, Düsseldorf. 1979.
- [14] K. C. COTTON, P. SCHOPFIELD, W. G. HERZAY ASME Steam Turbine Code, Test Using Radioactive Tracers, ASME publication Paper No. 72-WA/PTC-1, New York, 1973.
- [15] F. S. MORRIS, R. S. GILBERT, K. C. COTTON: »Radioactive Tracer Techniques for Testing Steam Turbine in Nuclear Power Plants«, Paper No. 69-WA/PTC-3, New York, 1970.
- [16] O. S. ORTEGA, J. H. GOODELL, N. R. DEMING: »Engineering a Saturated Steam Turbine Performance test for the 450 MW San Onofre Nuclear Generaion Station«, ASME publication, New York, 1967.

A NEW METHOD FOR DETERMINATION OF EXPANSION CURVES IN TURBINES WITH WET STEAM IN NPP

In the article is presented a new method for determination of expansion curves in turbines with wet steam, that is based on moisture determination by use of radioactive tracers.

NEUE METHODE ZUR FESTSTELLUNG VON EXPANSIONSLINIEN DER TURBINEN MIT FEUCHTEM DAMPF IN KERNKRAFTWERKEN

In der Arbeit wird die neue Methode zur Bestimmung der Expansionslinien der Turbinen mit feuchtem Dampf erklärt. Die Feuchtigkeit des Dampfes wird durch radioaktive Registrierapparate festgestellt.

НОВЫЙ МЕТОД УСТАНОВЛЕНИЯ ЭКСПАНЗИОННЫХ ЛИНИЙ ТУРБИН НА ВЛАЖНОМ ПАРЕ В АТОМНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯХ

В работе излагается новый метод определения экспансионных кривых турбин на влажном паре, используя радиоактивные разметчики для установления влажности пара.

Naslov pisca:

mr Berislav Nadinić, dipl. inž.
Institut za elektroprivredu
41000 Zagrb, Proleterskih b. 37
Jugoslavija

Uredništvo primilo rukopis
1986-01-13



INTERNATIONAL SPECIALISTS' MEETING ON SOLID FUEL UTILISATION

Lisbon, Portugal, July, 6-9, 1987

ORGANIZED BY: The Portuguese Section
of the Combustion Institute

RECOGNIZED BY: The Combustion Institute

COLLABORATION: British Section, French Section, German Section,
Italian Section of the Combustion Institute

PURPOSE: The meeting will be mainly concerned with systems
for the production of energy from solid fuels along
with utilisation. The solid fuels include coal, coke,
petroleum coke, wood, agricultural wastes and
urban wastes.

Contributions to the topics of combustion,
gasification, liquefaction, pollution generated from
solid fuels utilisation, handling and transport,
reporting experimental results, systems developed,
and elaborated models are welcome to be submitted
for presentation. Particularly, recently developed
new technologies will be solicited dealing with
problems usually associated with conventional
systems.

ABSTRACTS: Paper selection will be based upon a reviewed abstracts
of not less than 500 words which should be typed
double spaced and state the purpose, results and
conclusions of the work with supporting figures as
appropriate. Five copies of the abstract should be
submitted to

Symposium Secretariat
Portuguese Section of the Combustion Institute
Department of Mechanical Engineering
Instituto Superior Técnico
1096 Lisboa Codex
Portugal

Final date of abstracts	16 November 1986
Authors informed	
concerning acceptance	24 February 1987
Final date for receipt	
of camera-ready manuscripts	11 May 1987

PROCEEDINGS: All papers accepted for presentation will be incorporated
in a Proceedings Volume which will be available at
the time of the Symposium. It is intended that a bound
volume will subsequently be published and will contain
a selection of extended papers.

PRAKTIČNE GRANICE AUTOMATIKE U TERMoeLEKTRANAMA

Florijan Rajić, Zagreb

UDK 621.311.22:65.011.56

STRUČNI RAD

U radu se iznose teoretski i praktični problemi i kriteriji za optimiranje idejnih rješenja, projektiranja, gradnje, puštanja u pogon, pogona i pogonskih režima, te optimiranja djelovanja i održavanja automatike, odnosno uređaja i sistema procesnih mjerenja, upravljanja, automatskih reguliranja i signalnih i zaštitnih uređaja i sistema. Opisuje se postojeće stanje i problemi povećavanja pouzdanosti i raspoloživosti elemenata, uređaja i sistema, specifičnosti rada održavalaca — automatičara, poteškoće u optimiranju intenziteta održavanja, optimiranja zalihe rezervnih dijelova i drugi praktični problemi i ograničenja optimalnog automatiziranja termoelektrana.

Upućuje se na pravce istraživanja i mogućnosti racionaliziranja projektiranja, gradnje, eksploatacije i održavanja opreme automatike i računske tehnike u termoelektranama.

Ključne riječi: termoelektrane, granice automatike.

UVOD

Postojeći oblici određivanja smještaja, proizvodnih kapaciteta, optimalnog korištenja i transporta goriva, optimalnog korištenja otpadne topline, načina proizvodnje, transformacije i prijenosa električne energije i načina zaštite okoline, te ukupnog optimiranja rada termoelektrana zahtijevaju temeljite analize i poboljšanja. To je potrebno radi optimiranja gradnje, racionalnog korištenja golemih količina energenata, osiguravanja pouzdanog i dugotrajnog pogona i raspoloživosti te što manjih troškova održavanja postrojenja.

U tu svrhu treba se koristiti svim najsuvremenijim metodama projektiranja i gradnje termoelektrana. Sva optimiranja moraju početi od razvoja ideje, idejnog rješenja ili idejnog projekta, a moraju se provoditi i u svim fazama razrada i projektiranja cjelokupne procesne opreme, elektroopreme i automatike termoelektrana.

1. OGRANIČENJA OPTIMALNOG AUTOMATIZIRANJA TERMoeLEKTRANA

Dosadašnje, standardne metode projektiranja termoelektrana nisu dovoljno efikasne. Suvremene metode moraju sadržavati postupke modeliranja, simuliranja i objektivnog verificiranja njihovih rezultata i ulaznih podataka. Te metode zahtijevaju i široku primjenu računala.

Projekti razrađeni na temeljima optimalne koncepcije i logike vođenja procesa i postrojenja te njihova optimalnog pogona i održavanja daju sve osnovne tehnološke i tehničke podatke o tipovima i kapacitetima pojedinih jedinica i dijelova postrojenja, njihovim međusobnim vezama, te zajedničkim i vlastitim načinima djelovanja i vođenja. Samo na temeljima takvih projekata mogu se optimalno graditi i eksploatirati termoenergetska postrojenja.

Svaki, pa i najmanji promašaj ili nedostatak u projektiranju procesnih dijelova opreme utječe na točnost ulaznih podataka, na temelju kojih se izrađuju projekti mjerenja i automatike. To nameće mnoga ograničenja u optimiranju djelovanja sistema mjerenja i automatskog upravljanja.

Da bi se svi ovi složeni zadaci ispunili, postrojenja termoelektrana treba promatrati sveobuhvatno i sistemski.

Fizičko-matematičko i logičko modeliranje procesa i postrojenja mora svestrano obuhvatiti procese izgaranja, isparavanja, pretvorbe energije pare u mehaničku energiju na turbini i njezinu pretvorbu u električnu energiju na generatoru.

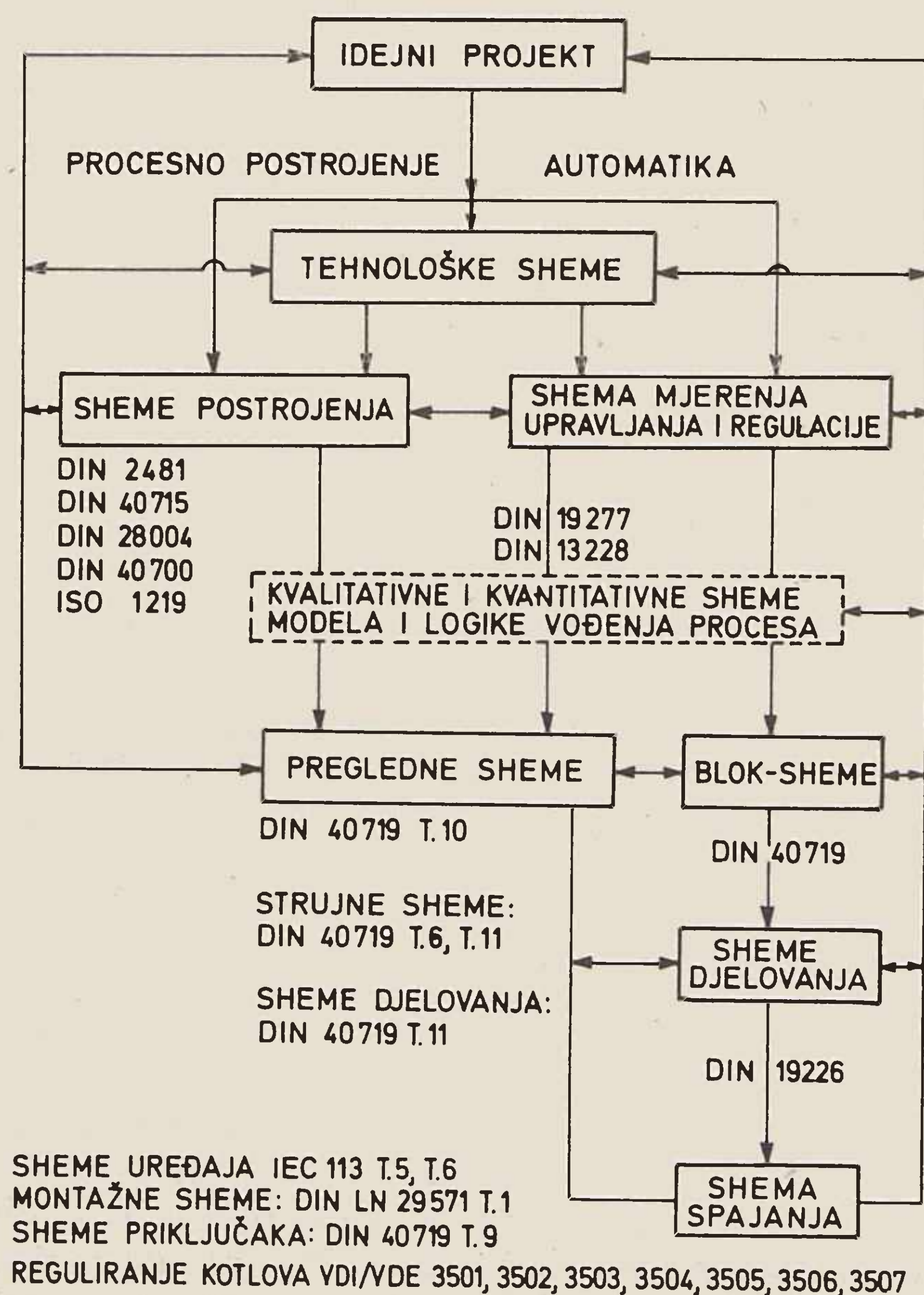
1.1.1. *Ograničenja u projektiranju opreme i procesnih postrojenja*

Jedan od najvažnijih projekata za gradnju termoelektrana jest projekt strojarskog postrojenja i opreme. Strojarski projekti mogu se izvoditi optimalno samo na temelju optimalno definiranih tehnoloških operacija i procesa. Stoga se kao neizostavljiva podloga strojarskih projekata moraju izrađivati i koristiti tehnološki projekti izvedeni uz maksimalnu primjenu logike vođenja procesa.

Tehnološki logično koncipirana i strojarski optimalno projektirana postrojenja nije teško svrsishodno i optimalno automatizirati, a loše tehnološki ili strojarski koncipirana postrojenja vrlo često je i nemoguće automatizirati.

Poteškoće u izradi strojarskih projekata, a kasnije i projekta automatike nastaju najčešće zbog nepotpunih i netočnih tehničko-tehnoloških podataka o procesno-strojarskim dijelovima postrojenja termoelektrana.

Slika 1. prikazuje pregled jednog načina optimalnog projektiranja automatike procesnih postrojenja, od-



Slika 1.

nosno termoelektrana prema zapadnonjemačkim standardima, propisima i preporukama.

Vrlo često se događa da se pri projektiranju postrojenja ne provode svi propisani postupci i radovi. Tako nastaju neoptimalnosti postrojenja koje su najčešće posljedice dvaju osnovnih uzroka:

- »točnog« projektiranja dijelova i jedinica postrojenja na temelju pogrešnih ulaznih podataka. Primjeri takvih uzroka su mnogobrojni (loš stupanj djelovanja, smanjena maksimalna snaga i dr. zbog lošeg raspoloživog sastava goriva, vode itd.).
- netočnog projektiranja dijelova i jedinica postrojenja na temelju točnih ulaznih podataka. Rezultati ovakvog projektiranja su također vrlo brojni, a njihove posljedice su manje ili više štetne za ukupan rad postrojenja. Tako se događa da su pojedini dijelovi postrojenja predimenzionirani (npr. zbog odabiranja prevelikih koeficijenata sigurnosti) ili poddimenzionirani, nelogično i neprikladno smješteni itd.

U oba je ova slučaja projektantima automatike onemogućeno optimalno određivanje tehničkih svojstava uređaja i sistema mjerenja i automatskog upravljanja.

Otkrivanje nedostataka na postrojenjima i njihovih uzroka počinje obično u probnom pogonu ili u toku eksploatacije postrojenja. Ako je moguće, ove pogreške i nedostaci ispravljaju se i uklanjaju, a nerijetko toleriraju do kraja životnog vijeka postrojenja. Rješavanje ovih problema s naknadnim rekonstruk-

cijama, dogradnjama i doradama veoma je težak i skup posao.

1.1.2. Kriteriji za optimiranje i procjenu granica primjene automatike

Svako optimiranje automatike i procjene njezinih praktičnih granica, svrsishodnosti i iskorištenosti trebalo bi se izvoditi na temelju sljedećih kriterija:

1. **Ekonomičnost, rentabilnost i produktivnost automatike**
Svako ulaganje u automatiku mora se ekonomski razmotriti i opravdati sa stajališta poboljšanja produktivnosti, ušteda energije i materije, optimalnog vremena povrata uložених sredstava itd.
2. **Ergonomičnost**
Pokazni i upravljački elementi automatike predstavljaju sučelje (interface) rukovaoca i postrojenja, pa moraju biti maksimalno prilagođeni psihofizičkim osobinama i mogućnostima čovjeka. Ergonomičnost automatike pretpostavlja i tehnološku logičnost primjene automatike (preglednost, dostupnost, logički dizajn, logički raspored itd.).
3. **Integralnost**
Mora se postići maksimalna integralnost procesa, procesnih postrojenja i automatike, te prilagođenost uređaja i sistema automatike na sve pogonske uvjete i uvjete koje nameće okolina (S-zaštita, IP-zaštita, zaštita od utjecaja vibracija, udara itd.).
4. **Kompatibilnost**
Uređaji i sistemi automatike moraju biti kompatibilni informacijski (standardni signali, standardne interkonekcije itd.), energetske (naponi napajanja, napajanja pomoćnim energijama itd.) i materijalno (upotreba pomoćnih materijala, kemikalija itd.).
5. **Modularnost**
Suvremeni uređaji i sistemi automatike trebaju biti modularni zbog osiguranja mogućnosti proširenja, dogradnje, povećanje broja funkcija itd.
6. **Prilagodljivost**
U uređajima i sistemima automatike moraju se osigurati mogućnosti promjene područja, karakteristika mjerenja i automatskog upravljanja, promjena parametarskih vrijednosti, promjena područja i vrijednosti signaliziranja i zaštite, optimiranje granica djelovanja itd.
7. **Pouzdanost**
Uređaji i sistemi automatike su profesionalni i moraju djelovati neprekidno s visokom pouzdanošću. Pouzdanost uređaja i sistema treba povećavati s pouzdanošću komponenata, paralelnim sklopovima, uređajima i sistemima (redundacija). Pouzdanost se mora povećavati i osiguranjem normalnih uvjeta rada, zaštitom od vanjskih smetnji, smještajem u sigurnije prostore itd.

8. Raspoloživost

Povećanje raspoloživosti uređaja i sistema automatike postiže se svim mjerama koje smanjuju vrijeme zastoja. Te mjere moraju osigurati brzu dijagnostiku (samodijagnostiku) kvarova jedinica i uređaja, te njihovu brzu zamjenu, ugađanje i puštanje u pogon.

9. Tehnologičnost

Konstrukcije elemenata, uređaja i sistema automatike moraju biti tehnologične. Time se osigurava brza i jednostavna montaža, demontaža i spajanje, dostupnost i zamjena dijelova, jednostavno ugađanje i priprema za ugradnju.

10. Dokumentiranost

Tehnička i tehnološka dokumentacija elemenata, uređaja i sistema automatike mora biti temeljito i sveobuhvatno razrađena, usklađena s cjelokupnom dokumentacijom postrojenja, te nostrificirana i prevedena na jezik korisnika. Dokumentacija za automatiku mora sadržavati tehnološke sheme, sheme mjerenja, upravljanja i reguliranja, blok-sheme djelovanja, montažne sheme, tehnološke opise shema djelovanja, upute za ugađanje i održavanje, specifikacije ugrađenih dijelova i rezervnih dijelova (minimalne i maksimalne zalihe).

Uzroci mnogih kasnijih dorada i troškova pri gradnji i održavanju termoelektrana posljedica su nepridržavanja tih kriterija.

1.1.3. Posljedice neoptimalnog projektiranja strojarske opreme termoelektrana

Primjera za potkrepu nastajanja posljedica od spomenutih uzroka ima mnogo, a u nas ih je vjerojatno nešto više nego u razvijenijim zemljama svijeta. Za ilustraciju može poslužiti tablica 1, izrađena na temelju statističkih praćenja dorada glavnih dijelova postrojenja u termoelektranama i empirijskih praćenja »odgovarajućih« dorada uređaja i sistema automatike [lit. 1, 2, 3, 15].

Tablica 1. Statistički pregled postotka dorada termoelektranih postrojenja

R/b	Naziv dijela postrojenja	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k
1.	Parogenerator	3,9	14,7	16,7	7,0	34,3	2,3	2,7	8,5	1,2	2,4	6,5
2.	Parna turbina	4,2	10,4	17,7	4,3	16,6	4,4	3,8	25,3	4,1	5,3	3,9
3.	Automatika											
	—općenito	3,3	9,2	7,5	13,5	30,5	14,5	2,3	1,5	3,3	2,2	1,3

Ovi će podaci biti samo ukratko opisani i navedeni njihovi osnovni uzroci.

U tablici su navedeni »normalni«, približno »dobri« i uobičajeni, procentualni iznosi troškova popravaka i dorada uzrokovani neadekvatnim podacima i postupcima projektiranja, izrade, montaže i eksploatacije parogeneratora, parnih turbina i sistema automatike općenito.

Mora se naglasiti da u nas, a i u svijetu, nema dovoljno sistematskih, statističkih, praćenja kvarova i troš-

kova održavanja automatike i da su u tabeli navedeni podaci dobiveni na temelju procjena pouzdanosti elemenata, i pogonskih praćenja održavanja uređaja i sistema automatike.

Naznačeni procentualni iznosi troškova nastaju zbog grešaka: a — u projektiranju, b — proračunima, c — izradi, d — neadekvatnom materijalu, e — neadekvatnim područjima rada, f — neodgovarajućom dinamikom rada, g — neodgovarajućim zaštitama, h — oštećenjima rotacionih dijelova, i — nepropisnog pokretanja strojeva i postrojenja, j — nepogoda i više sile, i k — zbog ostalih uzroka.

Kod parogeneratora najviše dodatnih troškova dolazi zbog neadekvatno određenih područja (režima) rada postrojenja (34,3%), grešaka u proizvodnji dijelova opreme (16,7%) i zbog grešaka u proračunima (14,7%). Greške i troškovi zbog spomenutih uzroka su, općenito uzevši, najvjerojatnije posljedice neodgovarajuće ili nepotpune kvantitativne analize te prethodne logičke analize tokova tehnoloških procesa, iz kojih trebaju proizaći točniji zahtjevi na projektiranje, gradnju i vođenje procesa u parogeneratorima.

Kod parnih turbina troškovi uklanjanja nedostataka i oštećenja nastaju najčešće na popravcima i doradama rotacionih dijelova i ležaja (25,3%), zbog loše proizvodnje dijelova (17,7%), zbog pogrešnih područja rada (16,6%) i troškova zbog pogrešnih proračuna (10,4%). Troškovi koji nastaju zbog ostalih uzroka relativno su manji, a posljedice su neadekvatnih određivanja koeficijenata sigurnosti ili odabiranja materijala dijelova turbine.

Nedostaci na ostalim dijelovima strojarske opreme su slični.

1.2. Ograničenja optimalnog djelovanja uređaja i sistema automatike

Dodatni troškovi održavanja automatike, kao i svi dodatni troškovi dogradnji mjernih i regulacijskih uređaja velikim su dijelom sekundarne posljedice pogrešnih projekata i proračuna strojarskih dijelova postrojenja (12,5%). Oko 7,5% troškova nastaje zbog grešaka u montaži i spajanju, a zbog grešaka u materijalima mnogobrojnih elemenata i uređaja električnih ili finomehaničkih izvedbi nastaje oko 23,5% troškova. Najveći troškovi održavanja automatike nastaju u početku eksploatacije (slika 5), pa i u toku cjelokupnog vijeka trajanja, zbog otkazivanja pojedinih elemenata (13,5%), zbog preopterećenja (30,5%) i neodgovarajuće dinamike rada (14,5%). Preopterećenje i »dinamički« kvarovi posljedica su mnogobrojnih, neadekvatnih, ukapčanja prekidača, sklopnika, postavnih motora i drugih izvršnih dijelova, od kojih mnoge prouzrokuju i rukovaoci postrojenjima — direktnim djelovanjem ili puštanjem u automatski rad u nepovoljnim uvjetima rada.

Velik broj kvarova nastaje i zbog visokih temperatura, udara i vibracija koje djeluju na lokalno ugrađene uređaje i njihove elektroničke sklopove ili fine mehanizme. Na taj način nastaje najveći broj kvarova

va na mjernim osjetilima, oduzimačima uzoraka, lokalnim pokaznim instrumentima itd.

Koncentracija troškova dorada i održavanja uređaja automatike na nekoliko spomenutih uzroka zahtijeva proučavanja i komentare s više tehničko-tehnoloških aspekata (poglavlje 2). To se prije svega odnosi na definiranje svojstava elemenata i uređaja automatike i uvjeta u kojima oni djeluju, a o kojima ovisi i njihova pouzdanost i raspoloživost.

1.2.1. Statička i dinamička ograničenja djelovanja automatike

Velik dio utjecaja koji onemogućuju višu praktičnu djelotvornost uređaja i sistema mjerenja i automatike vidi se i iz podataka naznačenih u tablici 2. Ti podaci su za pojedine vrste procesnih mjerenja i reguliranja vrlo pojednostavnjeno pokazani, a područja vrijednosti određena na temelju raspoloživih tehničkih karakteristika nekih realiziranih postrojenja i postojeće literature s različitih tehničkih područja. I ovi podaci će biti samo ukratko interpretirani.

U prve dvije kolone unesene su naznake o oblicima, odnosno vrstama statičkih (L-linearna, N-nelinearna) i dinamičkih karakteristika (P_n -karakteristika višega reda, P_o -karakteristika nultog reda, P_{om} -karakteristika nultog reda s mrtvim vremenom, P_{nm} -karakteristika višega reda s mrtvim vremenom, I_m -integra-

cijska karakteristika s mrtvim vremenom), o kojima znatno ovise mogućnosti automatiziranja termoenergetskih procesa.

Istraženost statičkih karakteristika pojedinih dijelova energetskih jedinica je dosta dobra, ali je istraženost statičkih karakteristika složenijih jedinica i agregata malena. Zato nepostojanje svjestrano analiziranih statičkih karakteristika (slika 2.a) znatno otežava projektiranje sistema automatskog upravljanja. Zbog toga su često potpuno onemogućene jednostavne i vrlo korisne grafoanalitičke metode analize i optimiranja krugova automatskog reguliranja. Potreba za tim karakteristikama je velika jer se pomoću njih mogu mnogi praktični oblici karakteristika znatno prilagoditi ili linearizirati, pa time proširiti područja i povećati točnost djelovanja mjernih i regulacijskih uređaja. Takve bi metode bile veoma korisne za primjenu u projektiranju, optimiranju i održavanju pogona krugova upravljanja.

Slično je stanje i s postrojanjem dinamičkih karakteristika djelovanja i jedinica postrojenja u termoelektranama, iako je suvremeno modeliranje i optimalno projektiranje bez njih nezamislivo. U eksploataciji i održavanju termoenergetskih postrojenja te su karakteristike prijeko potrebne. One su naročito potrebne kod tehničkih prijema postrojenja, a proizvodnje i montaže postrojenja također su teško zamislive bez ovih karakteristika.

Tablica 2. Oblici karakteristika i prosječne vrijednosti karakterističnih veličina

Sistem mjerenja i reguliranja	Oblici karakteristika		Vremenske zadržke i konstante		Pogreške djelovanja %	
	statička	dinamička	$T_{nm}(s)$	$T_{on}(s)$	stat.	din.
Mjerila temperature	L	P_n	2	3–40	1,5	3
Mjerila razine tekućina	L	I_m	1–5		1,5	3
Mjerila tlaka tekućina	N	P_o	1–3	0–1	1,5	3
Mjerila tlaka pare i plinova	N	P_o	1–5	0–2	1,5	3
Mjerila protoka tekućina	L	P_{om}	1–3	0–1	2,5	4
Mjerila protoka pare i plinova	L	P_{nm}	0	0–5	2,5	4
Analizatori vodljivosti	L	P_{om}	0–5	0	1,5	2
Analizatori pH-vrijednosti	N	P_{om}	0–5	0–2	2,5	4
Analizatori plinova s pripremama uzoraka	N	P_{nm}	10–40	5–10	5	7
Analizatori bez pripreme uzoraka	N	P_o	0–1	0,5	3	5
Mjerila brzine vrtnje	L	P_o	0–1	0,5–1,5	1,5	2
Mjerila toplinske snage vrele vode	N	P_{om}	0	3–40	2,5	4
Mjerila toplinske snage pare	N	P_{om}	0	3–40	3,5	6
Krugovi regulacije razine	L	N	1–5	0–1	2	3
Krugovi regulacije tlaka pare	N	P_{nm}	0,5–3	1–2	2	5
Krugovi regulacije temperature pare	N	P_{nm}	2–3	5–50	1,5	3
Krugovi regulacije protoka vode	N	P_{om}	2–3	2–5	2,5	4
Krugovi regulacije protoka zraka i plina	N	P_{om}	2–4	3–8	3	5
Krugovi regulacije protoka pare	N	P_{om}	2–4	2–6	3	5
Krugovi regulacije protoka mazuta	N	P_{om}	3–10	3–8	1,5	2,5
Krugovi regulacije temperature pare	N	P_{nm}	20–60	70–200	1,5	
Krugovi regulacije loženja plin – zrak	N	P_{nm}	5–20	10–45	1,5	2,5
Krugovi regulacije loženja mazut – zrak	N	P_{nm}	5–20	15–45	1,5	2,5
Krugovi regulacije loženja kruto gorivo – zrak	N	P_{nm}	10–80	80–150	2,5	5
Krugovi regulacije tlaka u ložištima	N	P_{nm}	10–100	50–200	2	5
Krugovi primarne reg. frekvencije	N					1
Krugovi sekundarne reg. frekvencije	N					1

1.2.2. Ograničenja optimalnosti tokova procesa

Nelinearnosti dinamičkih karakteristika (slika 2b), odnosno velike vremenske konstante (T_{on}) i mrtva vremena (T_{nm}) reguliranih procesa posljedice su njihove akumulativnosti (a) energije i materije. U ispravno projektiranim i izvedenim postrojenjima ove akumulativnosti su optimirane, pa su tako optimirane i dinamičke karakteristike procesa (tablica 2). U mnogo slučajeva se zbog određivanja pogrešnih karakteristika materijala i dimenzija pojedinih dijelova postrojenja dinamičke karakteristike procesa nepotrebno mijenjaju i pogoršavaju. To rezultira netočnim podacima kojima se služe i projektanti sistema mjerenja i automatike. Time jedna neoptimalnost izaziva drugu, pa se uz neoptimalan proces projektiraju i prigraduju neoptimirani sistemi mjerenja i reguliranja. Zbog toga se vrlo često događa da takve tehničke »zajednice« statički, a još češće dinamički djeluju nezadovoljavajuće ili neoptimalno.

Za podatke u tablici 1. rečeno je da su normalni ili uobičajeno »dobri« podaci o prosječnim troškovima dorada i uhodavanja postrojenja, kod kojeg su projektiranje, gradnja i puštanje u pogon tekli normalno, odnosno bez većih poteškoća ili rekonstrukcija i promjena. I podaci iz tablice 2. predstavljaju normalne karakteristične vrijednosti, koje određuju statiku, dinamiku i točnost djelovanja mjernih i regulacijskih uređaja. To, međutim, nije uvijek, a nije ni najčešći slučaj pri projektiranju, gradnji, puštanju u pogon i eksploataciji termoelektrana u nas, a ni u svijetu. Vrlo su česti primjeri mukotrpnog puštanja postrojenja u pogon, »uhodavanja«, pa i teškog kasnijeg održavanja pogona i pogonskih postrojenja. Malokad se odmah nakon puštanja u pogon pristupa optimiranju djelovanja postrojenja ili njegovih složenijih jedinica i funkcionalnih grupa. Tako se često događa da projektirani i ugrađeni mjerni, a još češće regulacijski uređaji ne djeluju ispravno i u optimalnim područjima, a isto tako da manji ili veći dio regulacijskih krugova u početku pogona, pa i kasnije, ili nikada ne postižu zadovoljavajući automatski rad.

U gotovo svim takvim slučajevima, prateći i analizirajući »lance« uzroka i posljedica, dolazi se do nedvojbenih zaključaka da su projektiranje ili podaci na temelju kojih je projektiranje izvedeno bili netočni ili nepotpuni i da se u postupcima pripreme podataka i projektiranju nisu poštivali propisani i logični slijedovi radnji.

1.2.3. Ograničenja djelovanja mjernih uređaja

Iz podataka navedenih u tablici 2. vidi se da i najjednostavniji mjerni uređaji, na primjer mjerila temperature, mogu pri neispravnom izboru imati znatna dinamička ograničenja, a time i velike pogreške u djelovanju. Bezrazložno povećavanje vremenskih konstanti (T_{on}) mjerila može, na primjer, znatno pogoršati dinamiku djelovanja uređaja za regulaciju temperature pare. S druge strane, brza osjetila temperature u vrelovodima mogu se zbog neadekvatne

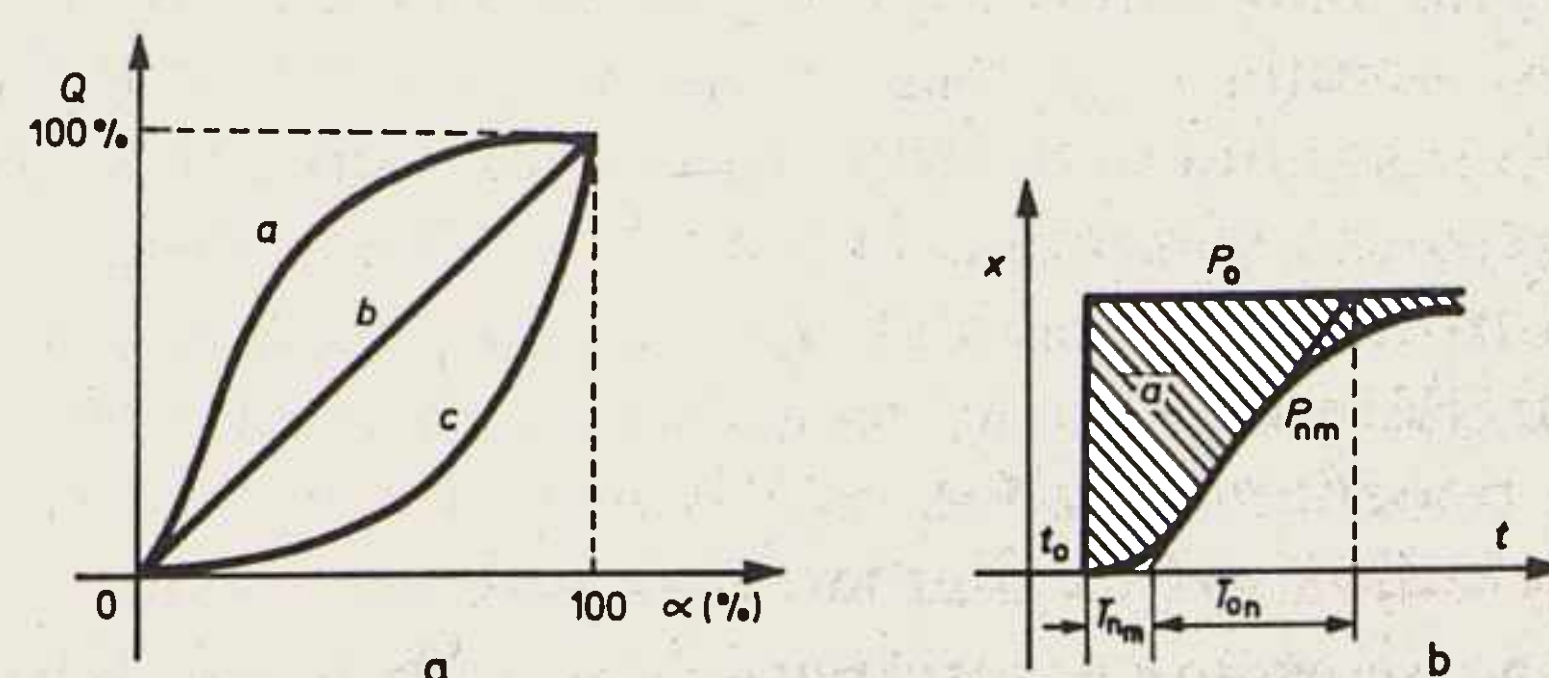
zaštite od hidrauličkih udara i vibracija često kvariti i lomiti. Isto tako, dugi, neprikladno dimenzionirani cijevni vodovi za mjerenja protoka i tlaka plinova i tekućina mogu znatno pogoršati dinamiku ovih mjerenja reguliranja, bez obzira na primjenu najsuvremenijih uređaja u mjernim slogovima i regulacijskim krugovima. Slični problemi nastaju često i u mjerenjima i analizama sastava tekućina i plinova. Posebni se problemi pojavljuju u dinamici analiza dimnih plinova, kod kojih su glavni uzročnici sporih odziva neprikladni i nepraktično izvedeni i ugrađeni dijelovi za uzimanje i pripremu mjernih uzoraka. Zbog ovih nedostataka su, do sada, optimiranja izgaranja u parogeneratorima bila praktično onemogućena. Suvremeni analizatori dimnih plinova bez pripreme uzoraka (analizatori O_2 sa cirkonijevim osjetilima, infraanalizatori CO i dr.) pomoću višekomponentnih reguliranja odnosa gorivo/zrak omogućavaju znatno poboljšavanja stupnjeva djelovanja parogeneratora. Sve veća primjena korekcijskih i parametarskih mikroprocesorskih uređaja omogućit će sve veću točnost mjerenja i reguliranja protoka i količina plinova i vodene pare, vode, tekućih goriva i dr., te tako znatna smanjiti ograničenja zbog prosječne relativno velike netočnosti njihova djelovanja.

1.2.4. Ograničenja djelovanja regulacijskih uređaja

Tendencija je da se sve više primjenjuju elektronički regulacijski uređaji, u procesnoj tehnici općenito, a u termoelektranama posebno. Hidrauličkih i pneumatičkih regulacijskih uređaja je na ovim postrojenjima sve manje. Kod elektroničkih se regulatora mogu postići velike pouzdanosti i točnosti djelovanja, te ugodive univerzalne statičke i dinamičke karakteristike. Zbog toga su praktična ograničenja primjene elektroničkih regulatora uglavnom posljedica specifičnih uvjeta rada i utjecaja okoline ili opasnosti primjene električne energije u prostorima s mogućnošću pojave zapaljivih i eksplozivnih smjesa.

1.2.5. Ograničenja djelovanja izvršnih uređaja

Vrlo velika praktična ograničenja optimalnog djelovanja upravljačkih i regulacijskih sistema nastaju i zbog nepovoljnih statičkih i dinamičkih karakteristika (sl. 2a i b) izvršnih dijelova upravljačkih i regulacijskih krugova. Na primjer, nelinearnost statičkih karakteristika zaklopki i zasuna, i jednostavnih i gumiranih ventila, uzrokuju mnoga ograničenja djelovanja i područja upravljanja i reguliranja s tim izvršnim dijelovima. Tako se vrlo često događa da da-



Slika 2.

ljinski ili automatski upravljani zasuni i zaklopke imaju vrlo loše statičke karakteristike (a). U takvim slučajevima je često onemogućeno fino, pa i bilo kakvo automatsko upravljanje ili reguliranje, odnosno ugađanje zadanih vrijednosti upravljanih veličina. Zbog toga nastaju i znatna suženja radnih područja izvršnih dijelova regulacijskih krugova. U nekim slučajevima se opet nepotrebno, umjesto optimiranja dimenzija ventila zasuna ili zaklopki ugrađuju skupocjeni regulacijski ventili s linearnim (b) ili istoprocenim (c) statičkim karakteristikama.

Mnogo praktičnih umanjena točnosti reguliranja nastaje i zbog mehaničkih nesavršenosti postavnih motora i njihovih prijenosnih mehanizama. Tako i relativno male zračnosti i prazni hodovi u prijenosnim mehanizmima mogu znatno smanjiti točnost i pogoršati dinamiku djelovanja regulacijskih uređaja, te uzrokovati njihovo prijevremeno habanje i kvarove.

1.3. Ograničenja u primjeni elektroničkih uređaja i sistema

Ograničenja u primjeni elektroničkih sistema na postrojenjima termoelektrana mogu se promatrati s više aspekata. Ovi sklopovi uređaja i sistemi se i za spomenutu namjenu mogu podijeliti u tri osnovne grupe:

- analogne
- digitalne i
- analogno-digitalne, odnosno hibridne.

Elektronički analogni sklopovi najčešće se primjenjuju u jedinicama mjernih slogova (analogna množila, djelitelji, korjenatori...). Pouzdanost i točnost djelovanja, te druge tehničke karakteristike ovih sklopova zadovoljavaju sve kriterije i područja primjene u termoelektranama, pa su ovi sklopovi našli primjenu i u gotovo svim ostalim vrstama uređaja automatike.

Elektronički analogni mjerni uređaji mogu biti izvedeni sa serijskim i paralelnim izlazima i standardnim strujnim ili naponskim signalima. Iako su uređaji za serijsku primjenu strujnih signala relativno jednostavniji, pouzdanost sistema mjerenja i reguliranja s njima je bitno manja nego u onim s paralelnim izlazima.

Primjena digitalnih uređaja u sistemima mjerenja za sada je relativno manja. Dio je razloga njihove dosadašnje rjeđe primjene je i zbog neprikladnih ergonamičkih karakteristika njihovih pokaznih dijelova (sporije očitavanje i procjena mjernih vrijednosti, nemogućnosti očitavanja vrijednosti koje se brzo mijenjaju, manja i sporija preglednost veće grupe pokaznih instrumenata itd.). Ta neergonomičnost dolazi najviše do izražaja u komandnim prostorima (ploče, pultovi itd.). Točnost djelovanja digitalnih mjernih uređaja znatno je veća nego kod analognih, ali im je pouzdanost, zbog relativno velike složenosti, u prosjeku još uvijek manja nego kod analognih.

Najviše primjene u automatici već sada imaju hibridni analogno-digitalni mjerni i regulacijski uređaji.

Ovoj grupi pripadaju i sve vrste impulsnih i kvazi-kontinuiranih, jednostavnih ili univerzalnih regulatora. Ograničenja u primjeni univerzalnih impulsnih regulatora nastaju pri optimiranju njihovih djelovanja (P, PI, PID), dijelom zbog pomanjkanja podataka o procesima, a dijelom zbog neadekvatnog stručnog znanja automatičara, ili zbog pomanjkanja pomagala pri ugađanju mjernih i regulacijskih uređaja i sistema. Ta ograničenja su još izraženija kod primjene složenijih kompaktnih i mikroprocesorskih mjernih i regulacijskih uređaja i sistema, za koje su potrebni detaljni podaci o karakteristikama procesa, poznavanja mogućnosti delovanja, načina programiranja i ugađanja regulatora. Primjena ostalih elektroničkih sklopova, uređaja i sistema za signaliziranje, dojava i zaštite procesa i postrojenja sve je češća i sveobuhvatnija, a njihova pouzdanost, uz optimiranu redundantnost, sve više zadovoljava potrebe pouzdanosti (poglavlje 2, slika 4b).

1.3.1. Ograničenje u primjeni računala

Gotovo da nema tehničkih sistema i sistema automatizacije kod kojih praktična primjena toliko zaostaje za njihovim teoretskim mogućnostima, kao što je to u primjeni elektroničkih procesorskih i računskih sistema u vođenju procesa u termoelektranama.

Zaostajanje praktične primjene ovih pomagala ima više razloga.

Objektivni razlozi postojećih načina primjene računala mogu se analizirati na temelju osnovnih funkcija za koje se ona u termoelektranama primjenjuju. Te funkcije su sljedeće (slika 3):

1. Protokol prorada («klasične» funkcije KRD-a)

Zapisuju se sve prorade i prijelazi stanja uključeno/isključeno, redoslijed prorada, signalizacija i blokada, ispisuju se prorade poslije i prije nastanka ispada ili incidentnih stanja. Ograničenja nastaju pri obradi i protokoliranju velikog broja signala. Moguće je osigurati dobru pouzdanost obrade signala I_s .

2. Logičko upravljanje (sekvencijsko upravljanje)

Izvođe se programi logičkog upravljanja jedinica, dijelova ili funkcionalnih cjelina postrojenja. Koriste se binarni signali stanja i prekoračenih vrijednosti mjernih veličina. Moguća optimiranja dijagrama toka logičkih upravljanja. Ograničenja nastaju pri povećanjima složenosti upravljanih sistema i povećanjima broja signala n_s .

3. Pogonski protokol

Protokoliranje stanja analognih (i binarnih) veličina i njihovih vrijednosti. Ispisuju se trenutne vrijednosti pogonski važnih veličina, na temelju kojih se izvodi bilanciranje rada postrojenja.

Moguće optimiranje opsega i oblika protokola. Ograničenja nastaju zbog netočnosti i slabije pouzdanosti mjernih uređaja i sistema za prikupljanje i obradu digitaliziranih analognih signala.

4. Pogonsko bilanciranje

Određivanje točnih vrijednosti složenih i izvedenih mjernih veličina (protok pare, plina, vruće vode, toplinske snage i količine topline vodene pare itd.), izračunavanje trenutnih i statističkih vrijednosti proizvodnje, i potrošnje materije i energije, izračunavanje stupnjeva djelovanja jedinica, postrojenja i energetskih blokova.

Teoretske mogućnosti su velike, ali praktične realizacije male zbog neprikladnih metoda ili praktično nemogućih mjerenja karakterističnih veličina. Ograničenja primjene nastaju zbog ograničenih točnosti i pouzdanosti primarne mjerne opreme, složenosti računskih metoda i velikog broja obrađivanih signala. Praktične granice realizacije daleko su ispod teoretskih.

5. Statistika tokova procesa i rada postrojenja i opreme

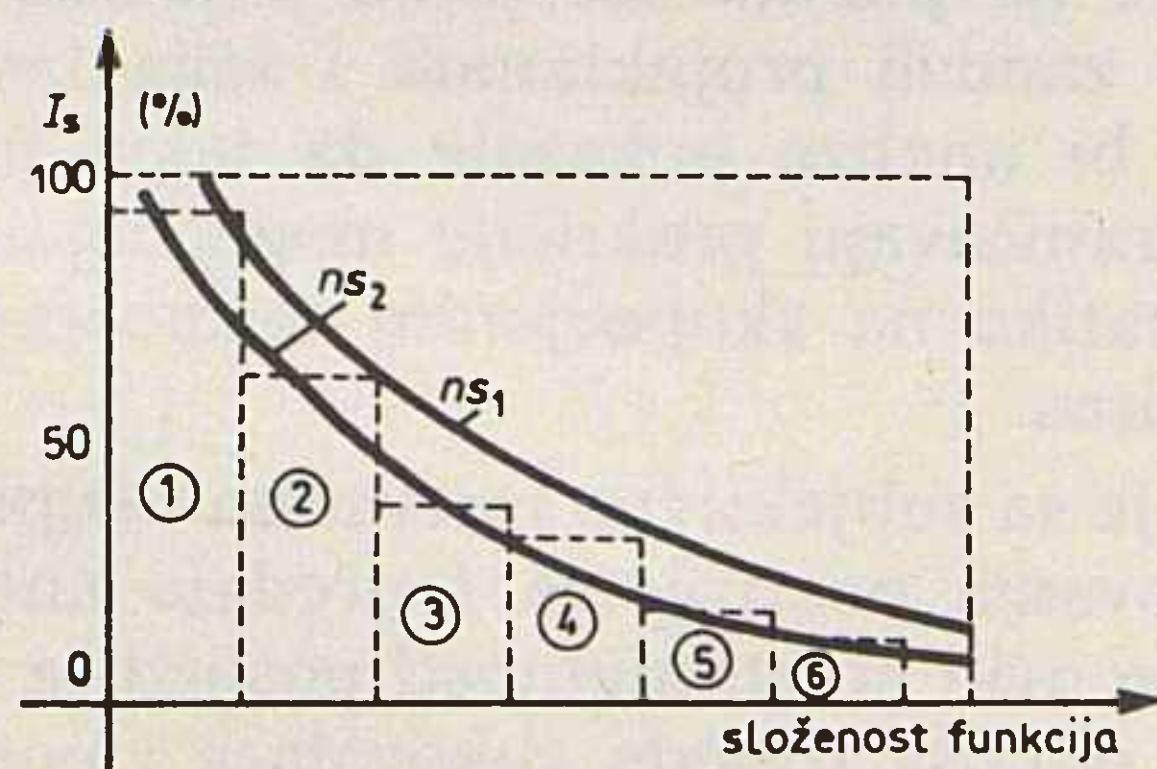
Statističko praćenje i obrada proizvodnje, rada dijelova, jedinica i postrojenja, radi bilanciranja i održavanja. Teoretske mogućnosti su velike, ali su praktične realizacije male.

6. Vođenje i optimiranje procesa

Određivanje točnih vrijednosti složenih i izvedenih mjerenih veličina, određivanje ili očitavanje parametriranih, željenih ili optimalnih vrijednosti vođenih veličina, određivanje vrijednosti i gradijenata odstupanja i promjena, određivanje karakteristika djelovanja, upravljanja i reguliranja, te optimalno upravljanje i reguliranje.

Teoretske mogućnosti su velike, ali praktične realizacije malene zbog netočnih ili nepouzdanih priprema i obrade primarnih i ostalih signala, složenih algoritama djelovanja računala, te opće nepouzdanosti sistema. Praktične granice realizacije su daleko ispod teoretskih.

Grafički prikaz idealnih mogućnosti i realnog stanja u primjeni procesorskih i računskih sistema u nas prikazan je i na slici 3.



Slika 3.

Graf na prikazanoj slici, izveden na temelju dostupnih podataka, pokazuje da instalirani računski sistemi zadovoljavajuće izvršavaju samo funkciju kronološke registracije (1), da su mogućnosti logičkog upravljanja (2) u termoelektranama iskorištene vrlo malo, da je pogonsko protokoliranje (3) također malo, kao i pogonsko bilanciranje (4). Statistika tokova procesa i rada postrojenja (5) i opreme je u samom začetku, a vođenje i optimiranje procesa s računali-

ma (6) još je uvijek u fazi teoretskih obrada i eksperimentiranja.

Među brojne uzroke ovakvog stanja pripadaju, svakako, osim prije nabrojenih objektivnih i značajni subjektivni razlozi, od kojih možemo navesti sljedeće:

- Na poslovima projektiranja, priprema podloga i izrade softwera rade najčešće automatičari i elektroničari za računala. Na ovim poslovima gotovo da i nema strojara, tehnologa i energetičara, pa ni električara.
- Za uspješno uvođenje procesnih računala u termoelektrane, treba 20 do 50 ljudi — godina rada. Na ovakvim poslovima i zadacima u nas gotovo redovito rade male grupe ili pojedinci, automatičari i elektroničari za računala. Servisa i profesionalnih grupa za izradu procesnog aplikacijskog softwera u nas gotovo i nema.

Iz navedenih činjenica proizlazi da bi neefikasnosti primjene računskih sistema u termoelektranama trebalo posvetiti veću pažnju, istražiti njene uzroke i poduzeti odgovarajuće mjere za poboljšanje postojećeg stanja.

1.4. Ograničenja djelovanja automatike zbog utjecaja pomoćnih postrojenja

Djelovanja pomoćnih postrojenja u termoelektranama mogu znatno utjecati na točnost i pouzdanost uređaja automatike. Tako uređaji i postrojenja za pripremu vode, goriva i pomoćne energije mogu zbog lošijeg djelovanja izazivati dodatna preopterećenja, koroziju, začepjenja i remetiti normalne uvjete djelovanja uređaja za mjerenja i reguliranja.

Uvijek postoje opasnosti da, na primjer, zbog kvarova na regulatorima tlaka i protoka tekućih ili plinovitih goriva u pripremnim stanicama dođe do preopterećenja svih mjernih uređaja na ulazima u parogeneratorska postrojenja. Isto se događa i kod opskrbe pomoćnom parom, plinovima za potpalu i pomoćnim komprimiranim zrakom. Zbog toga se mjerna područja ovih uređaja odabiru s višim vrijednostima, pa takvi uređaji rade u neprikladnim uvjetima i s većim pogreškama djelovanja. Tako nastaju i znatne pogreške u mjerenjima količina energenata i pomoćnih materijala.

I rad pomoćnih uređaja za ventilaciju, grijanje i klimatizaciju može nametati znatna ograničenja na optimalnost djelovanja uređaja i sistema automatike. Tako uređaji za klimatizaciju mogu izazivati znatna odstupanja temperature i vlažnosti od njihovih normalnih vrijednosti, te tako utjecati na točnost i pouzdanost mjernih i regulacijskih uređaja u neoperativnim i operativnim komandnim prostorima.

Posebne pogreške mjerenja i reguliranja mogu izazvati netočno održavane temperature prostorija za smještaj opreme automatike i mjerenja, a čija vlastita temperatura mora biti referentna. Promjene referentnih temperatura onda izazivaju nizove pogrešnih

mjerenja temperature i drugih veličina na koje ove temperature utječu.

I neprikladnosti projekata te neprimjerenost kapaciteta pojedinih dijelova pomoćnih postrojenja mogu znatno utjecati na točnost i pouzdanost uređaja automatike. Tako, na primjer, i neprimjerena konstrukcija dimnjaka može znatno utjecati ne samo na procese izgaranja u parogeneratorima nego i na djelovanja niza mjernih i regulacijskih uređaja. Previsok dimnjak uzrokuje prevelik odsis dimnih plinova, pa naročito u postupcima potpale znatno mijenja potpalne uvjete i time potpalu čini nepouzdanom, pa čak i opasnom. Takav dimnjak, ako kotlovi rade bez regulacije tlaka u ložištima zbog nejednolikog i neoptimalnog prijenosa topline na ogrijevne površine i snažnog pogoršavanja brzine strujanja dimnih plinova u parogeneratorima, uzrokuje trajne i velike gubitke energije.

I djelovanje uređaja za napajanje električnom energijom može znatno povećavati nepouzdanost i netočnost uređaja za mjerenja i automatska reguliranja. To se prije svega odnosi na točnost održavanja napona napajanja. Iako su uređaji automatike koji se napajaju električnom energijom redovito konstruirani tako da im promjene napona od $\pm 10\%$ ne prouzrokuju štetu, ipak i 5% povišenja napona kod njih izaziva 10% povišenja snage vlastitog zagrijavanja. To može znatno smanjiti vijek trajanja i pouzdanost djelovanja uređaja automatike, a naročito onih koji i bez ovih dodatnih opterećenja djeluju pod povišenim temperaturama okoline. Niži naponi napajanja mogu pogoršati točnost mjerenja, pokretanja izvršnih dijelova regulacijskih uređaja i uzrokovati druge smetnje i kvarove.

Pomoćna kao i glavna postrojenja moraju također biti optimirana, te na taj način osigurani i normalni uvjeti djelovanja uređaja i sistema automatike.

1.5. Ograničenja zbog utjecaja okoline

Znatne utjecaje na ograničenja djelovanja procesnih postrojenja i njihovih mjernih i regulacijskih uređaja mogu imati i mnogi utjecaji okoline, odnosno klimatski i meteorološki utjecaji. Iako se o tim utjecajima mora voditi briga, opće sagledavanje njihova djelovanja i posljedica često ne odgovara stvarnim potrebama.

Tako, na primjer, klimatski utjecaji mogu znatno utjecati na načine vođenja procesa, održavanje postrojenja i njegovu zaštitu, te zaštitu okoline i utjecaje na nju. O klimatskim utjecajima i utjecajima okoline prije svega ovisi način gradnje i fizičkih zaštita uređaja i postrojenja. Zbog toga se u projektiranju sistema i uređaja automatike moraju uzeti u obzir utjecaji vlage, vlastitih dimnih plinova i otpadnih tvari, aerosola, temperaturne promjene i inverzije, te barometarske promjene u okolini itd. svi ti utjecaji mogu znatno djelovati na točnost, pouzdanost i dugovječnost mjernih i regulacijskih uređaja. Međutim, dosta se često događa da se spomenuti utjecaji pri projektiranju i izvođenju postrojenja zanemaruju, pa tako

nastaju i dodatni troškovi u održavanju postrojenja i uređaja automatike.

1.6. Odnosi čovjek — stroj i njihovi utjecaji na ograničenja djelovanja automatike

Nakon završetka gradnje postrojenja i njihova puštanja u pogon gotovo sve posljedice prije nabrojenih uzroka ograničavanja djelovanja uređaja automatike mogu se svrstati u objektivne, pa je na njihovo ublažavanje teško utjecati poboljšavanjem rukovanja i drugim direktnim djelovanjem pogonskog osoblja.

Posljedice tih uzroka mogu se uglavnom uklanjati rekonstrukcijama, dogradnjama i doradama postrojenja. Te se posljedice mogu i tolerirati, ili ublažavati radom u prilagođenim režimima, uz drugačije parametre, s manjim kapacitetom i proizvodnjom, nižom snagom itd.

Među objektivne uzroke neoptimalnosti djelovanja postrojenja i sistema mjerenja i upravljanja može se svrstati i veoma često neoptimirana signalno-komandna kompatibilnost i neprimjerenost izvedbi upravljačkih sistema u komandnim i pogonskim prostorima. To je posljedica činjenice da se pri projektiranju ne izvodi optimalna selekcija i gradacija mjernih i signalnih uređaja po pravilima prioriteta i logičke hijerarhije. To rezultira prekomjernim pretrpavanjima upravljačkih ploča i pultova s nepotrebnim mjernim, signalnim i upravljačkim instrumentima, signalnim elementima i upravljačkim uređajima i sklopovima. Događa se i to da se ponekad važni i prijeko potrebni mjerni i kontrolni uređaji stavljaju daleko od uvida i dohvata rukovalaca.

Zbog toga ima mnogo komandnih prostorija koje su neoptimalno koncipirane i neprilagođene mogućnostima i psihofizičkim osobinama većine rukovalaca. To su poslovi i zadaci stručnjaka za inženjersku psihologiju, ergonomiju i ergometriju koji se u nas na poslovima projektiranja elektrana dosta rijetko susreću. Većina naših upravljačkih i komandnih prostorija nastaje na pukom zbrajanju pojedinačnih mentalnih zamisli projektanata i želja investitora. Detaljnije bi analize pokazale da takvi promašaji znatno ograničavaju praktične mogućnosti djelovanja automatike na skupocjenim termoeenergetskim postrojenjima.

Drugačije je sa subjektivno izazvanim neoptimalnostima djelovanja postrojenja i uređaja automatike. Najveći dio ovih neoptimalnosti posljedica su neprilagođenih odnosa između rukovalaca i postrojenja. Te neoptimalnosti imaju više uzroka od kojih su najvažniji:

- slabo poznavanje tokova procesa i građe postrojenja i
- slabo ili nedovoljno poznavanje uređaja i sistema mjerenja i reguliranja i njihovih područja djelovanja.

Slabo poznavanje procesa i postrojenja uzrokuje kod rukovalaca mnoge pogreške manipuliranja, a ove opet rezultiraju nepropisnim režimima rada postrojenja i nepravilnim tokovima procesa. Tako se često

dogadaju pogreške u pripremi postrojenja za pogon, neadekvatni višestruki pokušaji upuštanja, neregularan rad i mnogobrojne bezrazložne prorade, signaliziranja i blokiranja rada postrojenja i uređaja automatike. Nepoznavanje procesa je obično jedan od osnovnih uvjeta i za nepoznavanje djelovanja mjernih i regulacijskih uređaja ili drugih uređaja automatike. Te dvije osnovne vrste subjektivnih uzroka neoptimalnosti djelovanja postrojenja i procesa česti su uzroci kvarova i oštećenja postrojenja, pa i sistema automatike.

Sljedeća, velika grupa ograničenja djelotvornosti automatike u termoelektranama nastaje na temelju subjektivnih osobina rukovalaca postrojenjima. Te osobine su pretežno psihofizičke, od kojih su najvažniji staloženost, mogućnost koncentracije, dobar vid, sluh itd. Te osobine rukovalaca moraju biti urođene i dodatnim obučavanjima i treninzima usavršene do potrebne razine. Često ti zahtjevi kod rukovalaca nisu zadovoljeni.

Zbog toga bi u odabiranju kandidata za zvanja i zanimanja rukovalaca u svim termoelektranskim postrojenjima u termoelektranama odlučujući utjecaj trebala imati profesionalna selekcija, zasnovana na objektivnim znanstvenim metodama. S obzirom na teške uvjete rada (rad u smjenama, odgovornost za velika materijalna sredstva itd.), jedan je od osnovnih uvjeta za zapošljavanje odgovarajućih kadrova na ovim poslovima, primjerena materijalna stimulacija te kraće radno vrijeme i staž. Trebalo bi također tražiti i pronaći efikasnije načine stimuliranja rukovalaca za čuvanje i održavanje postrojenja. Jer, a to se nikada ne smije zaboravljati, rukovaoci su i prvi održavaoci postrojenja.

2. OGRANIČENJA POUZDANOSTI I RASPOLOŽIVOSTI AUTOMATIKE

Znanstvene metode određivanja pouzdanosti i raspoloživosti uređaja i sistema automatike veoma su složene. Općenito je malo radova s područja primjene ovih metoda, a oni se najvećim dijelom odnose na određivanje pouzdanosti na nuklearnim elektranama.

Budući da su uređaji i sistemi automatike koji se primjenjuju u »klasičnim« termoelektranama pretežno finomehanički i elektronički, s približno velikom točnošću se u spomenute svrhe mogu koristiti metode i podaci o načinima određivanja pouzdanosti i raspoloživosti elektroničkih i finomehaničkih komponenata [lit. 1, 2, 3].

Zbog mnogih je razloga potrebno da se rješavanju ovih problema u nas pristupi sistematski i sveobuhvatno. Tako bi, na primjer, mala, a sigurno moguća poboljšanja održavanja automatike u termoelektranama (a pogotovo i održavanju ostale opreme) višestruko isplatila sva eventualna istraživanja na ovom području.

Cjelokupna problematika pouzdanosti i raspoloživosti automatike mora se promatrati sistemski, u sklopu pouzdanosti i raspoloživosti cjelokupnih po-

strojenja termoelektrana. Ona se može podijeliti i promatrati na tri osnovne razine:

- 1 — pouzdanosti i raspoloživosti komponenata
- 2 — pouzdanosti i raspoloživosti uređaja, i
- 3 — pouzdanosti i raspoloživosti sistema automatike.

2.1.1. Pouzdanosti komponenata

Ne ulazeći u metode određivanja pouzdanosti [lit. 3], ovdje se radi ilustracije može pokazati kratak pregled intenziteta nastajanja kvarova ($\lambda = \%/1\ 000\ h$) na tipičnim komponentama sklopova i uređaja automatike (tablica 3).

Intenzitet nastojanja kvarova ovdje je naveden u ovisnosti o relativnom opterećenju ($N_n = N/N_{max}$) kod pasivnih komponenata i relativnom temperaturnom opterećenju ($T_n = (T_{doz} - T_{pog}) / (T_{doz} \cdot max - T_{pog})$) kod aktivnih komponenata sklopova i uređaja automatike.

Iz tablice se vidi da granice pouzdanosti i raspoloživosti sklopova i uređaja najčešće određuju kritične komponente: žičani potenciometri, germanijeve diode i tranzistori, integrirani krugovi, kolektorski motori, sve vrste brtvenih spojeva itd.

Zanimljivi su i intenziteti kvarova kod poluvodiča iz kojih se vidi da se silicijevi tranzistori NPN tipa 4 puta češće kvare nego PNP tranzistori. Slično je i kod germanijevih tranzistora. Relativno veliki intenzitet kvarova imaju i finomehanički prenosnici. Iz toga proizlaze i nepouzdanosti električkih i finomehaničkih sklopova, uređaja i sistema automatike.

Pri proračunima i procjenama pouzdanosti komponenata, sklopova i uređaja moraju se uzeti u obzir i mnogi drugi relativno strogo definirani pokazatelji (mehanička, toplinska i električka opterećenja) te vrste primjene. Pod vrstom primjene (na primjer, prema MIL-standardima) razlikuju se: a — stacionarna primjena uz normalne uvjete rada; b — primjena u pokretnim i saobraćajnim uređajima i vozilima; c — primjena u brodarstvu; i d — primjena u avijaciji i raketnoj tehnici. Vrsta primjene definira se i s posebnim koeficijentima (K_i), čija vrijednost ovisi o vrsti komponente (kondenzator, otpornik, svitak, tranzistor Si ili Ge, potenciometar itd.). Tako je, na primjer, kod 80%-tnog trajnog opterećenja intenzitet kvarova germanijevih PNP tranzistora snage veće od 1 watta i u pogonskim uvjetima približno jednak 0,58 [%/1 000 h].

2.1.2. Pouzdanosti sklopova i uređaja

Ukupan intenzitet kvarova elemenata, sklopova i uređaja automatike (λ_u) može se odrediti izračunavanjem ukupnog mogućeg broja kvarova na nekoliko načina:

- a) praćenjem i statističkom obradom kvarova više istih sklopova ili uređaja, uz iste radne uvjete, i u dužem ili kraćem razdoblju,

Tablica 3. Gustoća kvarova za neke karakteristične elemente uređaja automatike

R/b	Naziv	$\lambda = [\%/1\ 000\ h] = [10^4 \cdot 10^{-9}/h]$					K_i		
		N_n	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	a c	b d
		T_n							
1.	Slojni opteretni otpornici		0,101	0,114	0,132	0,155	0,185	1	3
2.	Papirni kondenzatori		0,0016	0,011	0,038	0,073	0,130	0,34	3
3.	Zavojnice, transformatori		0,005				0,200		
4.	Žičani potenciometri		0,120	0,250	0,410	0,510	0,690	1	10
5.	Diode Si (< 1 WATT)		0,020	0,033	0,051	0,073	0,100	0,73	10
6.	Diode Ge		0,195	0,325	0,510	0,73	1,00		
7.	Tranzistori Si (< 1 WATT) NPN		0,020	0,033	0,051	0,073	0,100	1,5	8
8.	Tranzistori Si (< 1 WATT) PNP		0,047	0,325	0,165	0,265	0,400	1,03	8
9.	Tranzistori Ge (> 1 Watt) PNP		0,154	0,033	0,400	0,580	0,800	1	
10.	Tranzistori GE (> 1 Watt) NPN		0,164	0,092	0,540	0,860	1,200	0,51	8
11.	Integrirani krugovi		0,010	0,260		1,500			8
12.	Sklopnici (do 6 kontakata)			0,320		0,001			
13.	Mali releji					0,010			
14.	Tipkala, osigurači					0,012			
15.	Mali motori (kolektorski)					1,600			
16.	Mali motori (kratkospojni)					0,700			
17.	Spojevi na stezaljkama					0,004			
18.	Lemni spojevi					0,020			
19.	Konektorski spojevi					0,050			
20.	Zavareni spojevi					0,002			
21.	Finomehanički spojevi					0,011			
22.	Brtveni spojevi					0,430			
23.	Finomehanički polužni prijenosnici					0,195			
24.	Finomehanički zupčasti prijenosnici					0,125			
25.	El. pokazni instrumenti					0,050			

b) određivanjem intenziteta kvarova na temelju proračuna i procjena ukupnog mogućeg intenziteta kvarova sklopova ili uređaja, na temelju poznatih podataka o sastavnim dijelovima, od kojih su sklopovi ili uređaji izrađeni.

Za ovakve proračune potrebni su svi podaci o komponentama, u obliku kakav je za neke od njih prikazan u tablici 3.

Na temelju ukupnog intenziteta kvarova mogu se onda izračunavati i raspoloživosti uređaja automatike, odnosno vjerojatno vrijeme između dva moguća kvara, odnosno $1/\lambda_u = T_m = \text{MTBF}$.

Sistematska praćenja intenziteta kvarova, na oba spomenuta načina, u principu su dosta složeni i dugotrajni poslovi. Nisu poznati primjeri ili pokušaji da se ove ili koje druge metode primjenjuju u održavanjima postrojenja u našim termoelektranama, iako vrijednost osnovnih sredstava i troškovi održavanja, pogotovo u sadašnjim uvjetima, zaslužuju veću pažnju i sistematsko istraživanje na tom području.

Za ilustraciju jednog pokušaja određivanja intenziteta kvarova i raspoloživosti glavnih i »najpokvarljivih« uređaja automatike mogu poslužiti podaci iz tablice 4, na temelju kakvih bi se moglo zaključivati i o vrijednostima pouzdanosti i raspoloživosti jednostavnih ili složenih sistema automatike.

Tablica je »izrađena« jednostavnom metodom određivanja broja kritičnih komponenata (u registratorima – pogonski i prijenosni mehanizmi; u pretvaračima – mehanizmi prijenosa pomaka i sile; u regulatorima – elementi za upravljanje i izlazni relejni sklo-

Tablica 4. Gustoće kvarova i raspoloživost uređaja automatike

Uređaji	$\lambda_u = [\%/1\,000\text{ h}]$	$T_m = \text{MTBF} [\text{h}]$
Registratori (električki)	0,5 – 1,5	2000 – 700 ?
Pretvarači (neelektrički/ /električki)	0,23 – 1,2	4350 – 850 ?
Regulatori (elektronički)	0,15 – 1,14	6700 – 1100 ?
Električki servomotori	0,27 – 1,8	3800 – 900 ?
Hidraulički servomotori	0,19 – 1,3	5300 – 1000 ?
Pneumatički servomotori	0,11 – 1,45	9000 – 1600 ?
Automatski analizatori	1,5 – 3,0	1000 – 500 ?

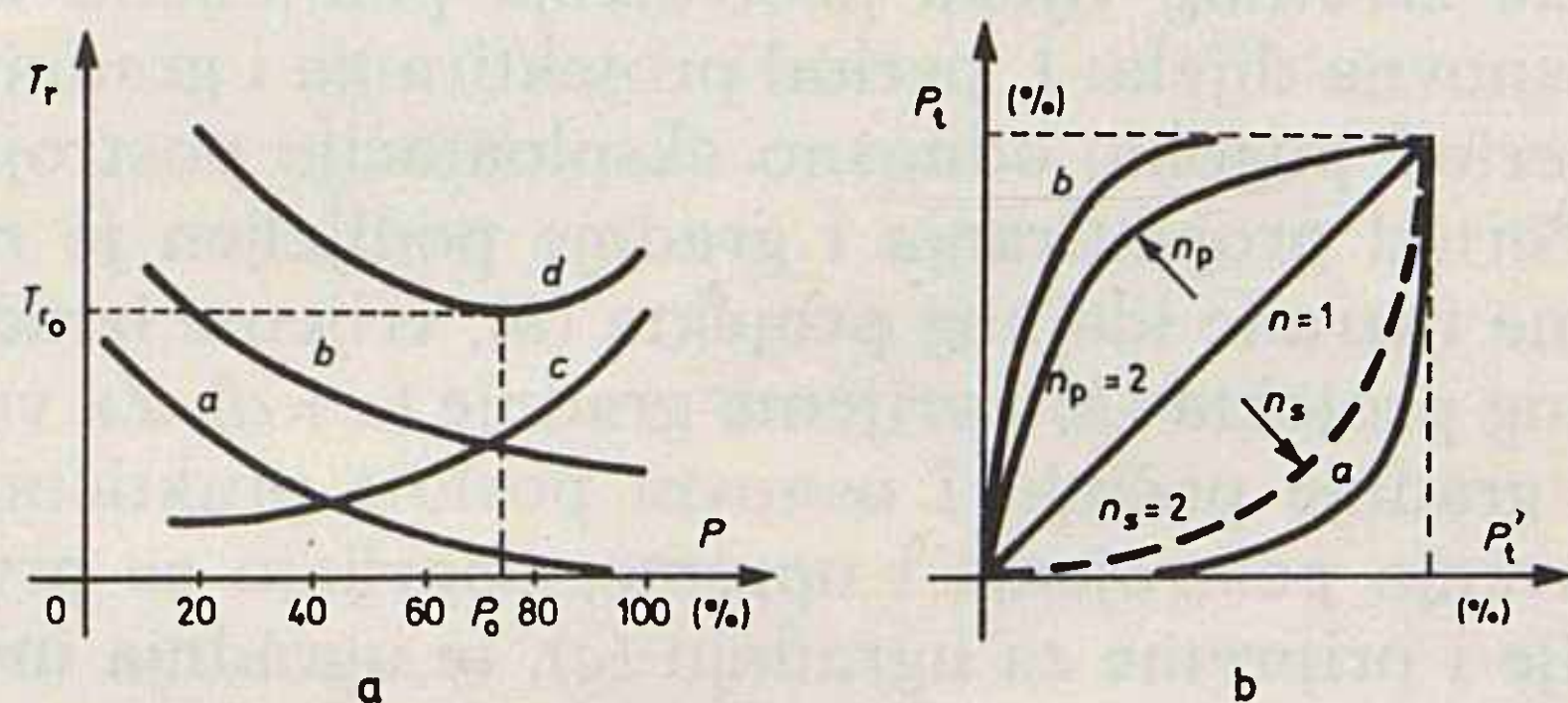
povi; u električkim servomotorima – elektromotori, prijenosni mehanizmi i mehanizmi ograničenja gibanja, itd.). Vrijednosti intenziteta kvarova postavljene su između optimističkih i pesimističkih, gdje optimističke odgovaraju normalnim uvjetima rada, a pesimističke izvanredno teškim slučajevima neprilagođenosti procesnih postrojenja i uređaja automatike. Procijenjene vrijednosti ne izgledaju lošije nego praktične, pa bi i u ovom pogledu stvarno stanje trebalo detaljnije razmotriti i na temelju svestrane analize donijeti određene zaključke, preporuke i norme s kojima bi se postojeće stanje unaprijedilo.

2.1.3. Utjecaji automatike na ukupnu pouzdanost postrojenja

Jedna od osnovnih zadaća sklopova, uređaja i sistema automatike jest i zaštita postrojenja i procesa od neželjenih djelovanja i kvarova.

Sa sklopovima, uređajima i sistemima za zaštitu i signalizaciju osiguravaju se normalni uvjeti i pripreme pogona, puštanje u pogon, održavanje propisanog režima rada i pogona, signaliziranje prekoračenja kontroliranih vrijednosti mjerenih i reguliranih veličina, te blokiranje rada i zaustavljanje postrojenja u slučajevima neželjnih i opasnih režima rada.

Pouzdanost automatike jest ekonomska kategorija, ali se ona u mnogo slučajeva tretira prvenstveno s gledišta sigurnosti procesa, postrojenja, okoline i ljudi. Tako su poznati troškovi osiguranja pouzdanosti (slika 4.a) koji se sastoje od više pojedinačnih troškova.



Slika 4.

To su prije svega troškovi zastoja (a), koji se smanjuju s povećanjem pouzdanosti, i troškovi održavanja (b), koji su također manji što je pouzdanost veća. Troškovi osiguranja sve veće pouzdanosti (c) rastu eksponencijalno, pa se teoretskoj 100-postotnoj pouzdanosti (P) praktično ne isplati ni približavati. Kod elektroničkih i električkih uređaja i sistema općenito, a slično je i kod ukupne pouzdanosti automatike (d) minimum ukupnih troškova (T_{ro}) postiže se kod 70-80% pouzdanosti uređaja i sistema. Kod automatike u termoelektranama, a posebno kod njezinih zaštitnih i signalnih sklopova, uređaja i sistema, pouzdanost, često i bez obzira na cijenu, mora biti maksimalno moguća. To se postiže prvenstveno odabirom pouzdanih komponenata, sklopova, uređaja i sistema. I tu su, međutim, mogućnosti osiguranja maksimalne pouzdanosti praktično ograničene, pa se umjesto povećanja fizičke pouzdanosti pojedinih elemenata ukupna pouzdanost povećava povećanjem paralelnih rezervnih i radnih sklopova, odnosno smanjivanjem broja serijski vezanih radnih sklopova.

Općenito uzevši, veoma je važno (slika 4. b) uvijek, pri svakome razmatranju i rješavanju zadataka pouzdanosti automatike, polaziti od činjenice da pri povećavanju broja serijski vezanih sklopova, (n_s) uređaja itd. (na primjer u mjernim slogovima i regulacijskim krugovima) i uz veliku vlastitu pouzdanost pojedinih komponenti (P_i) ukupna pouzdanost uređaja ili sistema (P_t) brzo opada (karakteristika a). U suprotnom slučaju, pri paralelnom vezanju, a to je uvijek u slučajevima prigradnji paralelnih (n_p) radnih (»vrućih«) ili rezervnih sklopova ili uređaja, ukupna pouzdanost raste (karakteristika b). Te činjenice potkrepljuju i podaci iz tablice 5. čije su vrijednosti navedene za najčešće primijenjivane zaštitne spojeve i redundantne slogove u automatici.

Osiguranje pune raspoloživosti i pouzdanosti uređaja i sistema automatike od presudne je važnosti za

Tablica 5. Pouzdanosti djelovanja jednostavnih redundantnih zaštitnih spojeva

R/b	Naziv spoja	Logička shema	Vjerojatnost prorade	
			istinita	neistinita
1	„jedan od jednog“		0,9	0,9
2	„jedan od dva“		0,99	0,81
3	„dva od dva“		0,81	0,99
4	„dva od tri“		0,997	0,97

cjelokupni rad termoelektrana. Posebno je to važno pri povećavanju djelovanja sklopova uređaja i sistema zaštite i signalizacija. Svaki problem i tehničko rješenje ovih sistema mora se detaljno i svestrano razmotriti. Tako se mogu izbjeći slučajevi izvođenja nepouzdanih sistema zaštite postrojenja. To se, na primjer, događa kad svi potrebni uvjeti nisu sklopovski i tehnički ugrađeni u uvjete rada postrojenja, pa ona zbog toga stradaju, ili kad se tehnički postavljaju i oni uvjeti koji nisu potrebni, pa zbog njih dolazi do prekobrojnih nepotrebnih ispada postrojenja. U oba ovakva slučaja pogoršavaju se praktične granice primjene i djelovanja automatike.

Ovim problemima trebalo bi u nas prići studioznije, te pomoću njihovih logičkih rješenja optimirati i praktične granice automatike u termoelektranama.

3. OGRANIČENJA PUŠTANJA U POGON I ODRŽAVANJA AUTOMATIKE

Radnici koji rade na poslovima i zadacima održavanja uređaja i sistema automatike susreću se svakodnevno s mnogo problema različitih vrsta. Svi problemi, u krajnjoj liniji, određuju i praktične granice djelotvornosti automatike. Uzroci nastojanja ovih problema su višestruki, od kojih se kao najvažniji mogu spomenuti sljedeći:

- organizacijski, koji nastaju zbog neriješenih ili neoptimalnih formi organizacija odjela ili službi za održavanje automatike,
- tehnološki, koji nastaju zbog otežanih održavanja automatike iz ranije nabrojanih razloga (neprilagođenosti procesnih postrojenja i automatike, neunificirane opreme, otežane ili nemoguće nabave rezervnih dijelova itd.),
- kadrovski, koji nastaju zbog nedovoljnog broja i neoptimalne stručnosti kadrova za održavanje automatike.

Uzroci neoptimalnosti ostalih vrsta održavanja (strojarsko održavanje, elektroodržavanje itd.) slični su, pa ove probleme neefikasnosti održavanja treba rješavati sistemski, u sklopu cjelokupne proizvodnje i poslovanja termoelektrana. Parcijalna rješavanja i u spomenutom pogledu ne daju optimalne rezultate, a vrlo često donose i više štete nego što koriste.

3.1.1. Utjecaji organizacije održavanja na ukupnu djelotvornost automatike

Iako u pogledu efikasnosti organizacija održavanja postoje različita mišljenja, činjenice pokazuju da nije svejedno koja se organizacijska forma primjenjuje u održavanjima postrojenja. U nas postoji nekoliko formi organizacije održavanja postrojenja termoelektrana, a to su:

- Organizacije u kojima se svaka vrsta održavanja (strojarstvo, elektronika, automatika, građevinarstvo) formira u posebne veće ili manje grupe radnika sa statusom praktično nezavisnih Odjela održavanja. Samostalnost u radu ovakvih Odjela je veća, ali tehnološka, iako veoma važna, integriranost je manja i manje djelotvorna.
- Organizacije u kojima su sve spomenute vrste održavanja organizacijski objedinjene u jedan odjel s više organizacijskih jedinica, grupa i podgrupa radnika. Ovaj tip organizacije je za mnoge vrste poslova tehnološki bolje usmjeren integriran i ukupno djelotvorniji.

U obje spomenute varijante organizacija moraju postojati dobre mogućnosti vertikalnog i horizontalnog povezivanja i formiranja radnih grupa za izvršavanje poslova preventivnog, tekućeg i investicijskog održavanja.

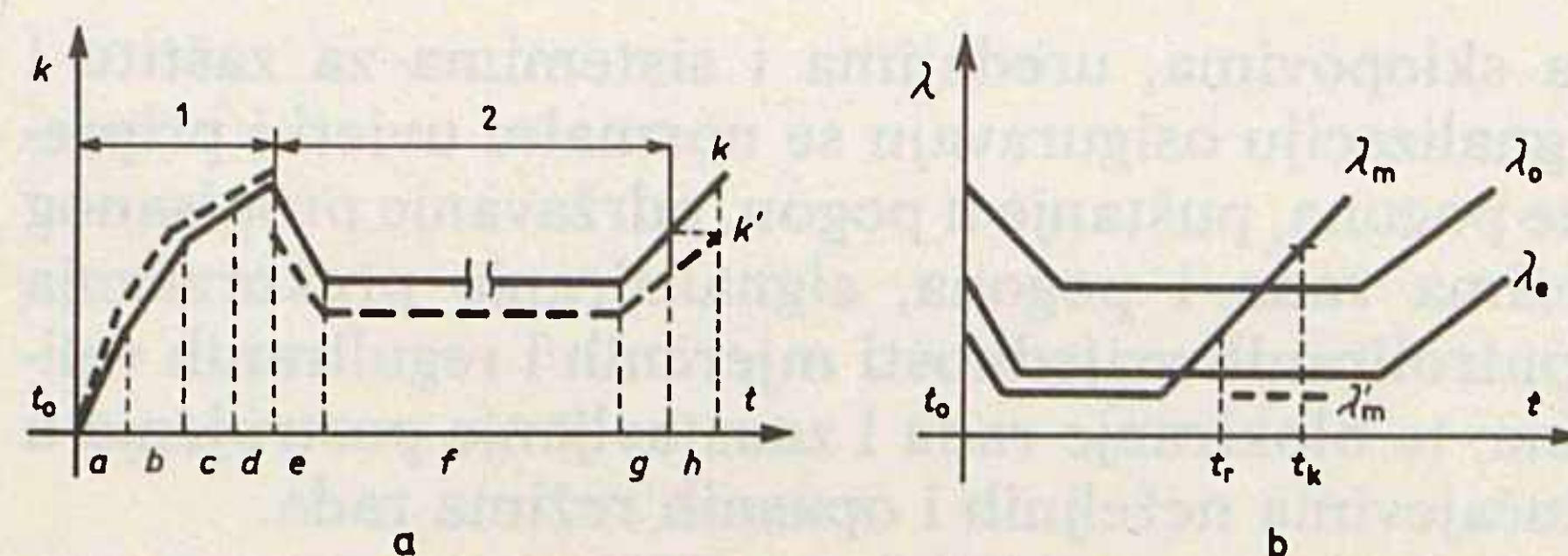
Području organizacije održavanja, osim održavanja osnovnih postrojenja proizvodnje i prijenosa energije, pripadaju i održavanja mnogih manje važnih uređaja i sistema (uređaji uredske opreme, prehrambeni automati, protupožarni uređaji i sistemi klimatizacije, kontrolni uređaji na portama itd.), za čije se održavanje trebaju ili moraju angažirati i specijalni servisi izvan termoelektrana.

Optimiranje vrsta i količina poslova u okvirima organizacijskih jedinica također je jedan od važnih zadataka ukupne organizacije održavanja u termoelektranama. Ekstenziviranje poslova održavanja sa sporednim i manje važnim poslovima znatno smanjuje kvalitetu održavanja glavnih tokova procesa i postrojenja i znatno povećava ukupne društvene troškove održavanja.

Zbog spomenutih, a i mnogo drugih razloga, treba i organizacijske forme održavanja u našim termoelektranama podvrći svestranoj analizi i pronaći najbolje načine za njihovo poboljšavanje.

3.1.2. Tehnološki i operativni utjecaji na optimalnost održavanja automatike

Sve navedene činjenice govore u prilog tvrdnji da se poslovi na osiguravanju optimalne primjene automatike i za njezino održavanja moraju započeti znatno prije puštanja postrojenja u pogon. Održavanje automatike, kao i ostalih dijelova postrojenja i zgrada, moraju započeti s razradom prvih ideja o izgradnji termoelektrana. Opće kretanje troškova optimiranja i održavanja (k) pokazuje se s poznatim grafičkim prikazima (slika 5.a i b).



Slika 5.

Ovdje je čitavo razdoblje od početka projektiranja, gradnje, puštanja u pogon, vrijeme pogona i završno vrijeme životnog vijeka postrojenja podijeljeno na dva osnovna dijela: 1. period projektiranja i gradnje, i 2. period pogona, odnosno eksploatacije postrojenja. Period projektiranja i gradnje podijeljen je na vrijeme razrade idejnog projekta (a), vrijeme izrade glavnog projekta (b) i vrijeme gradnje (c+d). Za vrijeme gradnje počinju i osnovni poslovi praktičnog održavanja postrojenja i opreme, obavljaju se prve revizije i pripreme za ugradnju (c), te ugradnja uređaja mjerenja i automatike (d).

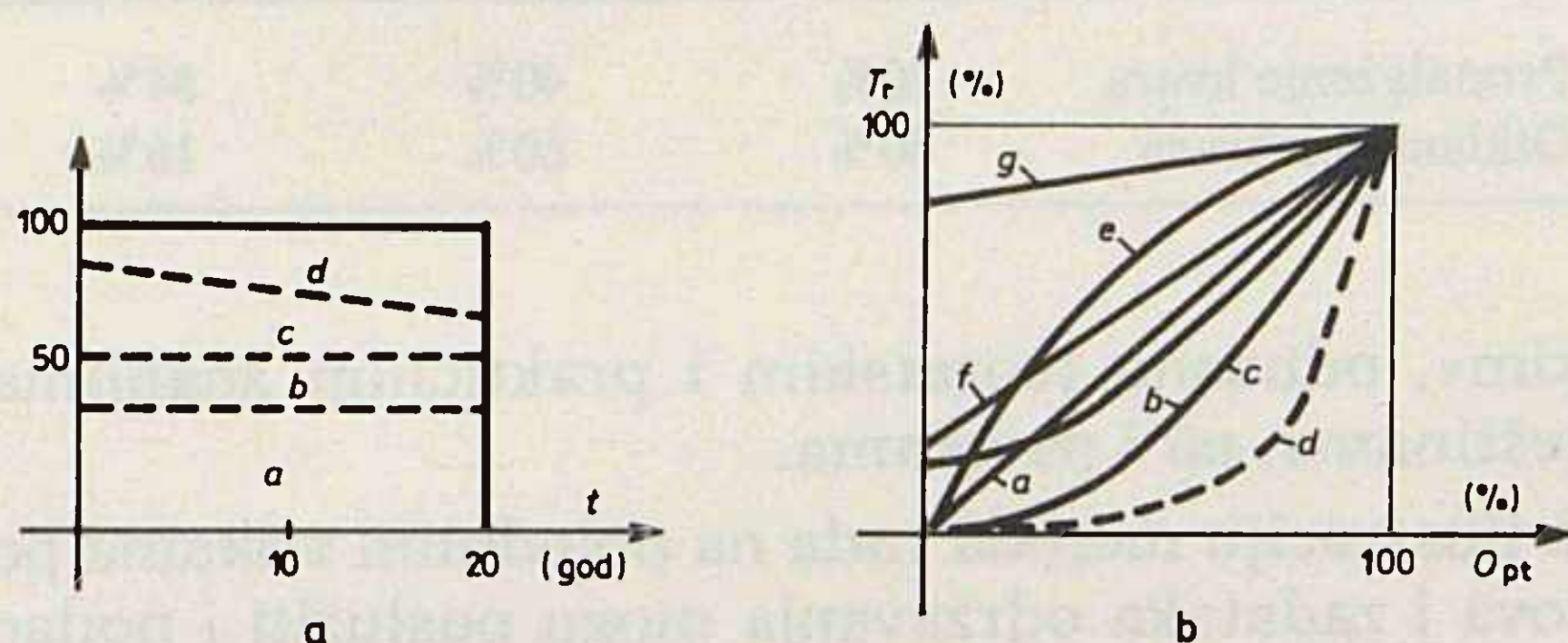
Za cijelo vrijeme projektiranja i gradnje prisutni su i troškovi u vezi s budućim održavanjem (osiguranje kvalitete i dr.), ali se oni obično posebno ne iskazuju. Ti se troškovi ne smiju nikada zaboraviti, treba ih predvidjeti i optimalno iskoristiti. Ponekad se u toj fazi želi uštedjeti, no zbog takve »štednje« kasnije će troškovi biti višestruko veći od prvobitno iskalkuliranih »ušteda«. Rezultati zanemarivanja tih činjenica su nepouzdana nekompatibilni i neunificirani uređaji, mnogo isporučilaca opreme, neujednačena projektna, tehničko-tehnološka dokumentacija, manjkave upute za rukovanje i održavanje postrojenja i uređaja, otežana obuka rukovalaca i održavalaca postrojenja i mnoge druge direktne ili indirektno štetne posljedice koje iz toga proistječu.

Zato pri projektiranju postrojenja i automatike treba uzimati u obzir činjenicu da se svaki rad i racionalizacija usmjerena na poboljšanje kasnijih poslova održavanja višestruko isplati u ukupnim nižim troškovima održavanja (karakteristika održavanja k') i dužem vijeku ukupnog trajanja i rada.

U održavanju uređaja i sistema općenito, pa tako i u održavanju automatike, postoje tri osnovna perioda:

- Period uhođavanja (»dječjih bolesti«) uređaja i sistema mjerenja, reguliranja, zaštite i signaliziranja. Taj period je relativno kratak (e) i poklapa se s periodom garancije proizvođača opreme. Troškovi održavanja u ovom razdoblju trebali bi biti uglavnom troškovi zastoja proizvodnje.
- Period normalnog rada i životnog vijeka postrojenja (f). Taj bi period u normalnim uvjetima eksploatacije termoelektrana trebao trajati najmanje 20 godina. U ovom razdoblju ukupni su troškovi održavanja znatno niži. Prosječno, njihova trećina ide na troškove nabave rezervnih dijelova, a dvije trećine na troškove rada.
- Nakon perioda normalne eksploatacije dolazi do perioda istrošenosti opreme (g), i u normalnim uvjetima rada, zbog starenja i habanja dijelova i

sistema. U tom periodu povećavaju se troškovi održavanja, pa se uređaji i sistemi moraju otpisati ili zamijeniti novima. Ako se osigura propisana i moguća kvaliteta uređaja, vijek trajanja može se znatno produžiti za kraći ili duži period (h).



Slika 6.

3.1.2.1. Specifičnosti puštanja u pogon i održavanja automatike

Već je spomenuto da postoje znatne razlike u izvedbama, složenosti, načinima i uvjetima djelovanja uređaja i sistema automatike u odnosu na druge vrste uređaja u termoelektranama. Te se specifičnosti mogu prikazati i grafički (slika 5. b) u oblicima odgovarajućih karakteristika intenziteta kvarova (λ_m — intenziteti kvarova mehaničkih — strojarskih uređaja, λ_e — intenzitet kvarova električkih uređaja i λ_a — intenzitet kvarova uređaja automatike). Intenzitet, odnosno broj kvarova na uređajima automatika je najveći jer su ti uređaji i sistemi izgrađeni od najvećeg broja komponenata, pa je otuda i logično da je na njima najveći ukupan broj kvarova. U normalnim uvjetima pogona i održavanja uređaji i sistemi automatike se i najčešće kvare kako u uhodovanju, tako i u toku cijelog životnog vijeka, i perioda otpisivanja ili zamjene. Tok intenziteta, uz manji ukupan broj kvarova, sličan je i kod električnih uređaja (λ_e). Strojarski dijelovi i oprema, zbog habajućih dijelova i njihove fizičke opterećenosti (mehanička i toplinska naprezanja, podlježu i odgovarajućem ukupnom broju kvarova (λ_m), a kraće je i vrijeme trajanja pojedinih dijelova postrojenja (ekranske i pregrijačke cijevi, ležaji rotacionih strojeva itd.). Zbog toga je potrebno remontirati ili zamijeniti strojarske dijelove i postrojenja znatno ranije (t_r), čime se pravovremeno smanjuju opasnosti od većih kvarova (t_k).

Ukupni troškovi popravka proporcionalni su vrijednostima osnovnih sredstava, pa je održavanje strojarskih uređaja i postrojenja u prosjeku 5 — 10 puta skuplje nego održavanje automatike.

Smanjivanje broja kvarova automatike (λ_a) može se postići na više načina, a jedan od najboljih je, svakako, povećanje pouzdanosti komponenata i sistema. Pouzdanost košta, ali i vrijedi, pa su troškovi održavanja pouzdanih profesionalnih komponenata i uređaja automatike znatno manji od troškova održavanja uređaja i sistema automatike u kućanskim aparatima. To, naravno, vrijedi za normalne uvjete eksploatacije i ispravnu ugradnju, puštanje u pogon i ugađanje za rad u propisanim uvjetima. Nepropisno puštanje u pogon znatno povećava broj početnih kvarova

na uređajima automatike (nepropisno spajanje, neadekvatni naponi napajanja, ispitivanje pod prevelikim opterećenjima, pokusi tlačenja cjevovoda uz nezaštićene uređaje automatike itd.).

Zbog složenosti uređaja i sistema automatike i njihove praktične dostupnosti i specifičnog, prije spomenutog zadatka povezivanje čovjeka (rukovaoca) i stroja (postrojenja — kotla, turbine, bloka itd.) nastaje i određeni dodatni početni broj kvarova kao posljedica neadekvatnih i neprimjerenih djelovanja ispitivača postrojenja i rukovalaca. Intenzitet tih kvarova veoma je teško točno odrediti, iako je iz praktičnih primjera poznato da je on dosta velik, pa često iznosi 20 — 60 % ukupnih troškova održavanja automatike, i to ne samo u početku eksploatacije nego često i kasnije, u normalnom pogonu.

Distribucija kvarova na uređajima i sistemima automatike prema vrstama uzroka slična je onima na električkim i strojarskim dijelovima opreme. Kvalitativni i približno kvantitativni prikaz intenziteta uzroka ovih kvarova dan je na slici 6a.

Najveći broj kvarova nastaje slučajno (a), i njihov ukupan broj iznosi 40 — 50 % ukupnih kvarova. Drugi dio kvarova i zastoja (b) nastaje zbog trošenja materijala i brzohabajućih dijelova (registracijski papiri, vrpce, tekućine, puferske kemikalije, lokalni akumulatori i baterije itd.), a ukupan je iznos tih kvarova 15 do 20 %. Treći dio kvarova (c) nastaje zbog početnih oštećenja i slabih mjesta (loša područja rada izvršnih organa, pogrešne manipulacije, nepouzdanost komponente i sklopovi itd.), što također iznosi 15 do 20 % ukupnog broja kvarova. Ostatak broja kvarova (d) nastaje zbog normalnog dugotrajnog pogona i starenja materijala i komponenata, istrošenja dijelova i mehanizama, pogoršavanje električkih karakteristika itd.

Česte promjene pogonskih opterećenja također znatno utječu na nastajanje kvarova uređaja automatike. To se naročito odnosi na električne i mehaničke komponente u ovim uređajima i sistemima. Prikaz troškova u ovisnosti o opterećenjima pokazan je na slici 6b. Od svih kvarova i troškova održavanja jedino su o opterećenju linearno ovisni troškovi kvarova zbog normalnih pogonskih trošenja (a) koja nastaju, na primjer, abrazijom sjedišta i pladnjeva ventila, trošenjem filtera itd. I habanje pokretnih mehaničkih dijelova ima linearan tok (b), ali se ono pojavljuje i pri stanju mirovanja (oštećenje dosjeda u ležajima, pogonskim i prijenosnim mehanizmima itd.). Električka opterećenja imaju izrazito nelinearan utjecaj na ukupna trošenja komponenata (c), koja nastaju zbog starenja materijala i gubljenja karakteristika (promjene otpora, kapaciteta, magnetskih svojstava, pomaci statičkih radnih točaka itd.). Ta je nelinearnost izrazita kod električkih zavojnica (d) i transformatora (pregrijavanje, starenje materijala, starenje izolacije, električki proboji itd.). I troškovi zbog toplinskih utjecaja (e) imaju nelinearan odnos prema opterećenjima (promjena otpora, kapaciteta, induktivniteta, te direktnog i indirektnog zagrijavanja elemenata i sklopova, oštećenje mehaničkih dijelova, ležajeva itd.). Kemijska oštećenja (f) nastaju i kod

uređaja izvan pogona (korozije kontakata, gubitak kapacitete elektrolita, blokiranje korozijom i talozi-
ma, gubljenje magnetskih i električkih karakteristika
itd.). Troškovi održavanja vanjskih zaštita (kućišta,
ormara, upravljačkih ploča, pultova itd.) postoje u
najvećoj mjeri i kod uređaja koji su izvan pogona (*g*).
Ima još mnogo drugih specifičnosti, a i velikih slič-
nosti s drugim vrstama uređaja, u pogonskom djelo-
vanju i održavanju komponenata, sklopova, uređaja i
sistema automatike, ali ih je ovdje nemoguće sve na-
brajati. Oni znatno utječu na sve faze djelovanja ure-
đaja i sistema, i postrojenja, i automatike, a znatno
utječu i na uvjete rada rukovalaca i održavalaca po-
strojenja. Na temelju njih trebalo bi znanstveno i
točno određivati ukupan potreban rad, vrste poslova
i zadataka i njihovo potrebno trajanje, te broj i struč-
ne kvalifikacije radnika za održavanje.

3.2. Specifičnosti poslova i zadataka održavanja
 automatike

Određivanjem ukupnog broja kvarova na uređajima
i sistemima automatike treba se, uz procjenjivanje ili
izračunavanje radnih normi, odrediti i ukupno po-
trebno vrijeme održavanja. Isto bi tako trebalo odre-
diti broj radnika i njihove potrebne stručne kvalifi-
kacije za obavljanje ovih poslova. Taj je posao dugo-
trajan i složen, pa se u najvećem broju slučajeva or-
ganiziranja odjela i grupa za održavanje automatike,
namjerno i uz različita obrazloženja u nas zaobilazi.
Uzrokom takvog stanja u prvom su redu spomenute
specifičnosti održavanja uređaja i sistema automati-
ke. Još jedna takva, i zapravo presudna specifičnost
ovih poslova, odnosno njihovo trajanje vidi se i iz
tablice 6.

Iz tablice se vide vrlo velike razlike u poslovima i za-
dacima radnika održavalaca raznih struka. Podaci
govore mnogo o metodama rada i mogućnostima nji-
hova normiranja, »dijagnostičkim«, i »terapeut-

Tablica 6. Procentualne vrijednosti vremena pronalaženja i
uklanjanja kvarova

Vrsta poslova	Strojarstvo	Elektro- tehnika	Automatika
Pronalaženje kvara	20%	40%	84%
Otklanjanje kvara	80%	60%	16%

skim«, odnosno teoretskim i praktičnim znanjima,
vještinama, pa i navikama.

Za ilustraciju metoda rada na pojedinim vrstama po-
slova i zadataka održavanja mogu poslužiti i podaci
iz tablice 7.

Navedeni podaci govore i o mnogim drugim reperku-
zijama koje proizlaze iz navedenih velikih razlika po-
slova i zadataka. Detaljna analiza i provjera navede-
nih podataka mora rezultirati temeljitom selekcijom
i izobrazbom različitih stručnih profila radnika
održavalaca.

3.3. Optimiranje i praćenje troškova održavanja

Ukupni troškovi održavanja automatike sastoje se od
dvije glavne vrste troškova: troškova rada (oko 2/3),
i troškova materijala (oko 1/3 ukupnih troškova). To
su orijentacione vrijednosti od kojih se, iz objektiv-
nih i subjektivnih razloga, najčešće manje ili više od-
stupa. Glavni uzročnici odstupanja su nepoznavanje
stvarnih materijalnih potreba (rezervnih dijelova i
materijala) i potreba radne snage (ukupan potreban
rad, broj radnika, kvalifikacije, struke, smjerovi, spe-
cijalizacije itd.).

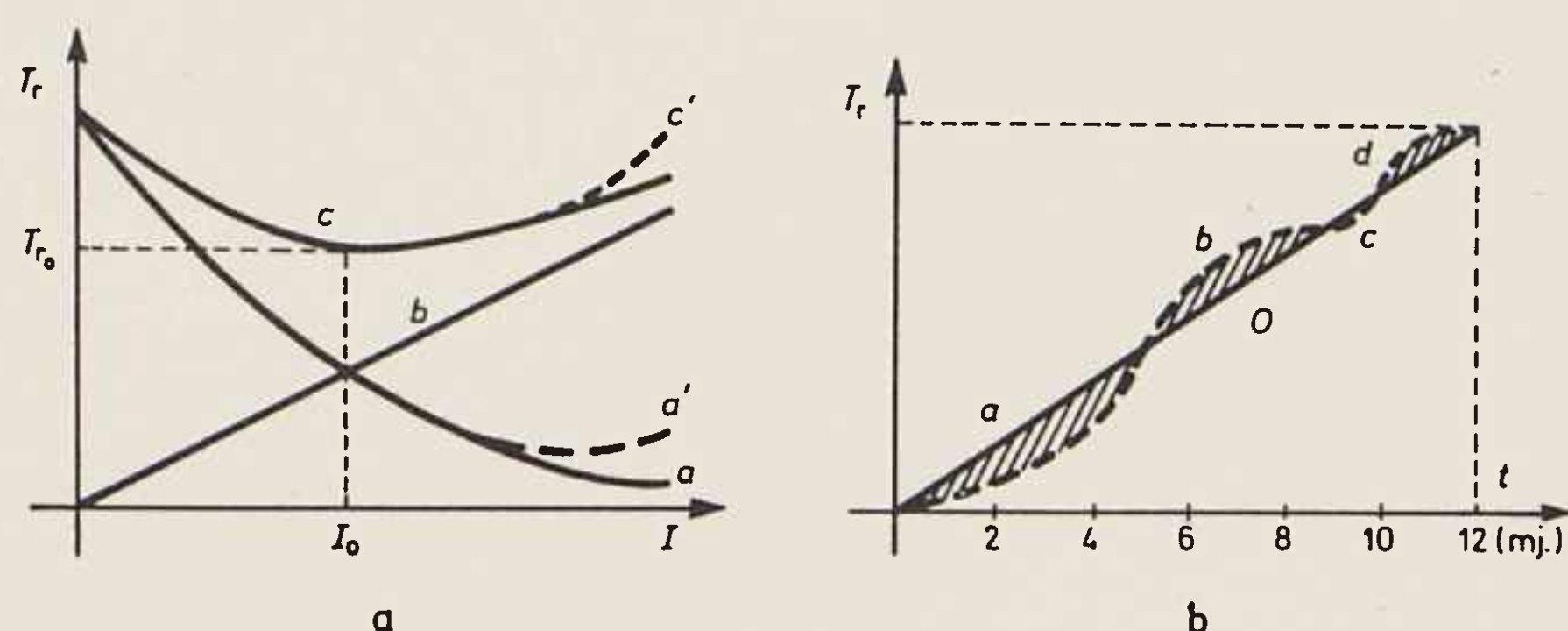
Troškovi održavanja ovise i o njegovu intenzitetu, od-
nosno o vrstama i količinama poslova održavanja ko-
ji se obavljaju. Količina poslova mora također biti
optimirana, a optimirane moraju biti i zalihe rezerv-
nih dijelova i materijala.

Tablica 7. Procentnalni iznosi vremena određivanja stanja postrojenja i uređaja

Područje rada	Način određivanja stanja			
	Subjektivno		objektivno	
	gledanjem, opipom, osjetom	%	procesni instrumenti	pomoćni instrumenti
Strojarstvo	— stanje procesa — mehaničko stanje — toplinsko stanje — zvuk, šum...	80	procesni mjerni instru- menti, električka mjeri- la napona i struje	mehanička mjerila obli- ka i dimenzija
Elektrotehnika	— mehaničko stanje — toplinsko stanje — naponsko stanje — zvuk, šum...	60	mjerila napona, struje, snage, tempera- ture, električni signalni i zaštitni uređaji	univerzalna mjerila, električna mjerila za baždarenje
Automatika (elektronika)	— mehaničko stanje — naponsko stanje — stanje signala — stanje procesa — zvuk, šum	20	mjerila električnih i procesnih veličina, pro- cesni zaštitni i signalini uređaji	električni, elektronički, mehanički, procesni is- pitni uređaji, mehanič- ka mjerila oblika i di- menzija

Optimiranje zaliha izvodi se tako da se osigura maksimalno brzo uklanjanje kvarova i zamjena dijelova. To osiguranje mora iznositi 70-100% od maksimalnog, teoretski mogućeg. Tako za 98% osiguranja normalnog toka održavanja treba osigurati samo 70% teoretski potrebnih, maksimalnih zaliha rezervnih dijelova i materijala. To, naravno, vrijedi onda kada je omogućena brza nabava materijala ili rezervnih dijelova od isporučilaca opreme. S tog stajališta treba promatrati i sve poteškoće koje nastaju kod održavanja uvozne ili domaće opreme automatike.

Optimiranje ukupnih troškova održavanja (T_r) u ovisnosti o intenzitetu održavanja (I) pokazano je na slici 7a.



Slika 7.

Ukupni troškovi održavanja (c) sastoje se od troškova zastoja (a) i troškova održavanja (b). Minimum troškova nastaje pri optimalnom intenzitetu održavanja (I_0). Prevelik intenzitet održavanja zahtijeva i veće troškove održavanja i zastoja (a'), a time i veće ukupne troškove održavanja (c').

Praćenje i usklađivanje troškova održavanja također bi se moralo optimirati. To znači da bi planovi i godišnje trošenje sredstava (T_r) u toku jedinica vremena održavanja (mj) morali međusobno maksimalno korelirati (slika 7b). U praksi ni to nije slučaj, pa nastaju brojna odstupanja planova i realizacije održavanja. Tako se, na primjer, u termoelektranama — top-
lanama planovi i troškovi održavanja realiziraju niže od plana u prvim mjesecima tekuće godine (*a*), manje ili znatno premašuju u periodu sezone remonata (*b*), podbaciju prije početka ogrjevnog sezone (*c*) i ponovno prebacuju na kraju jeseni i početkom zime (*d*) zbog sve većeg opterećivanja i malih »repriza dječjih bolesti« nakon godišnjih remonata i ponovnih puštanja postrojenja u pogon.

ZAKLJUČAK

Teoretske mogućnosti primjene i optimiranja djelovanja automatike ovise prvenstveno o optimalnosti koncepcije i praktične izvedbe procesnih dijelova termoelektrana, te ostvarene optimalne logike vođenja termoenergetskih procesa u kotlovskim, turbinskim i pomoćnim dijelovima postrojenja. Optimalnost djelovanja automatike ovisi također o pouzdanosti i raspoloživosti komponenata i sklopova mjernih i upravljačkih uređaja i sistema, o njihovoj tehnolozičnosti i prilagođenosti rukovanju i održavanju. Sve te karakteristike, o kojima ovisi optimalnost primjene au-

tomatike u našim termoelektranama, treba analizirati i na temelju njih donijeti nove ili dodatne propise, preporuke i smjernice koje će unaprijediti rad postojećih termoelektrana i onih koje će se ubuduće graditi.

LITERATURA

- [1] A. BALDIN i dr.: »Priručnik za održavanje industrijskih postrojenja«, OMO, Beograd, 1979.
- [2] Zbornici radova, OMO, Beograd, 1975-1985.
- [3] Z. VUKOVIĆ: »Ekonomika elektroničkih uređaja«, ETF, Zagreb, 1969.
- [4] Zbornik radova sa savjetovanja o termoelektranama Jugoslavije, Ohrid, 1985.
- [5] Zbornici radova »Jurema« Zagreb, 1980-1985.
- [6] W. ALERTE i dr.: »Leittechnik in Kraftwerk«, KWU, Erlangen, 1983.
- [7] W. KINDERMANN: »Leittechnik für Turbosätze«, KWU, Erlangen, 1984.
- [8] U. VUDSON, D. KONOVER: »Spravočnik po inženernoj psihologiji«, »Mir«, Moskva, 1968.
- [9] Propisi VDI/VDZ 3501, 3502, 3503, 3504, 3505, 3506
- [10] GÜNTER KLEFENZ: »Die regelung von Dampfkratwerken«, B. Manheim, 1973.
- [11] GÜNTER KLEFENZ: »Berechnungsverfahren für die Dampftemperaturregelung«, Mitteilung VGB, 1972.
- [12] P. PROFOS: »Die Regelung von Dampfanlagen«, Springer Verlag, 1962.
- [13] B. KALAN, Ž. NIKOLIĆ: »Program osiguranja i kontrole kvalitete uređaja i sistema regulacije termoenergetskih jedinica«, I i II dio, Institut za elektroprivredu Zagreb, 1985.
- [14] M. P. ŠALJMAN: »Kontrolj i upravljenje na elektrostancijah«, »Energije«, Moskva, 1979.
- [15] H. GROTHUS: »Planiranje troškova održavanja«, YU-MO, Beograd, 1977.
- [16] M. ARNOLD: »Karakteristike raznih shema regulacije napajanja generatora pare«, »Energija«, Zagreb, 1981.
- [17] H. SCHINK: »Fibel der Verfahrensregelungstechnik«, R. Oldenburg München — Wien, 1973.
- [18] V. KECMAN: »Dinamika procesa«, Sveučilišna naklada Liber, Zagreb, 1985.
- [19] GRUPA AUTORA: »Studija koncepcije upravljanja termoenergetskih blokova«, »Rade Končar«, Zagreb, 1982.
- [20] F. RAJIĆ: »Uzroci i načini smanjivanja pogrešaka mjerenja procesnih veličina«, ZEOH, Zagreb, 1983.

THE PRACTICAL LIMITATIONS OF AUTOMATIC CONTROL IN TPP

In the article are described theoretical and practical problems and criteria for optimization of ideas, design, construction, start-up, operation, operation schedule as well as optimization of operation and maintenance of automatic control, equipment and systems, process measurements, regulation and annunciation and protection systems. Now a day condition is described as well as problems with increasing of reliability and availability of elements, equipment and systems, specific requirements for operators, optimization of maintenance, optimization of spare parts and other practical problems.

In the article is suggested a way for examination and rational design, construction, operation and maintenance of automatic control and process computer equipment.

PRAKTISCHE GRENZEN DER AUTOMATIK IN WARMKRAFTWERKEN

In der Arbeit spricht man über theoretische und praktische Probleme und Kriterien zur Optimierung der Ideen-Lösungen des Projektierens, des Bauens und der Instandsetzung der Betriebe und der Betriebs-Regime, sowie des Optimierens der Arbeit und der Wartung der Automatik, bzw. der Anlagen und der Systeme der Pro-

zess-Messungen, des Handhabens, des automatischen Regulierens und der Signal und Schutzanlagen und Systeme. Man beschreibt den tatsächlichen Zustand und die Probleme einer größeren Zuverlässigkeit sowie die Möglichkeiten der Elemente, Anlagen und Systeme, besondere Aufgaben der Wartungsarbeiter-Automatiker, die Schwierigkeiten im Optimieren der Intensität der Wartung, die Optimierung der Vorräte von Ersatzteilen und andere praktische Probleme und Beschränkungen des optimalen Amortisierens der Wärmekraftwerke.

Es wird hingewiesen auf Forschungsrichtlinien und Möglichkeiten des Rationalisierens, des Projektierens, des Bauens, der Nutzung und Wartung der Ausrüstung der Automatik und der Rechnungstechnik in Wärmekraftwerken.

ПРАКТИЧЕСКИЕ ПРЕДЕЛЫ АВТОМАТИКИ ТЕПЛОВЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

В работе приводятся теоретические и практические проблемы и критерии оптимизации идейных решений, проектирования, сооружения, пуска в эксплуатацию, эксплуатации и эксплуатационных режимов, а также оптимизация действия и обслуживания автоматики, т.е. устройств и систем процессных измерений, управления, автоматических регулирований и сигнальных и защитных уста-

новок и систем. Описывается состояние и проблемы повышения надежности и располагаемости элементами, устройствами и системами, специфичность работы обслуживающего персонала-автоматчиков, затруднения оптимизации интенсивности обслуживания, оптимизация резервов запчастей и другие практические вопросы и ограничения оптимального автоматизирования тепловых электростанций.

Дается направление на пути исследования и возможности рационализации проектирования, сооружения, эксплуатации и обслуживания оборудования, автоматики и вычислительной техники тепловых электростанций.

Naslov pisca:

mr Florijan Rajić, dipl. inž.
»Elektrana-Toplana«,
41000 Zagreb,
Zagorska 1, Jugoslavija

Uredništvo primilo rukopis
1986-06-06

ANALIZA I IZBOR NAJPOVOLJNIJEG UKLOPNOG STANJA TS 380/220/110 kV MELINA

mr Zdenko Tonković, Zagreb

UDK 621.315/316
PREGLEDNI RAD

Istražuje se optimalno uklopno stanje vodova i transformatora na dvostruke sisteme sabirnica 110 i 220 kV. Svrha je istraživanja povećanje pogonske sigurnosti mreže u području Rijeke.

Ključne riječi: područje Rijeke, TS Melina, prijenosna mreža, uklopno stanje.

Imali smo već prilike iznositi i rješavati problem preizgrađenosti mreže kada su dugački, malo opterećeni 380 kV vodovi generirali velike jalove snage uzrokujući napone visoko preko svih dozvoljenih granica (vidi članak »Aspekti visokih napona u sistemu s posebnim osvrtom na uklapanje voda Konjsko-Obrovac-Melina«, u »Elektroprivredi« br. 1-2, 1984. godine). Sada smo se sa svojevrsnim oblikom preizgrađenosti suočili u postrojenju, točnije s pitanjem pogona jednog bogato dimenzioniranog i opremljenog postrojenja. Dogodilo se to sa TS Melina. Naime, postavilo se pitanje koja je najpovoljnija incidencija grana (vodova i transformatora) i postojećih sabirnica.

Postrojenje 380/220/110 kV Melina, u pogonu od 1979. odnosno od 1981. godine, projektirano je i realizirano prema varijantama predviđenim u baznom elaboratu »Osnovni parametri objekata 380 kV mreže Jugoslavije«, ZJE, Beograd, 1972. godine:

- 380 kV postrojenje sa glavnim i pomoćnim sistemom sabirnica i
- 220 kV i 110 kV postrojenje sa tri glavna sistema sabirnica.

Takvo rješenje sa tri glavna sistema 220 kV i 110 kV sabirnica (vjerojatno jedino u nas) odabrano je u skladu s planiranim razvojem koji se sedamdesetih godina, u vrijeme koncipiranja TS Melina, činio realnim. Tada su na 220 kV sagledavani sljedeći izvori: HE Senj 2 sa snagom 3×300 MVA, PAHE Vinodol 4×107 MVA i TE Plomin 2 sa 235 MVA (alternativno 345 MVA). Mrežu se planiralo pojačati vodovima i trećim transformatorima 400/220/110 kV s prigušnicama, a u pogonu se tražila mogućnost odvajanja tranzita — i tako očekivani razvoj opravdavao je predviđanje potrebe sekcioniranja mreže na dva ili više sistema sabirnica. »Asinhroni« pogon sabirnica u TS Melina i ponovno zatvaranje petlji u susjednim postrojenjima omogućilo bi ograničavanje struje kratkog spoja (limitirane opremom na 40 kA) i povećalo bi sigurnost pogona (selektivnost pri eventualnom kvaru na sabirnicama, fleksibilnost u održavanju). Kako postrojenje 220 kV nosi glavni teret snab-

dijevanja riječke regije, a znajući da nije kritičan ispad nijednog 220 kV voda, odlučeno je da se daje prednost većoj sigurnosti postrojenja nego vodova. Slično se razmišljalo i za 110 kV postrojenje, gdje je razdvajanjem sabirnica još i smanjena opasnost od mogućeg preopterećenja vodova.

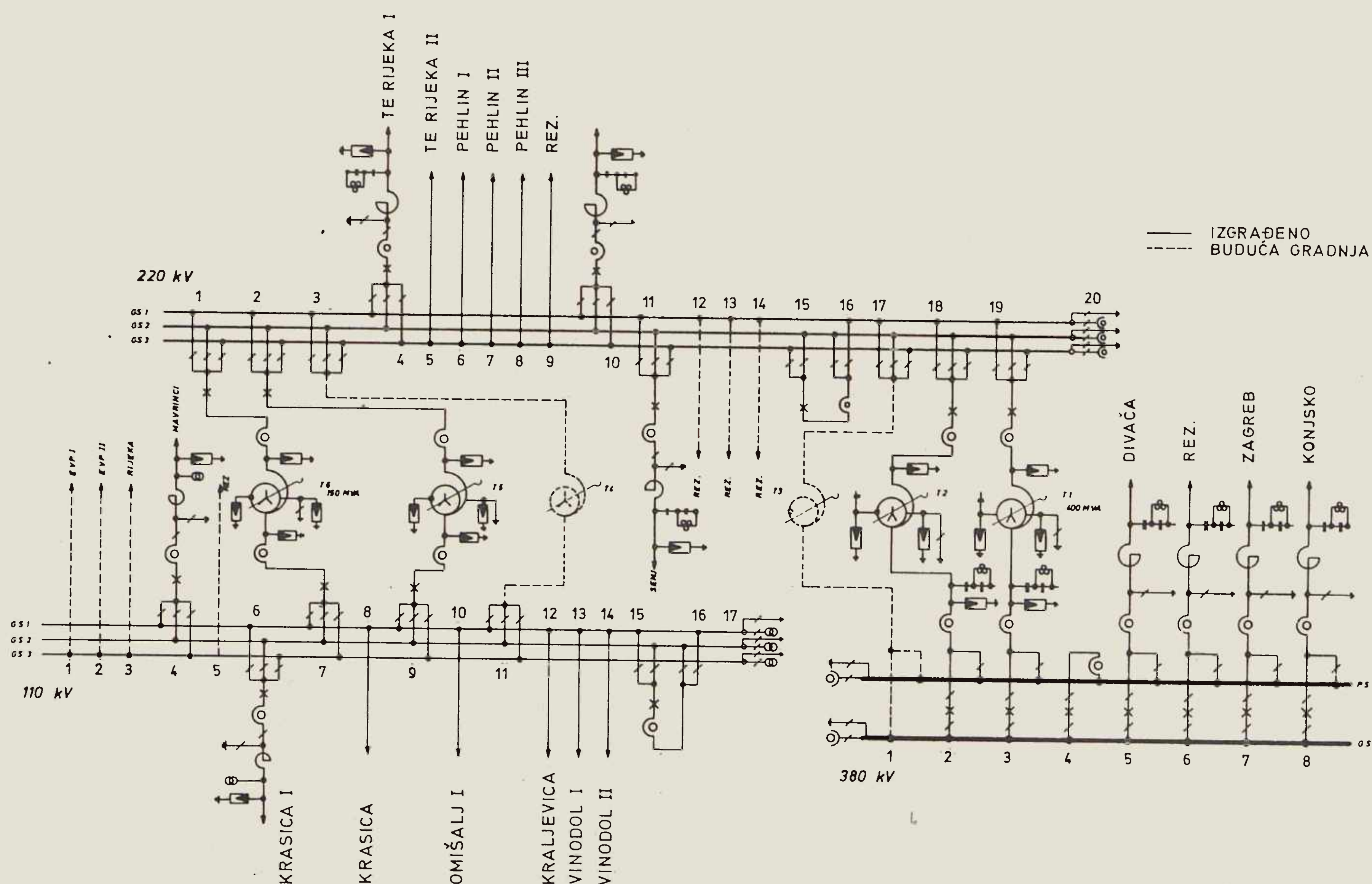
Tim energetske razlozima pridružila se i nužnost što manjeg zauzeća površine zbog nepovoljnih klimatskih uvjeta, pa je rješenje trostrukim glavnim sabirnicama imalo prednost pred onim dvostrukim glavnim + pomoćne.

Postrojenje 380 kV koncipirano je kao jednostavnije: s jednim glavnim i pomoćnim sabirnicama zbog manjeg broja priključenih grana. Smatrao se da će se u slučaju potrebe tranzit iz Italije razdvajati u RP Divača. Pomoćne sabirnice nametnule su se zbog potrebe da se osigura kontinuitet prijenosa južnom magistralom 380 kV prstena.

Takva je sumarna bila logika koncipiranja postrojenja TS Melina. Međutim, planirani razvoj još se nije ostvario, a ulaskom postrojenja u redovnu eksploataciju trebalo je riješiti kako da se najpovoljnije angažira postojeći sistem sabirnica u sadašnjim realnim uvjetima.

Budući da se nijedan sistem glavnih sabirnica u 220 kV i 110 kV dijelu postrojenja ne može koristiti kao pomoćni, jer u granama nisu predviđeni rastavljači za uklapanje rezervnog prekidača (kako to pokazuje jednopolna shema TS Melina na sl. 1), usvojeno je da će se jedne sabirnice tretirati kao rezervne. To znači da će se sve grane rasporediti na dva sistema sabirnica, a treći će biti u »hladnoj« rezervi u slučaju kada nisu na raspolaganju ostala dva sistema zbog remonta, kvara na jednom, pa i na oba sistema. Spojno polje, kako pokazuje shema, omogućava sve kombinacije spajanja sabirnica.

Moguće je, naravno, prekidač u spojnom polju koristiti kao rezervni u bilo kojem odvodu, no to zahtijeva prekid pogona zbog demontiranja neispravnog prekidača i premoštenja njegova mjesta. Tada jedan sis-

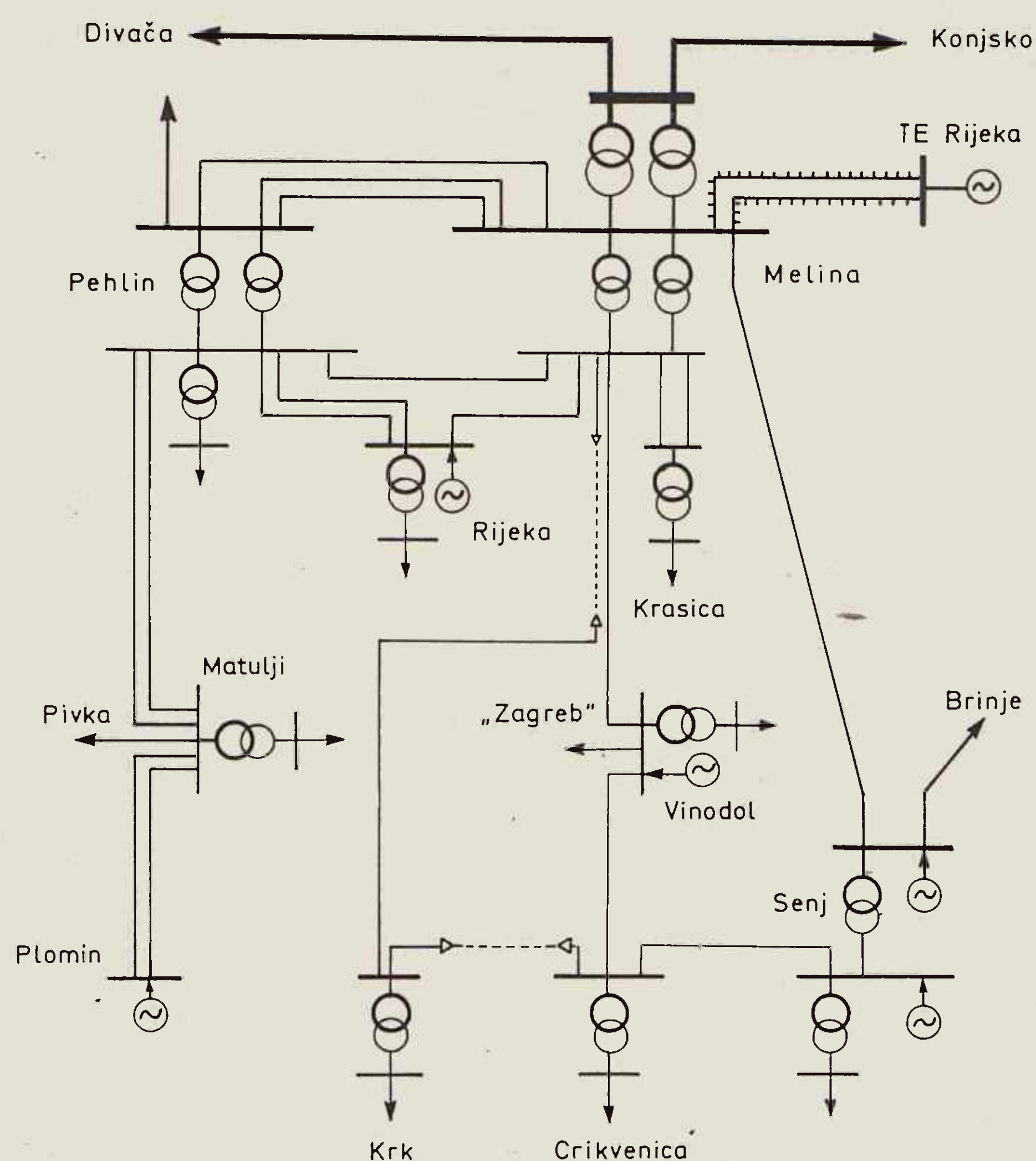


Slika 1. Jednopolna shema TS 380/220/110 kV Melina

tem sabirnica služi isključivo kao veza između prekidača u spojnom polju i grane u kojoj je demontiran prekidač. Takvo korištenje i funkcioniranje trećih sabirnica čini ih »kvazipomoćnim«, što ne mijenja osnovni pristup o trećim sabirnicama kao rezervnima. Zadatak se, dakle, svodi na pronalaženje takvog priključka vodova i transformatora na raspoloživa dva sistema 220 kV i 110 kV sabirnica koji će u slučaju najtežeg kvara, a to je kvar na sabirnicama, omogućiti kontinuirani pogon.

U TS Melina ugrađena je stabilizaciona diferencijalna zaštita 220 kV i 110 kV sabirnica u sva tri sistema (sabirnice 380 kV štite se distantnom zaštitom u trafo-poljima usmjerenom prema sabirnicama), kao i zaštita od otkazivanja prekidača. Ta se zaštita primjenjuje zajedno sa zaštitom sabirnica u postrojenju 220 kV i 110 kV, a zadaća joj je da u slučaju otkazivanja prekidača u bilo kojem polju 220 kV i 110 kV isklupi sve prekidače vezane za onaj sistem sabirnica na koji je priključeno polje s defektnim prekidačem. U oba slučaja (zaštita sabirnica, zaštita od otkazivanja prekidača) proradom zaštita iskapčaju se svi prekidači priključeni na isti sistem sabirnica, kao i prekidač spojnog polja ako je uključen. Takva prorada može u određenim elektroenergetskim stanjima (ne izuzetnim) dovesti do raspada sistema.

Analiza najpovoljnijeg uklopnog stanja obavljena je na računskom stroju na modeliranom dijelu riječkog podsistema u široj okolini TS Melina, a obuhvaća glavne izvore i veze sa susjednim područjima. Postavljen je dio sistema između Senja, Pehlina i Plomina, sl. 2.

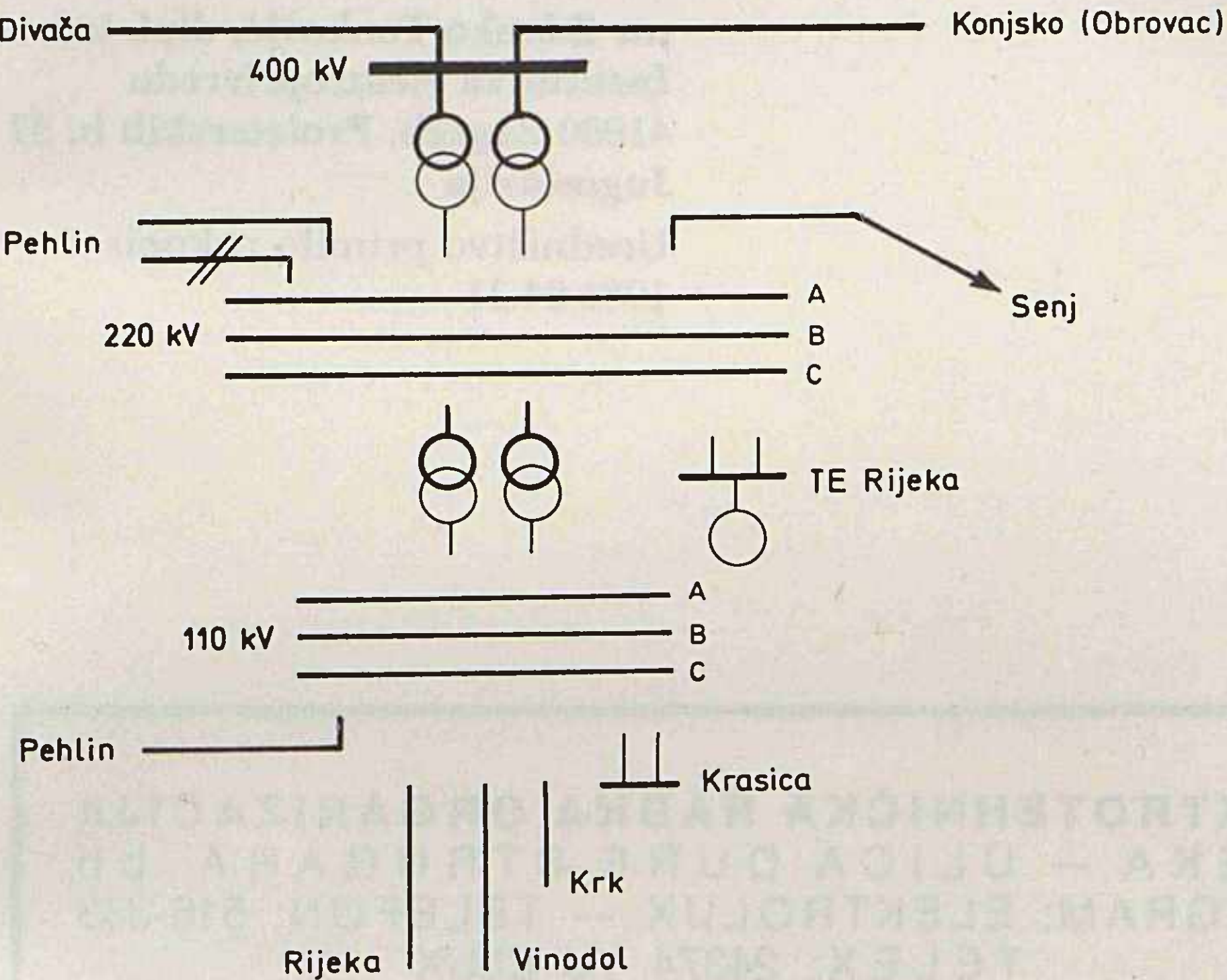


Slika 2. Promatrani dio sistema

Najprije je općenito ispitana prikladnost modela za postizanje realnih rezultata (usporedbom s mjernim vrijednostima za treću srijetu u svakom mjesecu). S obzirom na raspoloživi fond podataka (mjernih i onih o uklopnom stanju), pokazalo se da se može postaviti zadovoljavajući model te ispitivanjima na nje-

mu izvesti relevantne zaključke, ali da je potrebna dalja kritička dorada, čime će se stvarati pouzdana baza energetske i tehničke podataka, što je nužno za sigurno vođenje sistema i naknadnih obrada. Takav tip ispitivanja pokazuje što treba mjeriti i gdje treba provjeravati kvalitetu mjerenja, o čemu bi trebalo donijeti odgovarajuće zaključke i sa stajališta drugih potreba (SDV, baza podataka). Tim ispitivanjima ustanovljena su stanja najvećeg opterećenja 220 kV poteza Divača... Brinje, i to u oba smjera: i kada HE Senj daje (veljača) i kada prima (srpanj). Ta su stanja uzeta kao reprezentativni ekstremi.

Za dalje rješavanje problema u užem smislu primijenjena je jednostavna metoda pretvaranja dosadašnjeg jednog čvorišta u mali sistem: TS Melina razbijena je u onoliko čvorišta koliko je raspoloživih sabirnica, dakle jedno 380 kV, dva 220 kV i dva 110 kV (sl. 3). U takvom sistemu ispitivan je priključak incidentnih grana i onih između tih čvorišta koji će ispadom čvorišta (u stvari neraspoloživostu sabirnica) prouzročiti najmanje štete. Na primjer, ako se dogodi kvar na jednim sabirnicama 220 kV ili 110 kV, pa ispadnu i sve grane priključene na njih, pogon se mora održati.



Slika 3. Model TS Melina za ispitivanje incidencije grana

Osnovna se logika sastojala u tome da se svaka paralelna grana spoji na druge sabirnice, a onda da se za preostale grane nađe najpovoljniji raspored.

Usporedba modela sa svim granama istog naponskog nivoa koje su priključene na jedne sabirnice i onog s granama raspoređenim na dva sistema sabirnica 220 kV i 110 kV u TS Melina pokazuje male razlike između modula i kuta napona, npr. u polaznom ispitivanju:

Sabirnice				
	sekcionirane		polazno: jedne	
	modul, kV	kut, °	modul, kV	kut, °
400 kV	382,19	–2,88	382,46	–2,91
220 kV	A 232,81	–4,81	232,65	–4,53
	B 232,48	–4,50		
110 kV	A 116,06	–4,57	116,06	–4,51
	B 116,03	–4,67		

U daljem optimiranju priključaka te su razlike postale neznatne. Ukupni gubici modela veći su sekcioniranim sabirnicama za 0,07 MW od onog sa svim vodovima istog naponskog nivoa na jedne sabirnice. Prema očekivanju, potvrđuje se da su gubici u sekcionirnaom pogonu veći.

Već analiza polaznog ispitivanja, kojim je u početku osvijetljen problem i trasiran put u traženju najpovoljnije topologije, otkriva i druge specifičnosti koje su mogle biti komparativni parametar. Izrazito je bilo nejednoliko opterećenje paralelnih grana (priključenih na različite sabirnice), pa kruženje energije u petljama, posebno preko radijalno dvostrukim vodom priključenih čvorišta, npr. preko TS Krasica, TE Rijeka (kada je izvan pogona) ili kroz transformatore 220/110 kV.

Uključujući sve navedene parametre i uvjete ispitivanja najprije su se rješavale sabirnice 220 kV. Ustanovivši koji su najpovoljniji prijenosni putovi kroz TS Melina na 220 kV, analogno su analizirane 110 kV veze. Pokazalo se da neke kvarove nije moguće kompenzirati eventualnim drugačijim spajanjem u TS Melina, npr. ispad DV 220 kV Melina – Senj u oba ekstrema: suficita i deficita energije u riječkom području.

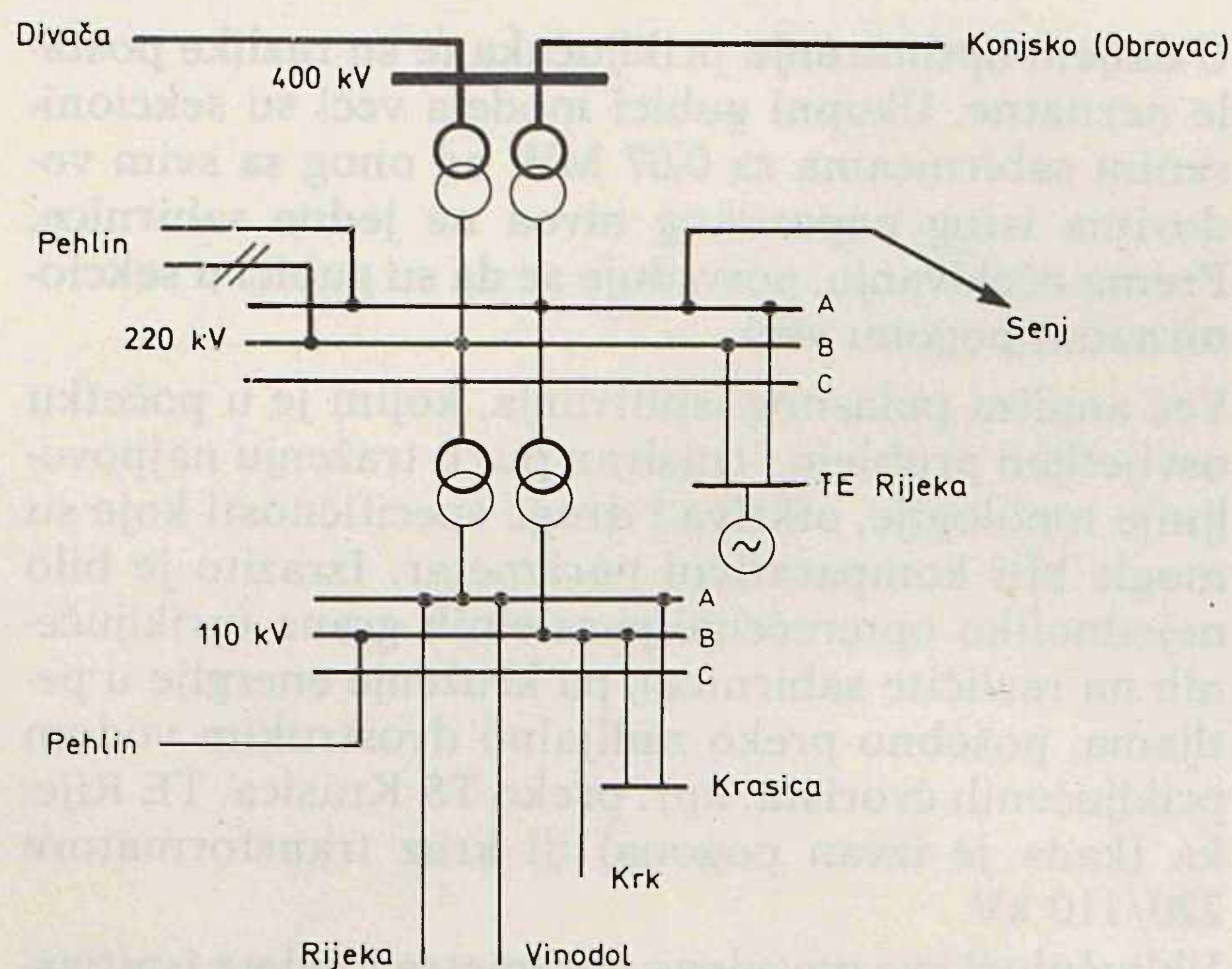
Iz kompleksno interpretiranih rezultata provedenih ispitivanja ustanovljeno je da za siguran pogon TS Melina, s obzirom na angažiranje sabirnica, treba težiti što je više moguće uravnoteženijem rasporedu izvora i konzuma na oba sistema sabirnica, a dalekovode kojima energija ulazi u postrojenje i one kojima izlazi treba spojiti na različite sisteme sabirnica, npr. DV 220 kV Melina – Senj i DV 2 × 220 kV Melina – Pehlin, odnosno osigurati paralelne veze, npr. DV 110 kV Melina – Krk i DV 110 kV Melina – Vinodol.

Prema tim principima konkretno je ustanovljeno najpovoljnije uklopno stanje TS Melina (sl. 4):

Postrojenje 220 kV		Postrojenje 110 kV	
sistem sabirnica		sistem sabirnica	
I	II	I	II
TS 400/220 kV	TS 400/220 kV**	TS 220/110 kV	TS 20/110 kV
TS 220/110 kV	TS 220/110 kV	DV Vinodol	DV Krk (Omišalj)
DV TE Rijeka 1	DV TE Rijeka 2	DV Krasica 1	DV Krasica 2
DV Pehlin 1 i 2	DV Senj	DV Katarina	DV Pehlin
	DV Pehlin 1		

* Može biti izvan pogona

U slučaju da je neka grana izvan pogona u ponovnom uključanju, treba nastojati da se slijede navedeni principi. Ako TE Rijeka nije angažirana, treba oba dalekovoda ili priključiti na iste sabirnice, ili jedan isključiti (da se spriječi kruženje energije). S obzirom na tekuću dispečersku praksu da se u TS Melina drži u pogonu samo jedan transformator 220/110 kV (a u TS Pehlin, zbog potreba konzuma, dva; pogonski funkcionara TS Pehlin sa TS Melina kao produžene 220 kV sabirnice), on se može priključiti na jedne ili druge 110 kV sabirnice uz uklopčano spojno polje i vodove 110 kV rasporedene kako je navedeno. Anga-



Slika 4. Prijedlog uklopnog stanja

žiranje 110 kV sabirnica trebalo bi zapravo provesti s obzirom na optimum iz perspektive »dvojnog čvorišta« Pehlin — Melina. U slučaju prorade sabirničke zaštite i iskopčanja prekidača spojnog polja, može se očekivati da će efekt ovakvog djelomičnog sekcioni-ranja također zadovoljiti težnju za povećanom sigurnošću pogona.

Nove konfiguracije, koje se eventualno pojave incidentno sa TS Melina, korisno je preispitati u duhu izložene metode, barem za uvjete napregnutijeg prijenosa.

ANALYSIS AND CHOICE OF THE BEST SWITCHING STATE FOR TS 380/320/110 kV MELINA

In the article is discussed about the optimal switching state of lines and transformers on the system of double buses 110 and 220 kV. The analysis results in greater reliability of network in area of Rijeka town.

ANALYSE UND AUSWAHL DES GÜNSTIGSTEN EINSCHALTUNGSSTANDES TS 380/220/110 kV MELINA

Hier wird der optimale Einschaltungsstand der Leitungen und Transformatoren auf zweifache Sammelschienen 110 und 220 kV untersucht. Der Sinn der Untersuchung ist eine größere Sicherheit des Betriebsnetzes auf dem Gebiet von Rijeka.

АНАЛИЗ И ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОЙ СХЕМЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ ПС 380/220/110 кВ «МЕЛИНА»

Исследуется оптимальная схема эксплуатации ЛЭП и трансформаторов для двойных систем шин 110 и 220 кВ. Цель эксплуатации — повышение надежности эксплуатации в районе г. Риека.

Naslov pisca:

mr Zdenko Tonković, dipl. inž.
Institut za elektroprivredu
41000 Zagreb, Proleterskih b. 37
Jugoslavija

Uredništvo primilo rukopis
 1986-04-21



elektrolux-rijeka

ELEKTROTEHNIČKA RADNA ORGANIZACIJA
 RIJEKA — ULICA ĐURE STRUGARA bb
 TELEGRAM: ELEKTROLUX — TELEFON: 516-333
 TELE X: 24374 YU ELUX

SVOJE POSLOVNE PARTNERE OBAVJEŠTAVAMO DA SMO SA »ELEKTROPRI-VREDOM« RIJEKA SKLOPILI UGOVOR NA MONTAŽI I POLAGANJU PODMOR-SKOG KABELA 110 kV NA LOKACIJI OSOR, POVEZIVANJE OTOKA CRES — LO-ŠINJ.

U ZAJEDNIČKOM PAKET-ARANŽMANU SUDJELUJU

- **I. K. S.** — SVETOZAREVO KAO PROIZVOĐAČ KABELA I KABELSKOG PRI-BORA
- **ELEKTROPROMET** — ZAGREB KAO VELETRGOVINA — ISPORUČILAC
- **ELEKTROLUX RIJEKA** KAO IZVOĐAČ RADOVA NA MONTAŽI I POLAGANJU KABELA

RO ELEKTROLUX

KVAROVI NA PREKIDAČIMA

Egon Mileusnić, Zagreb

UDK 621.316.5

STRUČNI RAD

Relativno mali elementi u sklopu proizvodnje visokonaponskih prekidača, ako su neadekvatni, prouzrokuju teške havarije s ozbiljnim energetske i financijskim posljedicama.

Ključne riječi: prekidač snage, kvar lučne komore.

UVOD

Nezgode, kvarovi, a s njima i štete događaju se svakodnevno u proizvodnim procesima, pa tako i u elektroenergetskim postrojenjima.

Sve te nezgode uvijek su nečim uvjetovane i ne zbivaju se same od sebe. Uzrok nezgoda može biti bilo opasan ljudski postupak ili pak neispravna, loša i opasna okolina. Veoma je malo nezgoda uzrokovano višom silom, samo 2%. U neispravnu i opasnu okolinu, uz niz drugih faktora, pripada i ugradnja neodgovarajućeg, lošeg materijala pri izradi strojeva i uređaja.

Svrha je ovog članka da pokaže kako neadekvatan izbor nekog relativno malog elementa u sklopu proizvodnje visokonaponskih prekidača snage može proizvesti goleme materijalne štete, a nekad i ugroziti dobavu električne energije na nekom području.

OPIS KVAROVA I OPSEG ŠTETA

U transformatorskim stanicama Elektroprenosa Zagreb, osnovne organizacije udruženog rada udružene u Elektroprivredu — Zagreb, a koja se bavi prijenosom i transformacijom električne energije na sjeverozapadnom području SR Hrvatske, dogodila su se u zadnje četiri godine četiri teža kvara na visokonaponskim pneumatskim prekidačima nazivnog napona 110 i 400 kV, koji zaslužuju detaljniju obradu i analizu.

1. Kvar u TS 400/110 kV Tumbri

Šestog svibnja 1982. u 14.15 sati rasprsnula se mikrokomora prvog modula prekidača snage, napona 400 kV u dalekovodnom polju Krško II.

Odmah nakon toga u 14.18 sati dolazi do rasprsnuća glavne komore na istom modulu, te sva tri modula u fazi »8« padaju na zemlju i izazivaju jednopolni kratki spoj, koji odmah isključuje zaštita sabirnica.

Postrojenje 400 kV je nakon kvara ponovno stavljeno u pogon u 14.54 sati osim dalekovodnog polja Krško II.

Zbog rasprsnuća lučne komore prekidača i njezinih krhotina oštećen je dio opreme u neposrednoj blizini, kao što su potporni izolatori, izolatori rastavljača, upravljački ormar, kondenzator te spojne cijevi i razne stezaljke.

Analizom je utvrđeno da je kvar nastupio 7 minuta nakon uključenja prekidača u pogon. Osnovni uzrok kvara je pucanje porculanskog dijela ekrana, čije su izlomljene čestice upale između glavnih kontakata prekidača i onemogućile dobro zatvaranje kontakata. Struja opterećenja zbog toga prolazi kroz mikrokomoru i uzrokuje njeno pregrijavanje i razaranje. Prilikom razaranja mikrokomore pojavljuje se i preskok električnog luka na glavnim kontaktima pa se razara i glavna i lučna komora.

2. Kvar u TS 110/35 kV Križevci (prvi)

Dana 24. 9. 1983. u 6.50 sati rasprsnula se glavna lučna komora na prekidaču, napona 110 kV u transformatorskom polju. Zbog rasprsnuća glavne lučne komore prekidača oštećen je dio visokonaponske opreme u neposrednoj blizini, kao što su izolatori drugih polova tog prekidača, rastavljači, spojne cijevi i priključna armatura.

Iz pogonskog dnevnika je ustanovljeno da je kvar nastupio 20 minuta nakon uključenja tog prekidača u pogon.

Pregledom su pronađeni porculanski komadići ekrana pomičnog kontakta između glavnih kontakata komore, što prikazuje da je pukao porculanski dio ekrana. Zaglavljivanje ovih komadića između kontakata izazvalo je nepotpuni spoj i pojavu električnog luka, a time i naglo zagrijavanje glavne komore, što dovodi do njezina rasprsnuća.

3. Kvar u TS 110/35 kV Križevci (drugi)

Trećeg kolovoza 1984. u 13.58 uključen je prekidač napona 110 kV u dalekovodnom polju 110 kV Dugo

Selo, a u 14.02 dolazi do rasprsnuća jedne lučne komore u fazi »0« tog prekidača.

Zbog rasprsnuća glavne komore prekidača oštećen je dio visokonaponske opreme u neposrednoj blizini, kao što su izolatori rastavljača, spojni vodiči i armatura.

Kao što je analiza pokazala u prethodnim slučajevima, tako je i u ovom uzrok kvara pucanje porculanskog ekrana, zaglavljivanje čestica ekrana između glavnih kontakata, zatim nepotpun i loš spoj između kontakata praćen električnim lukom i rasprsnućem komore.

4. Kvar u TS Međurić 110/35 kV

Petog veljače 1986. u 12. 45 sati rasprsnula se glavna lučna komora na prekidaču napona 110 kV u polju 110 kV Nova Gradiška, i to samo minutu nakon uključanja tog prekidača u pogon.

Zbog rasprsnuća glavne komore prekidača oštećeni su i ostali polovi prekidača, kao i dio visokonaponske opreme u neposrednoj blizini, kao što su strujni transformatori, rastavljači, potporni izolatori i armatura.

Uzrok je isti kao i u svim prethodnim slučajevima.

Budući da se kod svakog ovog kvara rasprsnula komora prekidača, i da su pojedini dijelovi komore letjeli velikim brzinama po postrojenju, to je redovno stradao i velik dio ostale visokonaponske opreme koja se nalazi u blizini. Zbog toga su štete velike i po sadašnjim cijenama iznose oko 20 000 000 dinara po svakom kvaru.

ANALIZA UZROKA KVARA

Ovakvi kvarovi događali su se i u drugim elektroprivrednim organizacijama, gdje su bili ugrađeni ovakvi tipovi prekidača, a učestali su od 1978. do 1979. godine.

Same elektroprivredne organizacije nisu mogle same saznati što je stvarni uzrok pucanja porculanskog dijela ekrana.

Proizvođač opreme, također nije znao što uvjetuje lom porculana.

Nakon opširnih ispitivanja, provedenih u ispitnim stanicama, laboratorijama i institutu proizvođača, pronačen je uzročnik kvara — a to je ljepilo, vezno sredstvo primijenjeno na ekranu.

Ekran je građen od epoksidne cijevi na koju se spaja porculanska glava ekrana. Kao vezivo za spajanje svih dijelova primijenjen je araldit, koji nakon sušenja postaje veoma krut i čvrst.

U normalnom pogonu epoksidni i porculanski dio ekrana se zagrijevaju. Budući da imaju različite temperaturne koeficijente rastezanja, nastaju i različita rastezanja glave i tijela. Kako su oba ova dijela međusobno spojena krutim ljepilom, nema mogućnosti slobodnih pomicanja, pa se zbog toga pojavljuju velika naprezanja (velike sile), osebno u porculanu, koja dovode do loma porculana.

Kad bi postojala mogućnost da se materijali slobodno šire, ne bi dolazilo do ovih naprezanja. Rješenje je pronađeno u primjeni elastičnog ljepila, čime se znatno smanjuju naprezanja.

Također se problem može dijelom umanjiti primjenom epoksidnih materija koje imaju toplinske koeficijente što sličnije primijenjenom porculanu.

Izrađeni su novi tipovi ekrana s elastičnim ljepilom i laboratorijski ispitani u raznim uvjetima, te su dali posve zadovoljavajuće rezultate.

METODE ZA UTVRĐIVANJE NEISPRAVNOSTI

Nakon utvrđenog uzroka kvara nametnula su se dva osnovna pitanja:

- Prijeti li svim proizvedenim prekidačima toga tipa ista sudbina?
- Kako i na koji način otkriti neispravan ekran prije pucanja?

Oba ova pitanja dobivaju pravu dimenziju ako se promatraju s obzirom na činjenicu da je samo kod nas montirao 136 prekidača, a u zemlji još nekoliko stotina, i da svaki kvar pričinja štetu od oko dvadeset milijuna dinara.

Na prvo pitanje još uvijek nije od proizvođača dobio decidan odgovor. U toku desetak godina proizvodnje ovih prekidača izmijenjeni su i isporučio ugrađenih materijala i ljepila.

Kvarovi nisu ravnomjerno raspoređeni po svim godinama; nešto ih je više od 1979. godine.

Za sada još nije utvrđena korelacija između broja kvarova i eventualnog istog proizvođača dijelova ekrana. Donekle se može primijeniti poznato pravilo da se mnogo veći broj kvarova zbog lošeg materijala pojavljuje u prvim godinama pogona, pa se može očekivati manji broj kod starijih prekidača. Na temelju toga mogli smo zaključiti da u osnovi ipak imamo dvije grupe prekidača, i to onih isporučenih do 1977. godine, a to je 75 komada, i onih isporučenih od 1977. godine, a tih je 61 komad.

Smatramo da je druga grupa prekidača ugroženija.

Da bi se dobio odgovor na drugo pitanje, a to je kako otkriti neispravan ekran, zatražena je i pomoć Instituta za građevinarstvo, gdje su iskušavane razne metode defektoskopije počevši od ultrazvuka do rendgenskog snimanja. Jedini efikasan način da se otkriju početne pukotine na porculanu jest primjena penetranta (sredstva za premazivanje), koje ima svojstvo da prodi i u najsitnije pukotine, oboji ih, pa one postaju vidljive. Za sada nema drugog načina kojim bi se moglo predvidjeti prijeti li nekom ekranu pucanje.

POSTUPAK SANACIJE

Prilično zabrinjava činjenica da su samo u Elektroprenosu Zagreb u pogonu 136 takvih prekidača u čiju pouzdanost nismo sigurni. Očito je da je nužna sanacija. Pri tome treba uzimati u obzir ove činjenice:

- Normalna revizija ovakvih prekidača obavlja se svake treće godine.
- Revizija traje u prosjeku pet dana po polju.
- Na revizijama se koristi mehanizacija, i to dizalica i teleskopska košara, od kojih imamo jedan komplet.
- Ne postoji uvijek mogućnost iskapčanja zbog energetske prilike.
- Radovi na ovim revizijama nemogući su po kiši i snijegu.
- Obavljanje samo pregleda ekrana, bez revizija prekidača, traje u prosjeku 2 dana po prekidaču 110 kV, a 4 dana po prekidaču 400 kV.

Iz svega proizlazi zaključak da praktički možemo pregledati i zamijeniti ekrane najviše do 40 prekidača godišnje, i to uz velike napore.

Može se očekivati da će proces pregleda i zamjena ekrana trajati i do tri godine.

Zbog važnosti ovog problema za elektroenergetski sistem u razradu programa sanacije uz proizvođača prekidača aktivno se uključio i Elektroenergetski inspektorat SRH.

Prioritetni je zadatak pregled i zamjena ekrana na prekidačima u transformatorskim stanicama 400 kV, zatim u transformatorskim poljima ostalih objekata. Ostale zamjene nužno je usuglasiti s planom remonta i revizija.

ZAKLJUČAK

Prilično poučan primjer kako i male, naoko beznačajne stvari, kao što je kruto ili nešto elastičnije ljepilo, mogu imati izvanredno velike posljedice, a za sobom povući veliku materijalnu štetu i nesigurnost pogona.

Pouzdanost nekog sklopa ili aparata jest tolika kolika je i pouzdanost svakog i najmanjeg dijela, ako taj dio određuje funkciju.

FAILURES ON THE BREAKERS

In the article is discussed about relatively small elements in production of the high voltage breakers, that can in case of failure make great accidents with serious losses of power and finances.

SCHADEN AN SCHALTERN

Es sind relativ geringe Elemente im Rahmen der Herstellung von Hochspannungsschaltern vorhanden, die wenn sie ungeeignet sind, schwere Havarien mit ersten energetischen und finanziellen Folgen verursachen.

ПОВРЕЖДЕНИЯ ВЫКЛЮЧАТЕЛЕЙ

Сравнительно небольшие детали в структуре изготовления высоковольтных выключателей, если они неадекватны, вызывают тяжёлые повреждения с серьёзными энергетическими и финансовыми последствиями.

Naslov pisca:

Egon Mileusnić, dipl. inž.
»Elektroprenos« — Zagreb
4100 Zagreb, Proleterskih b. 37
Jugoslavija

Uredništvo primilo rukopis
 1986-04-17



ĐURO ĐAKOVIĆ

SLAVONSKI BROD — JUGOSLAVIJA

TELEFON: (055) 231-011

TELEX: 28521 YU LOKOM

PROIZVODNI PROGRAM SOUR-a

Kompletna industrijska postrojenja — šećerane, cementare, krečane, ekspandirana glina.

Oprema i uređaji za procesnu industriju.

Postrojenja za prehrambenu industriju.

Oprema za petrokemiju i pridobivanje nafte.

Oprema za rudarstvo i metalurška postrojenja.

Kolovska i energetska postrojenja i oprema za nuklearne elektrane.

Uređaji za prečišćavanje zraka, vode i dimnih plinova.

Kompletne prenosne i kontejnerske kotlovnice.

Cjevovodi svih namjena i kompenzatori za cjevovode.

Mostne, portalne i auto-dizalice.

Bočni i čeonni viličari i uređaji diskontinuiranog i kontinuiranog transporta.

Lokomotive-dizel s električnim, hidrauličnim i mehaničkim prijenosom snage.

Vagoni.

Motorni vlakovi.

Tramvajska motorna kola i prikolice.

Poljoprivredni strojevi.

Građevinski strojevi — vibracioni valjci i motorni utovarivači, točkaši, bageri.

Mehanički i hidrostatski prenosnici snage, pumpe i razvodnici.

Bešavne čelične boce.

Sve vrste i tipovi ventila.

Butan-propan boce od 10 kg.

Kamp oprema.

Sve vrste i tipovi priključaka za butan-propan.

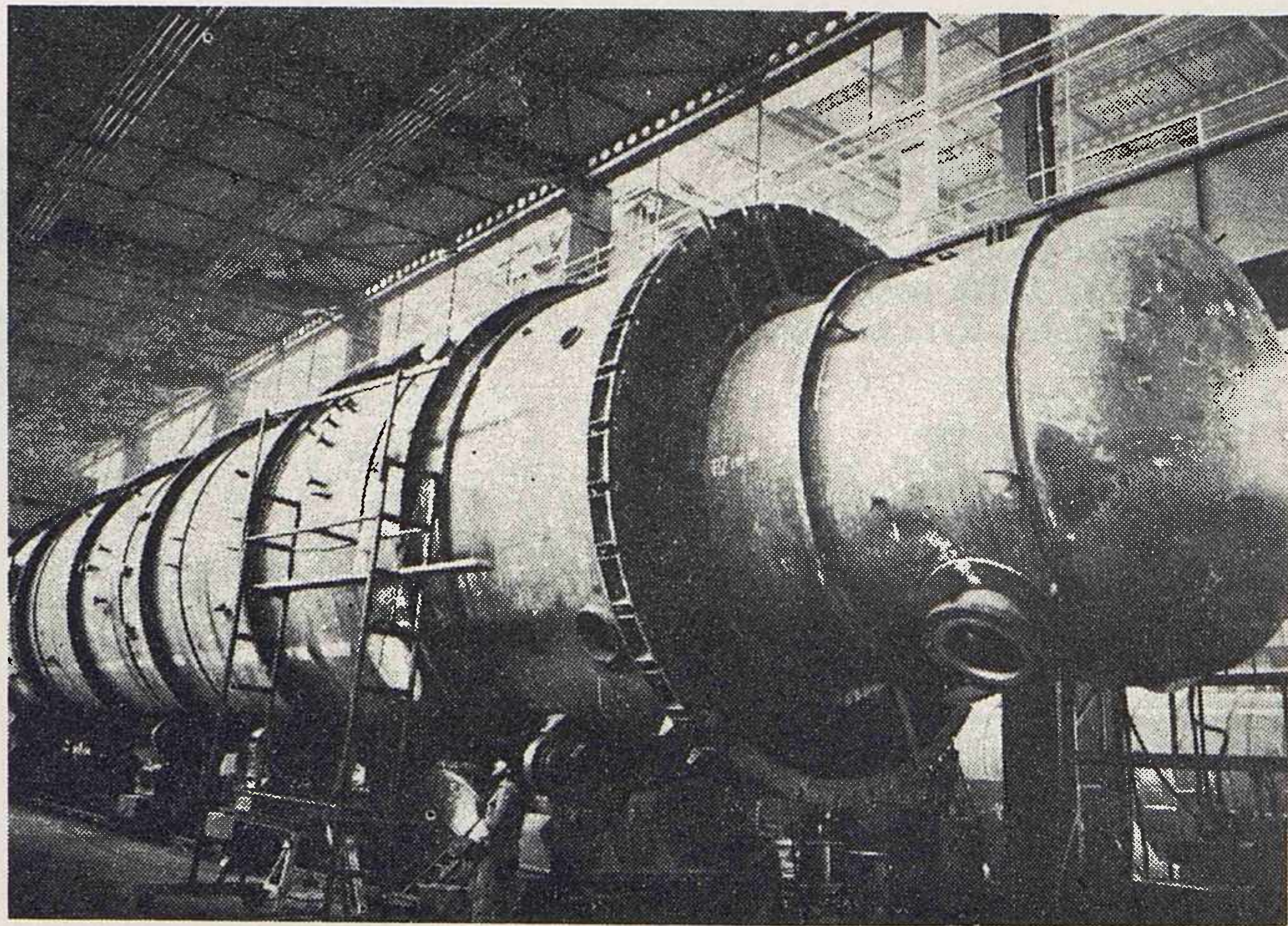
Ronilačka oprema.

Dišni aparati za zatrovane prostore.

Stabilni protupožarni uređaji.

Uređaji za plinsko zavarivanje, lemljenje i rezanje.

Baterije boca za različite plinove i svrhe.



RO PROIZVODNJA ENERGETSKIH POSTROJENJA

PROIZVODNI PROGRAM:

Industrijski kotlovi i kotlovi za toplane

Strmocijevni kotlovi

Kutnocijevni kotlovi (parni i vrelovodni)

Paketni kotlovi loženi krutim gorivom — ugljenom

Integral (paketni) kotlovi loženi tekućim i plinovitim gorivom

Steambloc kotlovi (parni i vrelovodni)

Kotlovi C-12 za centralna grijanja

Kotlovi i oprema za potrebe elektroprivrede

Visokotlačni kotlovi i dijelovi kotlova za TE

Ložišni uređaji za plin, ulje i ugljen

Regenerativni zagrijači zraka (LJUNGSTROEM), uređaji za odšljakivanje i ostala pomoćna oprema za konvencionalne i nuklearne elektrane

Brodski pogonski i pomoćni kotlovi

Kotlovi za iskorištenje otpadne topline

Kotlovi za spaljivanje gradskog i industrijskog otpada

Kotlovi za spaljivanje drveta i drvnog otpada

Uređaji za kemijsku i termičku pripremu napojne vode

Uređaji za pripremu tehnološke vode

Pomoćni uređaji za industrijske kotlovnice

Uređaji za pripremu otpadnih voda

DOKUMENTACIJSKO-INFORMATIVNA DJELATNOST U ELEKTROPRIVREDI

Herbert Praznik Zagreb,

UDK 621.311.1.007

STRUČNI RAD

Dan je sažeti opis opsega dokumentacijsko-informativne djelatnosti u općim crtama, te nekoliko općenitih pogleda na mogućnosti organizacije takve službe s obzirom na uvođenje i sve širu primjenu sistema automatske obrade podataka i raznih sistema datoteka.

Ključne riječi: elektroprivreda, dokumentacija, informatika.

UVOD

U ovom napisu pokušat ću u relativno kratkim crtama opisati probleme u vezi s potrebom uvođenja dokumentacijsko-informativne djelatnosti, te postupcima o kojima bi eventualno trebalo voditi brigu danas kada se u elektroprivrednim organizacijama vrlo intenzivno radi na organizaciji različitih informativnih službi i datoteka.

Već je veliki mislilac i matematičar Leibnitz u svom pismu 22. 10. 1668. predložio caru Leopoldu organizaciju dokumentacijske službe. On je tada uočio taj problem na osnovi nekih stotinu (stručnih) knjiga koje su se tada štampale u Evropi.

Sve je jasniji da sposobnost razvoja nekog društva umnogome ovisi o brzini i točnosti informacija kojom će njenim zainteresiranim organizacijama, stručnim službama i pojedincima one biti dostupne. Ovo vrijedi bez obzira na bilo koje specializirano područje djelatnosti: nauku, politiku, tehniku, ekonomiju, upravu itd. Stoga ovladavanje problematikom dokumentacije i informacije u okviru radne organizacije, općine, republike, države, a i internacionalno globalno ima danas posebno značenje.

Osim toga, u našem stoljeću specijalizacije, kako je to formulirao poznati arhitekt Gropius, »mnogo je važnije učenje metoda od prenošenja činjenica«.

Danas se, silom prilika, vrlo mnogo ljudi u nekom obliku bavi problemima iz dokumentacijsko-informativne djelatnosti. Mnogi nisu svjesni da se tom djelatnošću bave, a drugi koji se njome bave nemaju praktički nikakvu stručnu naobrazbu (u smislu dokumentalistike). S druge strane, ne može se organizirati i realizirati dobra i efikasna dokumentacijsko-informativna djelatnost bez dobro razrađenog sistema, koji s obzirom na stalno veći dotok dokumentacije i informacija treba stalno nadograđivati i dotjerivati. Međutim, općenito gledano, kod nas ili sistema nema, ili svatko tvrdoglavo »tjera« svoj sistem.

Što je zapravo dokumentacijsko-informativna djelatnost?

Da bi se uopće moglo pristupiti organizaciji dokumentacijsko-informativne službe, treba biti svjestan nekih činjenica: mora biti moguće da se u jednu cjelinu povežu razne ideje, principi, sistemi, opseg dokumentacije i radne organizacije i) da se sve to zajedno kobinira raznim dokumentacijskim tehnikama.

To u osnovi znači sljedeće:

- Ako, na primjer, sastavljamo pregled ili inventar nama poznatih osnovnih elemenata, nazovimo to radnim alatom, mi taj inventar nećemo moći sastaviti ako o tom »alatu« nemamo nekih osnovnih teorijskih spoznaja.
- U tom sklopu raznih elemenata od kojih se »alat« sastoji ne možemo specificirati svaki pojedinačni element koji se u praksi javlja. Elemente moramo grupirati po srodnosti u grupe.
- Dokumentalist se u određenoj radnoj sredini mora prilagoditi praksi i uvjetima koje od njega traži sredina u kojoj radi. On se pri tome mora pridržavati pravila dokumentalistike, a ujedno mora razraditi sistem i tog prilagoditi radnoj sredini, njezinim potrebama i specifičnostima organizacije u kojoj radi.

Ovdje treba napomenuti da je danas dokumentacijsko-informativna djelatnost vrlo kompleksna djelatnost koja je potekla iz bibliotekarstva i obuhvaća osim stručnog znanja i poznavanje struke u kojoj se obavlja (npr. u našem slučaju elektroprivrede) i znanja i područja kombinatorike, matematike, kibernetike, planiranja, uprave, reprografije s mikrofilmom, te informatike, a tu opet ulaze i sredstva javnih komunikacija, kao što su film i videotehnika.

Iz navedenog proizlazi i činjenica da dokumentacijsko-informativni kompleks danas još uvijek nije jednoznačno definiran. Zato se za njega u raznim dijelovima svijeta i koriste razni nazivi, koji u osnovi ipak obuhvaćaju istu materiju. Tako je taj kompleks sov-

jetski profesor dr A. I. Mihajlov nazvao INFORMATIKOM. U anglosaksonskom području ustalio se termin INFORMATION SCIENCE, a Zapadnoj Evropi, posebno u zemaljama germanskog govornog područja koristi se kombinirani termin INFORMACIJA i DOKUMENTACIJA. Kod nas se koriste sva tri termina, pri čemu se termin informatika (posebno u elektroprivredi) koristi u užem smislu i tada on ne obuhvaća dokumentaciju.

SUŠTINA, ZADATAK I SVRHA DOKUMENTACIJE I INFORMATIKE

Do prije kratkog vremena kod filozofa i znanstvenika praktički i ne nalazimo konstataciju ili uputu kako je INFORMACIJA u stvari prafenomen života, tj. da je život u svom osnovnom obliku moguć samo aktiviranjem, obradom i predajom informacije. O tom fenomenu se kao takvom, iako je prisutan od samog praiskopa, nije vodila briga. Međutim, od drugoga svjetskog rata fundamentalno značenje informacije je shvaćeno. Danas je jasno, da je osnovni problem današnjice, ali još više budućnosti, brza i ispravna informacija. Razvoj se u svijetu kreće u pravcu sve veće automacije u svim djelatnostima. Predviđa se da ćemo do kraja stoljeća imati inteligentne kompjutorske sisteme. To će biti moguće ako se u potpunosti ovlada fenomenom informacija, a to je svojevrsna simbioza između kolektivne inteligencije ljudske zajednice i strojeva za obradu podataka, a to znači informacija. To će se moći ostvariti jedino ako se shvati suština zadataka i značenje ljudskog djelovanja koje obuhvaća obradu informacija određenog segmenta i kada se tako obrađeni podaci stave na raspolaganje svim zainteresiranim.

Moderna nauka, tehnika i ekonomija, kao i njihova međusobna povezanost, te sve složenije socijalne strukture, proizvele su u ovom stoljeću, a i proizvode iz godine u godinu sve veće količine svih mogućih dokumenata (informacija). To je dovelo do »eksplozije znanja«, a time i do lavine informacija. Ta golema količina informacijskih podataka morala se neminovno pretvoriti u amorfnu masu informacijskog materijala. Sada se mora naći način kako tu nepreglednu masu amornog informacijskog materijala, svih mogućih knjiga, časopisa, izvještaja, projekata, patenata, sudskih presuda, zakona, standarda, ekonomskih pokazatelja, analiza i drugog informacionog materijala učiniti dostupnim korisnicima. Sva nastojanja tradicionalnog bibliotekarstva nisu bila u stanju riješiti taj problem. Danas čak nismo u stanju registrirati sve što se godišnje u svijetu publicira. Samo se procjene o količini štampanih stranica kreću između 30-600 milijuna stranica, a vjerojatno i više.

Dokumentacija, ovisno o struci, udvostručuje se u rasponu od 3 do 10 godina. I sada se postavlja pitanje kako doći do relevantnih podataka. Taj problem može se postaviti i ovako: Neki problem ne rješava onaj koji posjeduje najveće znanje, već onaj koji je pronašao način kako se iz raspoloživog znanja, tj. informacija, može najviše izvući. Dakle, u prednosti će

biti oni koji su shvatili, postupke čuvanja, pronalaženja i korištenja potrebnog znanja i koji će njih u pravom trenutku znati naći i koristiti.

Što je dokumentacija?

Sam pojam DOKUMENTACIJA stvorio je Belgijanac P. Otlet početkom ovog stoljeća i definirao ga je kao »skup, red i korisnost dokumenata svih vrsta«. Kasnije je taj pojam definiran kao »prikupljanje, pohrana, kalsifikacija, odabiranje, raspodjela i korištenje svih vrsta informacija«.

Takva definicija dokumentacije danas je nama, većini nas, nekako najbliža. Ali, na žalost, ni ona više ne stoji jer se može shvatiti na različite načine kao proces, rezultat, metoda, sistem i znanost.

Prilikom utvrđivanja specifičnog sistema dokumentacijsko-informativne djelatnosti u određenoj sredini treba imati na umu i činjenicu da postoje dvije vrste pristupa, a to su:

- registracija cjelokupnog fonda najrazličitijih dokumenata, uključivši i arhivsku građu i
- selektivna obrada dokumenata za stručnjake posebnih profila.

Zatim imamo bibliotečnu i bibliografsku obradu dokumenata koje dokument opisuje na nivou katalognog, odnosno bibliografskog opisa. Dokumentalistička obrada zadire u analitičko-sintetičku obradu dokumenata, tj. ona se bavi njegovim sadržajem i prezentira ga u obliku dokumentacijskih kartica koje obavezno imaju sažetak dokumenta, ključne riječi i bibliografski opis. Takva referativna djelatnost proizašla je iz bibliotečne podjelom rada i nju obavljaju posebni stručnjaci iz pojedinih grana znanosti i tehnike, tzv. dokumentalisti.

Kod stručnih članaka danas je uvedena praksa izrade autorskog sažetka kao sastavnog dijela članka, čime je olakšan rad ovih službi, te im preostaje više vremena za selekciju i tzv. prepakiranje.

Bez obzira na što se dokumentacija sve može odnositi, danas u stručnoj terminologiji pod tim terminom razumijevamo kompleks koji obrađuje dokumente svih vrsta i daje o njima informacije, dakle dokumentaciju i informatiku. Dakle, bez obzira na to što taj kompleks, posebno danas kada se u sve djelatnosti uvode računski sistemi, i nije jasno definiran kao pojam, jasna je činjenica da se za određenu namjenu u određenoj sredini mora definirati sistem i metoda organizacije ove djelatnosti kako bi korisnici na što jednostavniji, brži i svrsishodniji način došli do što potpunije informacije. Da bi se takav sistem mogao realizirati, treba uzeti u obzir mnoge faktore. Osim toga, on traži određene organizacijske zahvate i znatne financijske troškove. S druge strane, nema nikakve svrhe ako se uvodi samo u jednom dijelu radne organizacije.

Kako postupiti u Elektroprivredi?

Ako promatramo s gledišta dokumentacijsko-informativnog sistema Elektroprivredu zagreb, vidimo da se ta radna organizacija sastoji od 11 OOUR-a i radne zajednice. Svaki OOUR ima neki svoj vlastiti način »ophođenja« sa svim svojim dokumentima, koji nanivou poduzeća nije objedinjen, a s druge strane

postoji centralna automatska obrada podataka (AOP). Bilo bi logično kada bi se u sklopu poduzeća formirala zajednička dokumentacijsko-informativna jedinica (služba, grupa bilo kako da nju »krstimo«). Još logičnije bi bilo kada bi u elektroprivredi na nivou republike mogli razraditi jedinstveni sistem.

Na žalost, pokazalo se je da se prilikom razrade sistema za ovu namjenu rješavanju tog problema prilaži preuzsko i da na tom području nema dovoljno suradnje, interakcija, a često ni potrebnog razumijevanja. Najčešće je greška u tome da su pojedini sistemi zatvoreni i ne dozvoljavaju daljnja proširenja i dogradnje, a da ne govorimo o problemu dodatnog obrazovanja baš na području ove problematike (dokumentalistike).

Dakle, ako želimo stvoriti dokumentacijsko-informativni sistem na nivou poduzeća, moramo najprije ustanoviti čime raspolažemo, kome i čemu će on služiti i što nam on mora pružiti. Drugim riječima, moramo odrediti njegov ulaz (input) i izlaz (output), a osim toga uvijek moramo ostaviti prostor za njegovu dogradnju.

Uz pretpostavku da želimo organizirati samo jednu savremnu tehničku dokumentacijsko-informativnu službu koja bi obuhvatila i mikrofilm (MF) i automatsku obradu podataka (AOP), moramo:

- ustanoviti kojim opsegom dokumentacije raspolažemo
- koji su relevantni podaci o kojima želimo biti informirani
- gdje se nalaze ti podaci i u kojem su obliku oni raspoloživi
- kojim zahvatima i kako se oni mogu uključiti u informatički proces
- kako ovladati prikupljanjem relevantne dokumentacije, evidentiranje, katalogiziranjem, snimanjem na MF i uključivanjem u AOP.

Očito je da dokumentacijsko-informativni sistem nije više samo klasična arhivska služba već da je ona samo prvi, i to manji dio tog sistema. To iziskuje međusobnu suradnju raznih odjela, službi i stručnjaka raznih profila, specijalizacija i znanja, poštovanje određenih tehničkih standarda, pa i, nazovimo to tako, discipline izrade, odlaganja i dostavljanja dokumenata. Poseban je problem osoblje koje će sve te radnje obavljati, te potrebni prostor i nužna oprema.

S obzirom na pretpostavku snimanja na MF i uključivanjem u AOP, uvidom u dokumentaciju sustrest ćemo se s problemom da naša dokumentacija, pogotovo ona iz ranijeg razdoblja, nije takva da bi se bez daljnjeg mogla presnimiti. Osim toga, ona nije unificirana ni u kojem pogledu. Različitog je porijekla, nastanka i tipologije. Svu tu dokumentaciju treba detaljno obraditi i, ako je to ikako moguće, unificirano razvrstati, a to bi bio ulazni odnosno input-dio.

Pošto je obavljen ovaj dio posla koji se u teoriji sistema naziva »zatvorenim kutijom«, prikupljene podatke, moramo obraditi prema potrebama »izlaza«. Moramo ih, dakle, srediti onako kako će oni potencijalnim korisnicima najbolje odgovarati, a zatim ih moramo pripremiti i za AOP ili se te dvije radnje mogu

odvijati paralelno. Poseban dio je, nazovimo ga, manualna obrada dokumentacije, njezino sistematsko odlaganje i kasnije pronalaženje. U tom dijelu slijedi i nužna postepena obrada dokumentacije za snimanje na MF, što opet uključuje određeno povezivanje s AOP-om. Sam mikrofilm, koji znači veliku uštedu prostora, nema nikakvu svrhu ako ne raspolažemo adekvatnim sistemom pronalaženja reprodukcije snimaka. Dakle, moramo na određenim mjestima raspolagati potrebnim čitačima i strojevima za reprografiju.

Mikrofilm se u svijetu koristi već niz godina, ali mi smo još u fazi planiranja i njegova eventualnog uvođenja. S obzirom na velike financijske troškove on se može uvesti samo u sklopu radne organizacije. Takva jedinica mora imati potreban kapacitet i opremu potrebnu za snimanje svih oblika dokumentacije. Snimanje na MF može se obavljati na razne načine, ali oni nisu svi pogodni za određene načine korištenja. Prethodno treba riješiti mnoge dileme: npr. da li samo film ili fiševe i sl. Tu tehniku treba definirati prije same realizacije jer o tome ovisi izbor opreme i kasnije brzina dobivanja tražene informacije. Nikako se ne smije zaboraviti da MF oprema nije univerzalna i da je određene vrste dokumenata moguće snimiti samo određenim tipovima kamera.

Drugi problem je pristup samom snimanju. U pravilu, snima se barem kod tehničke dokumentacije najprije tzv. živa dokumentacija, dakle ona koja se najčešće koristi ili je u trajnoj upotrebi, a zatim se snima nekim redoslijedom unatrag ostala dokumentacija. Zatim treba odrediti potreban broj i oblik radnih MF kopija i njihovu distribuciju, te eventualno i poseban način njihova opisivanja.

Cijeli taj postupak, posebno ako se uvodi MF »živoj dokumentaciji«, dakle onoj koja se koristi na radnom mjestu u pojedinim odjelima, traži veliku disciplinu u ophođenju dokumentacijom. Jer, ako korisniku nisu pravovremeno dostavljene promjene provedene u nekom nacrtu, nema ni smisla da on tu dokumentaciju kod sebe drži kao radni primjerak.

Kod nas i u našim uvjetima rada, gdje su servisi vrlo nesigurni, postavlja se nadalje pitanje postupka s originalima: da li je oporutno snimljenu dokumentaciju uništiti ili ne, zatim da li snimati samo na sigurnosnu traku, a radne kopije izraditi u drugim i kojim tehnikama i sl.

U svakom slučaju ima vrlo mnogo pitanja, od kojih većinu treba riješiti na samom početku jer inače sav napor neće dati zadovoljavajuće rezultate.

Dok se uvođenje MF-a može odvijati nezavisno od AOP-a, o potrebi automatske obrade podataka i njezinim zahtjevima, treba imati jasnu sliku u fazi obrade dokumentacionog materijala kada ovaj ulazi u sklop »dokumentacije« kao takav, dakle kada se on preuzima ili čak već u fazi nastanka. U svakom slučaju prilikom njegova evidentiranja treba voditi brigu o njegovoj unificiranosti, o ključnim riječima, šiframa, oznakama i podacima lokacije, dakle o svim za AOP potrebnim podacima. Svaku dopunu, promjenu mjesta lokacije, opseg i sl. također treba proslijediti u datoteku.

ZAKLJUČAK

Namjera ovog napisa nije bila davanje bilo kakvih receptura, već samo skretanje pažnje na kompleksnost dokumentacijsko-informativne djelatnosti, na njezinu vrlo široku domenu djelatnosti, te na to da danas, kada nam se već pružaju mogućnosti da stvaranjem banaka podataka vodimo računa o unošenju podataka u te banke, unesemo i one podatke koje ćemo kad-tad u njima htjeti naći. Prema tome, prilikom planiranja razvoja sistema AOP i njima sličnih sistema moramo voditi brigu i o razvoju i uključivanju dokumentacijskog procesa u taj opći informacijski proces.

Na kraju bih htio napomenuti da je literatura s područja ove problematike vrlo opširna, pa navodimo samo nekoliko naslova koji bi zainteresiranom čitaocu mogli biti korisni.

LITERATURA

- [1] MICHAILOV, A. I., CERNY, A. I., GILJAREVSKIJ, R. S.: »Grundlagen der wissenschaftlichen Dokumentation und Information«, 2 knjige, Westdeutscher Verl., Köln-Opladen, 1970.
- [2] MICHAILOV, A. I., CERNY, A. I., GILJAREVSKIJ, R. S.: »Informatik — eine neue wissenschaftliche Disziplin«, Informatik 16 (1969.) str. 5-11
- [3] LAISIEPEN K., LUTTERBECK E. MEVER-UHLERIED K.-H.: »Grundlagen der praktischen Information und Dokumentation«, MUNCHEN-Pullach u. Berlin, Verlag Dokumentation 1972.

DOCUMENTATION — INFORMATION ACTIVITIES IN ELECTRIC ENTERPRISE

In the article is given an overall description of documentation-information activities and some general prospects for development of organisation in the light of data processing and file handling.

DOKUMENTARISCH INFORMATIVE TÄTIGKEIT IN DER ELEKTROWIRTSCHAFT

Hier wird zusammenfassend über den Umfang der dokumentarisch informativen Tätigkeit im allgemeinen gesprochen. Es werden einige allgemeine Ansichten über die Möglichkeit des Organisierens einer solchen Dienstleistung hinsichtlich des Einführens und einer immer größeren Anwendung des Systems der automatischen Datenverarbeitung, sowie verschiedener Systeme der Datotheken gegeben.

ДОКУМЕНТАЛЬНО-ИНФОРМАЦИОННАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ В ЭЛЕКТРОХОЗЯЙСТВЕ

Дано краткое описание документально-информационной деятельности в общих чертах, а также общие взгляды на возможности организации таковой службы, учитывая ввод и все более широкое применение системы автоматической обработки данных и различных систем файлов.

Naslov pisca:

Herbert Praznik, dipl. inž.
Elektroprenos, 41000 Zagreb,
Proleterskih b. 37, Jugoslavija
 Uredništvo primilo rukopis
 1986-05-08

VIJESTI IZ ELEKTROPRIVREDE

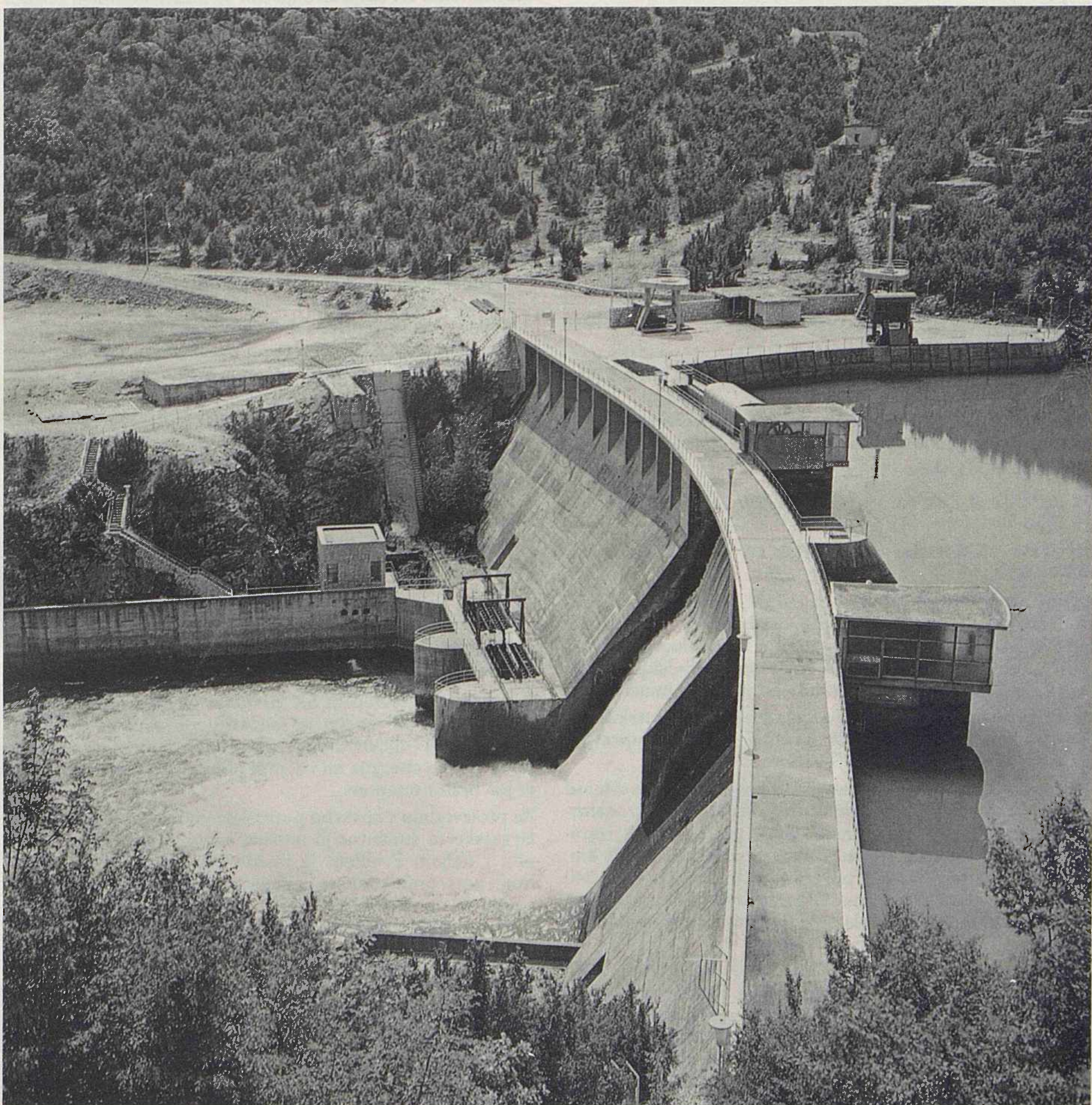
ELEKTROPRIVREDA DALMACIJE

DVADESET GODINA USPJEŠNOG DJELOVANJA

Radna organizacija »Elektroprivreda Dalmacije« proslavila je dvadesetogodišnjicu rada i djelovanja. Glavna proslava održana je 8. svibnja ove godine u Splitu. U sklopu proslave održana je svečana sjednica Radničkog savjeta kojoj su prisustvovali članovi kolektiva, predstavnici društveno-političkih organizacija, te elektroprivrednih poduzeće, poslovnih

partnera i drugih predstavnika privrede Dalmacije. Elektroprivredno poduzeće »Elektroprivreda Dalmacije« osnovano je sporazumom o udruživanju potpisanim 25. veljače 1966. Ugovor su potpisale ove organizacije: HE na Cetini — Omiš, u čijem sastavu su djelovale HE Zakućac I i HE Kraljevac, zatim HE Peruća — Sinj i »Elektroprenos« Split, a 17. ožujka 1967. i HE na Krki i Zrmanji — Knin (HE Manojlovac).

U razdoblju od 1950. do 1965. godine izgrađeni su veliki elektroenergetski izvori i prijenosna postrojenja:



Brana Prancevići u sistemu hidroelektrana Zakućac I i II

- završena je obnova i rekonstrukcija HE Manojlovac, koja je ušla u redovnu proizvodnju 10. lipnja 1956.
- izgrađena je HE Zakućac, koju je svečano pustio u pogon drug Tito 6. sviblja 1962.
- izgrađena je HE Dubrovnik, koja je ušla u redovnu proizvodnju 11. lipnja 1965.

Usporedo s izgradnjom izvora električne energije razvijale su se i prijenosna postrojenja. Tako su izgrađene transformatorke stanice 110/35 kV Kraljevac, Dugi Rat, Metereze i Bilice.

Preko dalekovoda 110 kV Kraljevac — Mostar energetska sistem u Dalmaciji povezuje se s energetska sistemom Bosne i Hercegovine.

Izgradnjom DV 220 kV HE Zakućac — TS Brinje — TS Mracilin 1962. godine Dalmacija se povezuje sa zapadnim dijelom energetska sistema.

Izgradnja novih elektrana

U proteklih 20 godina ispunjena su četiri petogodišnja plana razvoja i izgradnje elektroenergetskih objekata i postrojenja u elektroprivredi SR Hrvatske.

U ovom razdoblju izgrađeni su sljedeći izvori električne energije:

HE Orlovac, instalirane snage 237 MW, proizvodnje 500 GWh, u proizvodnji od 1973. godine,

HE Zakućac — II etapa snage 270 MW, proizvodnja 330 GWh, u radu 1978.

HE Golubić, snage 6,5 MW, proizvodnja 28 GWh, u proizvodnji od 1980.

RHE Obrovac, snage 300 MW, proizvodnje 430 GWh u proizvodnji od 1984.

U toku je izgradnja HE Dale na Cetini, a uskoro počinje izgradnja male »HE Krčić« na Krčiću kod Knina.

Izgrađeni su dalekovodi:

DV 220 kV HE Zakućac — TS Bilice, DV 220 kV HE Orlovac — TS Bilice,

DV 400 kV TS Konjsko — TS Mostar, DV 400 kV TS Konjsko — TS Meline.

Izgrađeni su i brojni dalekovodi 110 kV, koji povezuju TS izgrađene u svim područjima Dalmacije, zatim TS 400/220/110 kV Konjsko, u pogonu s naponom 380 kV od 1981. godine, pa kombinirana nadzemno-kabelska 110 kV veza za elektrifikaciju otoka srednje i južne Dalmacije.

Uvodi se sistem daljinskog vođenja elektroenergetskih objekata u koju su svrhu izgrađeni centri daljinskog upravljanja u TS Bilice (Šibenik) i TS Vrboran (Split).

Ovom izgradnjom instalirana snaga povećana je za više od 3 puta, od 348 MW na 1138 MW, instalirana snaga transformatora za više od 10 puta, od 299 MVA na 3 059 MVA, izgrađenost dalekovoda za više od 2 puta od 879 km na 1128 km, akumulacioni bazeni vode povećani su blizu 3 puta, od 540 milijuna m³ na 1340 milijuna m³, a dužina tunela putem kojih voda iz akumulacija dolazi do turbina elektrana za blizu 4 puta, od 12 km na 43 km.

Danas RO »Elektroprivreda Dalmacije« zapošljava 1 015 radnika, dok je prilikom osnivanja 1966. godine zapošljavala 433 radnika, dakle prosječna stopa rasta zaposlenih u 20-godišnjem razdoblju iznosi 4,35 posto. Za dugogodišnji rad i postignute natprosječne rezultate u okviru svojih radnih zadataka dodijeljene su i plakete RO »Elektroprivreda — Dalmacije« — Split, većem broju radnika, umirovljenicima, te službama i radnim jedinicama unutar OOUR-a i Radne zajednice.

Nadalje, za uspješnu dugogodišnju suradnju dodijeljene su plakete elektroprivrednim i drugim privrednim organizacijama, kao i većem broju poslovnih partnera.

I. R.

ELEKTROMOTORNI POGONI

U organizaciji Elektrotehničkog društva Zagreb, Samouprave interesne zajednice za znanstveni rad SR Hrvatske i Saveza elektrotehničkih inženjera i tehničara Hrvatske održano je »III savjetovanje elektromotorni pogoni« u Dubrovniku od 22. do 24. travnja 1986. Savjetovanju je prisustvovao veći broj stručnjaka iz područja proizvođača elektromotora, naučnih zavoda, projekatana, elektroprivrednih i montažnih organizacija.

Glavna tema III savjetovanja bili su elektromotorni pogoni i njihove komponente, njihov razvoj s obzirom na zahtjeve tržišta i opći razvoj tehnike, kao i tendencije razvoja u pogonskoj tehnici.

Na ovom skupu podneseno je 55 referata i obrađena su pitanja koja se odnose na sljedeća tematska područja:

- razvoj i proizvodnja komponenti elektromotornih pogona — radni mehanizmi, prijenosni elementi, električni rotacioni strojevi, transformatori, sklopni uređaji, uređaji energetske elektronike, te aparati i sklopna postrojenja, zaštitni uređaji i mjerni članovi
- planiranje i projektiranje elektromotornih pogona — istosmjerni i izmjenični elektromotorni pogoni, vrste projektne dokumentacije i propisi, odabiranje optimalnih mreža, analiza potrošača i energetska bilanca, upravljanje, primjena mikroprocesa u upravljanju, automatizacija, ponašanje motornih pogona u stacioniranim i dinamičnim stanjima
- održavanje i modernizacija elektromotornih pogona — mjerenja u pogonu, pouzdanost u radu, racionalno korištenje električne energije, eksplozijski ugrožena okolica, vibracija, radio-smetnje i organizacija održavanja.

Radni dio savjetovanja organiziran je u tri komisije i o svim temama vođene su opširne diskusije na osnovi koji su doneseni i odgovarajući zaključci.

I. R.

SUPSTITUCIJA ZA MAZUT

Energetskom bilancom SR Hrvatske za 1986. godinu ocijenjeno je da se tendencija supstitucije mazuta domaćim energentima (ugljen, drveni otpad, biomase, solarna energija, termalna energija ali i zemni plin) i u 1986. godini nastavi još bržim tempom.

Za proizvodnju i opskrbu potrošača energijom na području Hrvatske za supstituciju mazuta važni su energenti zemni plin i ugljen. Problem je, međutim, nemogućnost osiguranja potrebnih količina ugljena, tako da će se ove godine u većem dijelu mazut istiskivati zemnim plinom kojeg imamo u znatno većim količinama.

Za tu svrhu u Energetskoj bilanci predviđa se u odnosu na 1985. godinu veća količina

- | | |
|-------------------------------|-----------------|
| — ugljena za supstituciju | više 16,5 posto |
| — plina za energetske potrebe | više 44 posto. |

U 1986. godini predviđa se za 52 posto veća proizvodnja zemnog plina nego u 1985. godini. To je rezultat puštanja u pogon plinskog polja Molve II. Međutim, da bi se zadovoljila potreba potrošnje i planirana količina plina bit će potreban i uvoz. Radi osiguranja dovoljnih količina plina za zim-

sko razdoblje 1986/1987. bit će nužno ugovoriti skladištenje ljetnih viškova plina u Austriji.

Opskrba potrošača ugljenom osigurana je dugoročnim ugovorom o ulaganju u rudnike ugljena u SR BiH, a dijelom i iz uvoza. Ulažu se i naporu u istraživanju i definiranju nalazišta ugljena radi otvaranja rudnika u SR Hrvatskoj.

Potrebne količine ugljena

U SR Hrvatskoj iskorištava se antracit, kameni ugljen, mrki ugljen, lignit, koks i briketi.

Cjelokupna količina antracita osigurava se uvozom, a najvećim dijelom je namijenjen tvornicama cementa na Jadranu koje su izvršile zamjenu mazuta antracitom. Planom za 1986. godinu ostvarit će se uvoz antracita $207,0 \times 10^3$ tona. U odnosu na 1985. godinu predviđena je potrošnja veća za 6,2 posto.

Kamen i ugljen je jedina vrsta ugljena koja se zadnjih godina proizvodi u Hrvatskoj. Za ovu godinu planirana je proizvodnja od oko $300,0 \times 10^3$ tona, što je nešto više od ostvarene proizvodnje 1985. godine. Najvećim dijelom se proizvedeni kameni ugljen iskorištava u termoelektрани. Neposredni potrošači (industrija i široka potrošnja) iskorištavaju oko 40 000 tona, a u druge se republike isporučuje samo pet do deset tisuća tona.

Ukupno potrebne količine kamenog ugljena za proizvodnju koksa osiguravaju se iz uvoza. U 1986. planirano je da se uveze $1\,090 \times 10^3$ tona. Plan za 1986. godinu na nivou je 1985. godine.

Potrošnja mrkog ugljena u 1986. godini, kao i prethodnih godina, osigurat će se dobavom ovog energenta iz drugih republika. Planom potrošnje predviđen je u količini $764,0 \times 10^3$ tona, što je u odnosu na potrošnju 1985. godine više za oko 40 posto.

Slična situacija je i s lignitom, ali s tom razlikom da se u 1985. i 1986. pojavljuje i minimalna vlastita proizvodnja (oko 20 000 tona).

U 1986. godini planirana je potrošnja lignita $596,0 \times 10^3$ tona, što je za 4,3 posto od ostvarene potrošnje 1985. godine.

U koksari Bakar godišnje se proizvodi oko 850.000 tona koksa, dok potrošnja u Hrvatskoj iznosi od 240 do 300 tisuća tona.

Predviđena potrošnja za 1986. godinu iznosi 298 000 tona, što je za 2,4 posto više od ostvarene potrošnje 1985. godine.

Budući da se u Bakru proizvodi metalurški koks, potrebne količine ljevačkog koksa i specijalnih vrsta za tvornice ferolegura osigurat će se dobavom i uvozom tako da se planira dobava iz drugih republika 56 000 tona i uvoza oko 30 000 tona. U druge republike isporučit će se 388 000 tona, dok će izvoz u inozemstvo iznositi oko 250 000 tona metalurškog koksa.

Osim nabrojenih vrsta ugljena, za potrebe široke potrošnje uvoze se određene količine briketa.

Planiran je uvoz briketa za 1986. godinu od oko 20 000 tona, a u prethodnoj godini uvoz briketa iznosio je oko 6 000 tona.

I. R.

SAVJETOVANJE O ODRŽAVANJU NE KRŠKO

Sedmog svibnja ove godine završeno je trodnevno savjetovanje u Slavonskom Brodu na temu »Osiguranje kvalitete u održavanju remonta, kvalifikacije i modifikacijama na nuklearnoj elektrani Krško«. Savjetovanju je prisustvovao ve-

lik broj stručnjaka, a podneseno je 27 referata, podjeljenih u tri tematske grupe, koji su u cijelosti pokrili područje osiguranja kvalitete NE Krško.

O pojedinim referatima vođena je diskusija i na temelju iznesenih razmatranja usvojeni su odgovarajući zaključci. Naglašeno je da treba ubrzati rad na donošenju jugoslavenskih standarda na području nuklearne energetike. Sudionici održanog skupa traže da se ostvare već usvojeni dogovori oko djelovanja Poslovne zajednice »Jugoatomenegro« radi poboljšanja kvalitete radova i osiguranja kadrovskog potencijala, te da se ispita mogućnost prijenosa iskustva održavanja nuklearne elektrane Krško na klasične elektrane.

Savjetovanje »Osiguranje kvalitete u održavanju opreme NE Krško« u Slavonskom Brodu nastavak je razmjene iskustava započete prošle godine u Mariboru u vezi s remontom naše prve nuklearke. Već pri kraju gradnje NE Krško pokrenuta je akcija za stvaranje modernog organiziranog i efikasnog sistema za održavanje i remont.

Zaključeno je da se savjetovanje s ovom tematikom 1987. godine održi u Karlovcu, a organizaciju preuzima SOUR »Jugoturbina« Karlovac.

I. R.

RAZVOJ IZGRADNJE ELEKTRANA

U 1986. godini u Jugoslaviji se radi na izgradnji 12 elektrana ukupne instalirane snage 1 880 MW, od toga pet termoelektrana i sedam hidroelektrana. Gradnja pojedinih objekata odvija se prema utvrđenim programima. Istina, kod nekih objekata pojavljuju se stanovite poteškoće, najviše zbog neosiguranih financijskih sredstava.

Najuspješniji radovi izvode se na gradnji TE »Kakanj 5«, snage 230 MW. Opsežni su zahvati na glavnim montažnim poslovima koje izvode montažne organizacije iz Beograda, Sarajeva, Zagreba i Zenice. Radnici kolektiva »Vatrostalna« iz Zenice završili su izgradnju dimnjaka visine 300 metara kao i rashladne tornjeve uz samu rijeku Bosnu.

Predviđa se da će svi radovi na elektrani biti završeni krajem 1986. godine.

U gradnji termoelektrane »Drmno«, snage 2×348 MW, prvi blok bit će završen sredinom 1987. godine.

U TE »Bitola 3«, snage 210 MW, u toku su radovi na glavnim objektima. Istovremeno s građevnim radovima organizirani su poslovi montaže opreme. Glavni dio uvozne i domaće opreme je osiguran.

Konačno je donesena odluka o nastavku započetih glavnih radova na objektima buduće TE »Plomin 2«, pošto je usvojeno rješenje o postavljanju postrojenja za odsumporavanje plinova. To postrojenje realizirat će se u sklopu gradnje TE »Plomin 2«.

Prema dinamici radova TE-TO Zrenjanin, snage 100 MW, predviđen je ulazak postrojenja u pogon u toku 1987. godine.

U grupi hidroelektrana u 1986. godini završit će se montaža dvaju agregata HE »Derdap 2«, snage 2×27 MW. Četiri agregata iste snage već su u pogonu. HE »Derdap 2« projektirana je s instaliranom snagom 8 agregata po 27 MW. Preostala dva agregata bit će završena u 1987. godini.

Završena je kompletna izgradnja HE Solkan, instalirane snage 3×10 MW. To je treća naša hidroelektrana na rijeci Soči.

U ovoj godini organizirani su početni glavni radovi u vezi s izgradnjom HE »Mostar« na Neretvi, snage 3×25 MW, i drinske HE »Višegrad«, snage 3×150 MW.

Osim navedenih radova, na većim elektranama u gradnji su i postrojenja manjih snaga: HE »Dale«, snage $2 \times 20,4$ MW, s mogućom godišnjom proizvodnjom 157 GWh, hidroelektrana »Mavčice« (Slovenija), snage 2×19 MW, s godišnjom proizvodnjom 83 GWh i hidroelektrana »Zavoj«, snage 2×40 MW, s godišnjom proizvodnjom 113 GWh električne energije.

I. R.

DALJINSKO UPRAVLJANJE HIDROELEKTRANA-MA

Na području RO »Elektroprivreda Zagreb« planira se uvođenje daljinskog upravljanja hidroelektranama na porječjima odnosno vodotocima. U pripremama za realizaciju zacrtanog programa izrađena je tehnička dokumentacija daljinskog upravljanja elektrana na Savi, koje će se graditi na dijelu Save u Hrvatskoj. Predviđeno je da se za savske elektrane daljinsko upravljanje vodi iz komande lanca lociranog uz buduću HE »Drenje«.

Hidroelektranama na Dravi i Muri upravljat će se iz komande koje bi se po jednoj varijanti trebala izgraditi uz pogonsko-poslovni objekt HE Varaždin.

Za tu komandu izrađen je idejni projekt i investicioni program. U 1986. godini ugovorit će se i izrada glavnog projekta, kao i izrada ponudbene dokumentacije.

Hidroelektranama porječja Kupe, koje obuhvaća vodotokove Kupe, Dobre, Korane i Mrežnice, upravljat će se iz jedne komande toga porječja, čije će lokacije biti određene prema idejnom projektu koji treba što prije izraditi.

Svi projektni zadaci, tehnička dokumentacija iz izvedbe navedenih komandi daljinskog upravljanja, bit će verificirani na nivou Zajednice elektroprivrednih organizacija Hrvatske.

I. R.

SMANJEN POTROŠAK GORIVA

Potrošak goriva termoelektrana u Hrvatskoj za razdoblje siječanj — svibanj 1986. manji je od plana predviđenog Elektroenergetskom bilancom za 1986. godinu. Zbog izrazito povoljnih dotoka vode hidroelektrane su u petomjesečnom razdoblju ostvarile proizvodnju 3.060,8 GWh, što je oko 22 posto više od plana. Dobri rezultati proizvodnje hidroelektrana uvjetovali su manju realizaciju proizvodnje termoelektrana. Termoelektrane su ostvarile ukupnu proizvodnju 1.390 GWh električne energije, što je svega 57 posto od plana.

Smanjenom proizvodnjom postignute su velike uštede tekućeg goriva — mazuta, koji će dobro doći kod smanjenja voda akumulacijskih bazena.

Iz tablice se vidi znatno smanjenje potrošnje mazuta, kao glavnog pogonskog goriva u nekim termoelektranama i topilanama. Početkom lipnja ove godine zalihe mazuta iznose 149.752 tona. Najveći potrošak mazuta korišten je u TE-TO

Potrošnja goriva

	siječanj-svibanj 1986.		
	plan	ostvareno	%
Ukupno:			
— ugljen tona	77.000	59.534	77,3
— mazut tona	415.800	125.236	30,0
— zemni plin 10^6 m ³	30	80.393	268,0
— koksni plin 10^6 m ³	32,0	1,234	3,9

Zagreb, EL-TO Zagreb i TE-TO Osijek. Potrošnja zemnog plina u razdoblju siječanj-svibanj znatno je iznad planiranih količina.

Također je povećana potrošnja zemnog plina u velikoj mjeri utjecala na smanjenje potrošnje mazuta. Do povećanja isporuka zemnog plina došlo je zbog povećane proizvodnje s domaćih plinskih polja, osobito nakon otvorenja novih bušotina na plinskom polju Molve. Isporuke koksniog plina kojeg koristi TE »Rijeka« smanjena je na minimum, jer je i sama termoelektrana »Rijeka« često izvan pogona.

I. R.

REMONT ELEKTRANA

Elektroenergetskom bilancom SR Hrvatske za 1986. godinu utvrđen je plan remonta elektrana. U prvom polugodištu ove godine remont je obuhvatio nekoliko postrojenja.

U siječnju i veljači obavljen je godišnji remont u dravskim hidroelektranama »Varaždin« i »Čakovec« na agregatima I i II.

Kapitalni remont TE Plomin obavljen je u travnju i svibnju, i trajao je 60 dana, dok će se čišćenje kotla obaviti u studenom.

Opsežni radovi remonta TE »Rijeka« počeli su u travnju. Programirani su glavni zahvati: izvedena je korekcija linije rotora na turbini, izmjena dotrajalih ležaja, a treba izvršiti kontrolu i zamjenu parnih i uljnih brtvi. Kontrolirano je i stanje kućišta i visokopterećenih statorskih dijelova privodnog sapništva. Na kondenzatoru je izvršena kontrola stanja cijevi. Ovaj zahvat povjeren je stručnjacima Instituta za elektroprivredu, Zagreb.

Na kotlovskom postrojenju predviđeni su veći zahvati na održavanju cijevnog sistema kotla i armature. Prije ovih radova potrebno je izvršiti mehaničko i kemijsko čišćenje kotla.

U okviru zamjene i rekonstrukcije pogonskih uređaja izvršit će se neutralizacija otpadnih voda.

U travnju je obavljen godišnji remont TE Sisak i to prvog bloka, a remont drugog bloka početak će u rujnu i trajat će 45 dana. Također je u travnju izvršen remont u TE-TO Zagreb, turboagregat br. 2.

U HE »Vinodol« obustavit će se rad pogona od srpnja do 30. rujna radi spajanja cjevovoda Bajer — Razromir.

I. R.

IZ STRANE STRUČNE LITERATURE

AUSTRIJA GRADI U MAĐARSKOJ HIDROELEKTRANU NA DUNAVU

Austrija i Mađarska sklopile su ugovor o gradnji hidroelektrane Nagymaros na Dunavu. Elektranu će graditi austrijska poduzeća. Ukupne se investicije procjenjuju na 8 milijardi šilinga. Projektiranje će započeti 1986. godine, a stvaranje u pogon predviđa se 1994. Austrijska će poduzeća u dobavi sudjelovati sa 70%, a cijeli će ugovor financirati Austrija. Zauzvrat će Austrija od 1996. dobivati u toku 20 godina 1 200 GWh godišnje.

Elektrizitätswirtschaft 85/1986/br. 2

NA HELGOLAUDU SE GRADI ELEKTRANA NA VJETAR

Na Helgolaudu, otoku na Sjevernom moru, u sklopu programa obnove, gradi se elektrana na vjetar. Snaga elektrana bit će 1,2 MW, visina 65 m, a troškovi izgradnje iznositi će 9 milijuna zapadnonjemačkih maraka. Elektranu će od 1988. godine pokrivati trećinu energetske potrebe otoka.

Elektrizitätswirtschaft 85/1986/br. 3

NUKLEARNA ENERGIJA

a) U SR Njemačkoj su u toku 1985. godine uspješno riješeni neki važni problemi nuklearnih elektrana u suradnji privrede i savezne vlade.

- U listopadu 1985. ušlo je u pogon međustovarište radioaktivnog otpada u donjosaksonskom mjestu Gorleben.
- U veljači 1985. konačno je odlučeno da se uređaj za ponovnu pripremu nuklearnog goriva izgradi u bavarskom mjestu Wackersdorfu.
- Od kolovoza 1985. radi njemačko postrojenje za pretvaranje visokoradioaktivnog nuklearnog otpada u staklastu masu. Uređaj je izgrađen u Belgiji (Mol).
- U ožujku 1985. fizikalno-tehnički savezni ured dao je odobrenje da može ući u upotrebu deponij Konrad za konačno odlaganje nuklearnih otpadaka.
- U toku su daljnji radovi na otvaranju rovova u Gorlebeu za definitivno odlaganje nuklearnog otpada.

b) Švedska je u 1984. godini imala najveći udio nuklearne energije u utrošenoj primarnoj energiji. U Švedskoj i ostalim zemljama postoci su bili sljedeći: Švedska 23%, Francuska 22%, Finska 17%, Švicarska 16%, Japan 9% i SR Njemačka 8%. U svijetu je te godine bilo proizvedeno oko 1150 TWh električne energije u nuklearnim elektranama, što je 13% ukupne proizvodnje električne energije i oko 4% ukupne upotrebljene primarne energije. Električna energija proizvedena u svim nuklearnim elektranama u svijetu odgovara proizvodnji od 230 milijuna tona nafte (uljnih jedinica).

c) U SR Njemačkoj je u 1985. godini gotovo svaki treći kWh proizveden iz urana. Od ukupne proizvodnje električne energije 31% proizveden je u nuklearnim elektranama prema 23% u prethodnoj godini. U javnoj opskrbi udio nuklearne energije porastao je za 36%.

Elektrizitätswirtschaft 85/1986/br. 3

FOTOELEKTRIČNI GENERATOR U POGONU

Od proljeća 1984. godine u elektroprivrednom poduzeću Badenwerk AG (Karlsruhe, SR Njemačka) u pogonu je fotoelektrični generator paralelno vezan na mrežu niskog napona. Snaga generatora iznosi 300 W, a ulazi u javnu mrežu u obliku jednofazne izmjeničke struje. Prvenstveni je zadatak ovog uređaja da se utvrdi elektroprivredna vrijednost solarne energije, premda je iz opsežne literature poznato koliko su investicioni troškovi solarnih ćelija i energetska raspoloživost takvih uređaja. Nakon nekoliko godina pokusnog pogona moći će se na temelju prikupljenih mjernih podataka procijeniti elektroprivredna vrijednost solarnog generatora. Pri tome je osobito važno provjeriti automatsku regulaciju generatora kojom će se omogućiti plasman maksimalno moguće električne energije koju generiraju ćelije.

Da izmjenična distributivna mreža može primiti solarnu energiju, potrebno je da se istosmjerna struja iz ćelija presmjeri u izmjeničnu.

To se postiže presmjerivačem, pa prema tome ovaj solarni uređaj nema baterija za akumuliranje energije.

Solarni se generator sastoji od 30 solarnih loča (Tip AEG PQ 10/20/0). Svaka ploča sadrži 20 solarnih silicijskih ćelija. Cijela aktivna površina iznosi 6 m². Ploče su fiksno montirane prema suncu.

Napon solarnog generatora u praznom hodu iznosi 336 V. Pri 25°C pogonske temperature ploča i specifične snage sunčanih zraka na tlo od 100 mW/cm² električna snaga iznosi 576 W. To je 9.6% bruto-snage zračenja na solarni generator od 6 000 W. Navedena vršna snaga postiže se rijetko, jer položaj ploče prema Suncu nije uvijek optimalan, a i atomsferski uvjeti ne omogućuju Sunčevo zračenje od spomenutih 100 mW/cm².

U cijelom uređaju osobito je značajan usmjerivač (izmjenjivač) s regulatorom koji omogućuje da solarni generator daje cijelu svoju snagu u mrežu, tj. da bude uvijek potpuno iskorišten. Korisnost usmjerivača iznosi 88%.

Na ulazu energije u mrežu ugrađeni su mjerni uređaji koji registriraju električnu snagu i energiju, a također i ukupno zračenje Sunca.

Prvi rezultati ovog sistematskog mjerenja već su poznati. Tako je npr. jednog vedrog sunčanog dana maksimalna snaga zračenja sunca na ćelije iznosila 4680 W od čega je snaga uređaja bila 275 W ili 6%. U kišnom danu maksimum uređaja bio je 150 W, što je 5% snage zračenja.

Solarni generator radi već preko godine dana bez poteškoća, paralelno na distributivnu mrežu. Za nekoliko godina moći će se utvrditi njegova elektroprivredna vrijednost.

Elektrizitätswirtschaft 85/1986/br. 5

STRUJA U ENERGETSKOJ BILANCI ŠVICARSKE

Energetska bilanca Švicarske pokazuje da od ukupne energije potrošene u zemlji od oko 200 TWh na električnu energiju otpada jedna petina ili 40 TWh. U ostalim energentima najveći potrošak još uvijek otpada na naftu (66%), plin (7%) i ugljen (3%). Udio daljinskog grijanja i drva samo je 4%.

Od 40 TWh električne energije 70% troši industrija, obrt i promet (električne željeznice). Privatna široka potrošnja

uzima 28%. U Švicarskoj se 39% potreba električne energije proizvodi u nuklearnim elektranama, 35% u akumulacionim a 26% u protočnim hidroelektranama.

Elektrizitätswirtschaft 85/1986/br. 5

ZEMLJE U RAZVOJU — IZGLED ZA BUDUĆNOST I STRATEGIJSKA ANALIZA INDUSTRIJE

Industrijski razvijene zemlje zapada zainteresirane su za mogućnost prodaje elektroenergetskih postrojenja zemljama u razvoju. Smatra se da u toku sljedećih 20 godina za to postoje vrlo dobre mogućnosti u zemljama istočne i južne Azije, Južne Amerike i Sredozemlja.

Razvojni centri Battelle u Ženevi upravo razrađuju dugogodišnju studiju koja ima cilj da se svjetskim tvrtkama električne opreme dadu ključne informacije za njihove strategijske planove. Studijom su obuhvaćene u Aziji: Turska, Pakistan, Indija, Kina, Republika Koreja, Tajland, Filipini i Indonezija;

Latinskoj Americi: Meksiko, Kolumbija, Brazil i Argentina; Južnoj Evropi: Portugal, Jugoslavija i Grčka; Africi: Egipat i Nigerija.

Studija se naziva »Power Plant 2005«, a sadržavat će:

- predviđanje tržišta na području elektrana za sljedećih 20 godina, posebno financijski aspekt
- predviđanje organizacije vođenja projekata, lokalne natječeaje i bitne faktore za uspjeh presudnih ugovora s pojedinim zemljama
- geostrategijsko segmentiranje industrije za gradnju elektrana u svim spomenutim zemljama.

Elektrizitätswirtschaft 85/1986/br. 5

NOVE NUKLEARNE ELEKTRANE

Italija

Talijanski je Senat zaključio gradnju triju nuklearnih i triju elektrana na ugljen. Za nove nuklearke glasali su i komunisti, koji su inače u opoziciji. Nove će nuklearne elektrane biti izgrađene u Apuliji, Lombardiji i Piemontu i nadopunjavat će postojeće u Caorsu i Montalu.

Francuska

Ministar predsjednik Fabius upozorio je pismom EdF da do 1989. godine mogu dodatno naručiti samo po jedan blok u nuklearnim elektranama. Narudžbe će se dati za blokove kako slijedi: 1986. Golfech 2 (1300 MW), 1987. Chooz B2 (1450 MW) i 1988. Civaux 3 (1390 MW). Za 1989. godinu još nije pala odluka. U izgledu je i treći blok za elektranu Penly.

Elektrizitätswirtschaft 85/1986/br. 6

B. M.

KINA SE ELEKTRIFICIRA

Kina, zemlja u kojoj danas živi oko četvrtine čovječanstva, sve više se otvara prema svijetu u želji da se brže razvije. Posebna se pažnja posvećuje razvoju elektroprivrede što se najbolje vidi iz tablice 1.

Tablica 1.

	Proizvodnja		Instal. snaga		Odnos Proizvodnja %
	Ukupno TWh	HE %	Ukupno MW	HE %	
1949.	4,3	16,5	1.849	8,8	100
1953.	9,2	16,7	2.350	14,2	213
1962.	45,8	19,4	13.037	18,2	1063
1975.	195,8	24,3	43.406	30,9	4544
1983.	351,4	24,6	76.444	31,6	8154

Kako iz tablice proizlazi, u godini 1983, oko četvrtine električne energije proizvedeno je u hidroelektranama, a ukupna proizvodnja prema 1949. porasla je više od 80 puta.

U tom se razdoblju industrijska i poljoprivredna proizvodnja povećala samo 20 puta.

Kina je do sada iskoristila samo nekih 5 do 10% svog hidropotencijala koji se cijeni na 1500 TWh godišnje proizvodnje. Prema tome je jasno da Kina danas prvenstveno izgrađuje hidroelektrane premda raspolaže s velikim rezervama ugljena.

Elektrane na naftu i plin sve se više pregrađuju na loženje ugljenom. Mnogo se grade elektrane-toplane, većinom s manjim energetske jedinice.

Počela je i gradnja nuklearnih elektrana. Danas su u pogonu dva reaktora s blokovima po 900 MW, izgrađeni po stranim licencama.

S obzirom na položaj izvora primarne energije u Kini se morala razviti i jaka prijenosna mreža.

Konzumni centri nalaze se u centralnom dijelu zemlje i na jugoistočnoj obali, dok su rezerve ugljena na sjeveru, a vodne snage pretežno na zapadu.

U Kini su se formirala 22 elektroenergetska sistema različite veličine. Oko 85% elektrana u njima je integrirano. Samo 13 prelaze snagu od 1 000 MW, a 4 od njih više od 10 000 MW.

Maksimalni prijenosni napon iznosi 500 kV.

Duljine prijenosnih vodova su sljedeće:

500 kV	oko	1.600 km
330 kV	oko	1.000 km
220 kV	oko	37.000 km

Energija vjetra koristi se prvenstveno u područjima uz morsku obalu i na visoravni Tibeta. Najvažniji lokalni izvor energije ipak je voda. 80.000 malih hidroelektrana, ukupne snage 8.000 MW, proizvodi godišnje 17 TWh električne energije.

Najveći dio proizvedene električne energije troši se u industriji (64%), a u domaćinstvima i za javne svrhe samo 6%.

Dok je prosječni rast potrošnje električne energije od 1949. godine iznosio 13,8% godišnje, pedesetih godina bio je 20%, zatim 13%, sedamdesetih godina 9%, a u osamdesetim je pao na 5%.

Udio glavnih grupa potrošnje u ukupnoj potrošnji dan je u tablici 2.

Tablica 2.

Godina	Udio glavnih potrošačkih grupa u %				
	Industrija	Poljoprivreda	Transport	Domaćinstva	Ostalo
1949.	55,5	0,5	0,5	23,8	19,7
1953.	68,0	0,3	0,4	15,8	16,3
1962.	69,8	4,3	0,6	8,7	16,6
1975.	63,7	14,1	0,8	5,0	16,4
1983.	64,0	14,9	0,6	6,4	14,1

Iako današnji godišnji potrošak po glavi stanovnika od 350 do 400 kWh nije velik u usporedbi s industrijski razvijenim zemljama, promjene od 1949. godine su goleme.

U ovim kineskim razvojnim naporima industrija Zapada vidi svoje velike izvozne mogućnosti.

ÖZE 38/1985/, br.12.

Mrk.

KATASTAR SUNCA ZA GRADITELJE I ARHITEKTE

Švicarska, prva zemlja u svijetu raspolaže katastrom solarne energije. Katastar sadrži globalno sijanje sunca u 3029 općina. To je osnova za planiranje i proračun energetskog doprinosa solarnih uređaja. U radovima Savezne stručne komisije za korištenje sunčane energije može se naći podatak da npr. magloviti kanton Aargau ima godišnje za četvrtinu manje sunca nego Saas Fee sa blizu 5400 MJ/m².

Elektrizitätswirtschaft, 1986, br. 9

Mrk.

BEČKA MREŽA 380 kV

Elektroenergetsko opskrbno područje grada Beča zaprema 2095 km², sa 1.816.900 stanovnika (1984.), godišnjom potrošnjom od 6.600 GWh i vrhom opterećenja od 1360 MW (siječanj 1985). Područje se opskrbljuje 48% iz vlastitih termoelektrana, a ostalu elektroenergiju prima prvenstveno preko dvije stanice 220/110 kV (Bisamberg i Südost). Najviši naponski nivo područja bio je do 1979. godine 110 kV. Kabelska mreža tog napona iznosi 328 km, a nadzemna 383 km. Mreža je gašena tj. zvjezdista transformatora uzemljena su preko Petersenove prigušnice. Već se šezdesetih godina pokazalo da je zbog struje zemnog i kratkog spoja potrebno mrežu 110 kV sekcionirati. Godine 1970. ona je razdvojena na sjeverni i južni dio. Daljnje je sekcioniranje provedeno 1979. godine i to na 5 dijelova, a u daljnjem će se razvoju podijeliti na 7 dijelova. Na taj bi način svaka mrežna grupa 110 kV imala opterećenje 200 do 400 MW, napajano najmanje sa dvije strane.

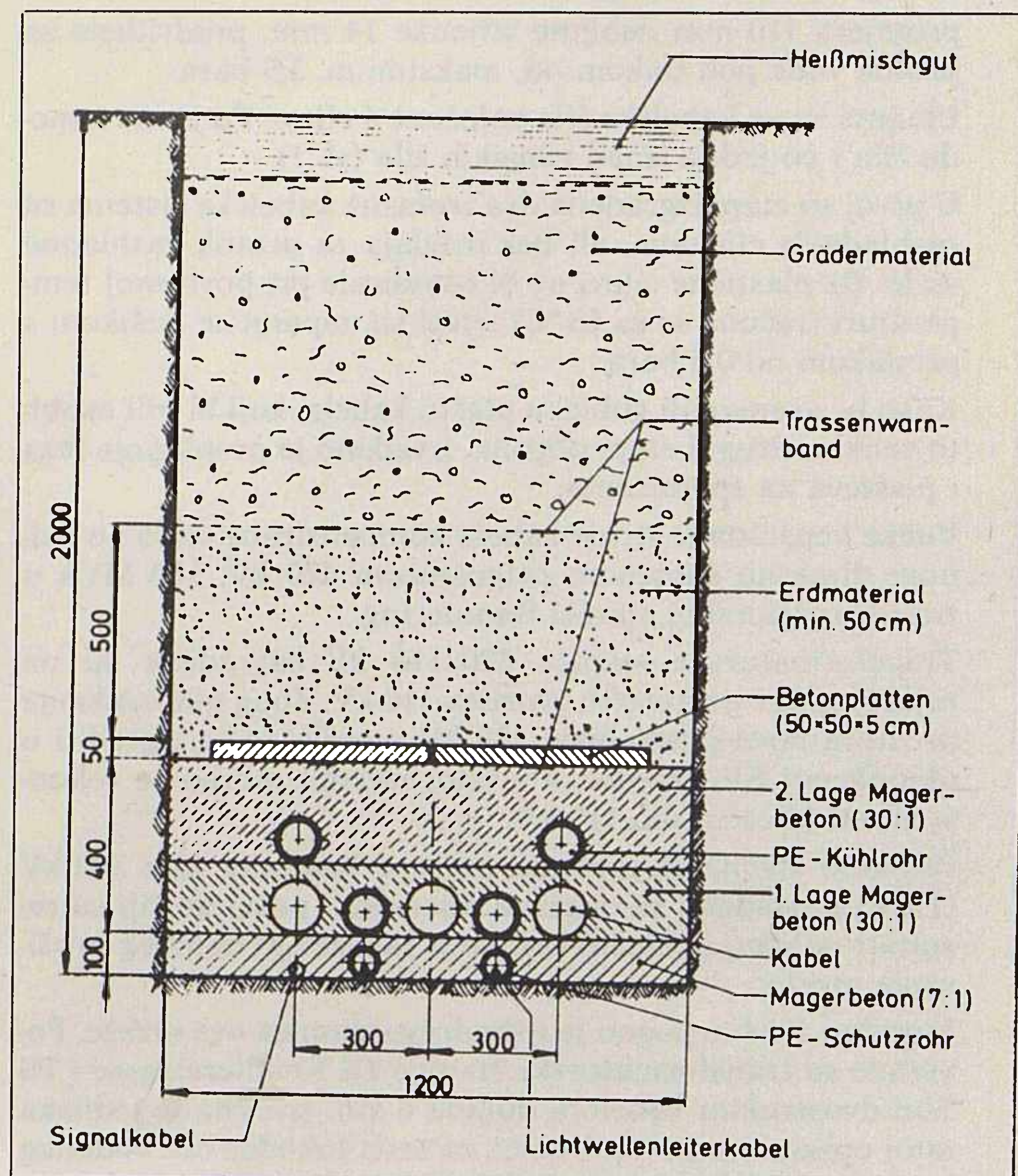
O potrebi izgradnje mreže superponiranog napona počelo se razmišljati već pred 20 godina. Odluka je pala za napon 380 kV.

Prva bečka stanica 380/110 kV bila je TS Simmering u pogonu od 1978. No tek ulaskom u pogon TS Kendlerstrasse 380/110 kV i kabeleske veze 380 kV, između tih dviju stanica, duge 12 km, stvorena je bečka gradska mreža najvišeg napona (1979.).

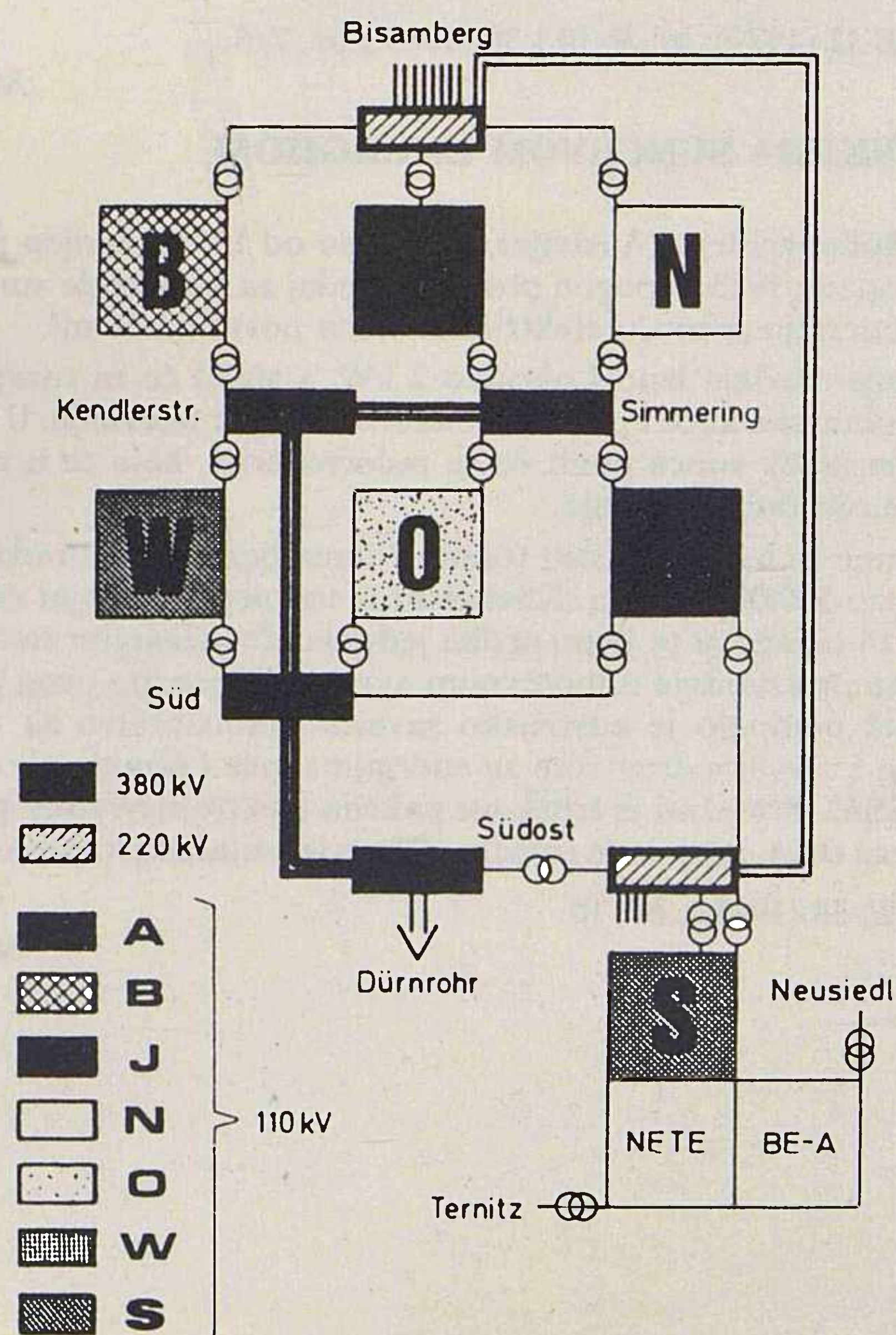
Ugrađen je niskotlačni jednožilni uljni kabel za maksimalni pogonski napon 420 kV, s bakrenim vodičem 1200 mm² i plaštem od valovitog aluminijskog lima, debljine 3,4 mm. Prilikom dimenzioniranja plašta kabela računano je s vrlo niskim naponima utjecaja. Pri maksimalnom pogonskom naponu polje na vodiču iznosi 15 kV/mm. Da se pak smanje gubici skin efekta i približenja, vodič je izveden u 6 segmenata. Vanjski dio kabela presvučen je polietilenskom prevlakom promjera 125 mm.

Pogon kabela predviđen je u prvoj etapi uz prirodno hlađenje, a kad to opterećenje mreže zatraži, uz lateralno prisilno hlađenje. U prvom bi slučaju prijenosna snaga bila 600 MVA, a u drugom 1050 MVA. Gubici u kabelu pri punom opterećenju 81,6 kW/km, odnosno 177,1 kW/km.

Da se omogući lateralno hlađenje položena su paralelno uz jednožilne kabele plastične cijevi od polietilena, vanjskog



Slika 1. Profil ukopa bečkog kabela 420 kV



Slika 2. Povezivanje mrežnih grupa 110 kV bečke mreže kablom 420 kV

promjera 110 mm debljine stijenke 14 mm, predviđene za protok vode pod tlakom od, maksimum, 3,5 bara.

Ukupno su uz kabelaške žile položene 4 cijevi. Po jedna između žila i po jedna iznad vanjskih žila (sl. 1)

U prvoj su etapi izgrađena dva trofazna kabelaška sistema sa rashladnim cijevima, ali bez uređaja za protok rashladne vode. Da plastične cijevi ne bi oksidirale pri povišenoj temperaturi (računa se sa 65°C) cijevi su napunjene dušikom s pretlakom od 0,5 bara.

Kako bi se smanjili gubici u plaštu kabela, koji bi bili osobito veliki u drugoj etapi pogona, izvedeno je preplitanje faza i plašteva na spojnica.

Velike kapacitivne struje kabela kompenzirane su sa po jednom direktno spojenom prigušnicom 420 kV, 150 MVA u transformatorskoj stanici Simmering.

Transformatorske stanice 380/110 kV sagrađene su na mjestima već postojećih čvorišta 110 kV. Zbog pomanjkanja prostora nova postrojenja 380 kV morala su se izgraditi u oklopljenoj SF₆ izvedbi, a u istoj izvedbi morao se rekonstruirati klasični dio 110 kV.

Prilikom stavljanja u pogon opisane kabelaške veze 380 kV (1979.) provedena su opsežna mjerenja i provjere čiji su rezultati odlično poslužili prilikom realizacije daljnjeg proširivanja mreže.

U godini 1984. u pogon je ušla druga dionica ove mreže. Povezane su transformatorske stanice TS Kendlerstrasse i TS Süd dvostrukim kabelom duljine 6 km. izvedba je jednaka onoj opisanoj u prvoj dionici, za sada također bez vodenog hlađenja. U daljnjoj je izgradnji i treća dionica TS Süd — TS Südost sastavljena od dvostruke kabelaške veze duljine 4 km i nadzemnog voda duljine 6 km. Na sl. 2 shematski je prikazana mreža 380 kV i njeno povezivanje s grupom mreža 110 kV.

ÖZE 32 (1979), br. 9/10 i 38 (1985.) br. 7/8.

Mrk.

OPSKRBA SUNČEVOM ENERGIJOM

U Höllengebirge (Austrija), na visinu od 1573, stavljen je u listopadu 1985. u pogon pokusni uređaj za korištenje sunčeve energije pomoću električnih ćelija površine 24 m².

Snaga uređaja iznosi okruglo 2 kW, a služiti će za rasvjetu planinarske kuće i potrebe telefona, radija i televizije. U vrijeme jakog sunca punit će se puferbaterija, koja će u noći preuzeti dobavu struje.

Njome se može koristiti tokom 7 dana bez sunca. Uređaj je stajao 500.000 šilinga. Kilovatsat iz tog uređaja stajat će 12 do 14 šilinga, a to je po prilici jednako dosadašnjim troškovima proizvodnje u motornom agregatu. Izvedbu ovog projekta pomoglo je austrijsko savezno ministarstvo za znanost i razvoj s društvom za energiju sunca i pitanja okoliša (ASSA). Pretežno je troškove pokrilo elektroprivredno poduzeće OKA, a cijela je izvedba eksperimentalnog karaktera.

ÖZE, 38 (1985.), br. 10

Mrk.

U SVIJETU SU U POGONU 374 NUKLEARNE ELEKTRANE

Prema planu Evropske ekonomske zajednice treba udio proizvodnje nuklearnih elektrana porasti u ukupnoj proizvodnji električne energije država članica od 32% u 1985. godini na 35% u 1990. i 40% u 1995. Međutim u pojedinim zemljama članicama taj je udio znatno veći. U Francuskoj npr. on je u 1985. godini bio 65%. Sa 43 reaktora s električnom snagom od 37.500 MW Francuska vodi u proizvodnji električne energije iz nuklearnih elektrana.

Elektrizitätswirtschaft, 1986, br. 9

Mrk.

SOLARNE ĆELIJE

Cilj da solarne ćelije, za dobivanje električne energije, budu jeftine, koeficijentom iskorištenja od barem 10% i trajanjem od 20 godina, još nije postignut. Kristalične silicijeve ćelije imaju koeficijent iskorištenja 9 do 14% (nešto više u laboratorijskim uvjetima), ali to je još daleko od teorijske mogućnosti od 24%. Osim toga, takve su ćelije još vrlo skupe. Jeftinije su one od amorfnog silicija, ali imaju danas iskorištenje od samo 4 do 7%, a pri jakom sjaju sunca pokazuju znakove degradacije. Što je ćelija veća manje je iskorištenje. Uz dimenzije 10 × 10 cm iskorištenje iznosi samo 5 do 6%.

ÖZE, 38 (1985), br. 1

Mrk.

EdF NAPUŠTA SVOJU SUNČANU ELEKTRANU

Francusko elektroprivredno poduzeće Electricite de France (EdF) zaključilo je da stavi izvan pogona i napusti svoju elektranu na sunčevu energiju »Themis« kod Carcassonne u Pirinejima. Elektrana je ušla u pogon pred 10 godina, a 1983. priključena na mrežu. EdF se na taj korak odlučila zbog suviše velikih troškova. Uređaj ima 201 polukružno zrcalo pomoću kojih se sunčane zrake usmjeravaju na kolektorski toranj. Time se dobije pogonska para za elektranu vršne snage 25 MW. Procjena troškova prema projektu iznosila je 60 milijuna franaka, no stvarni su se troškovi popeli na 462 milijuna.

U prošlim godinama pogona uskršli su mnogi problemi. Osjetljiva zrcala, elektronički upravljana, stalno su lomljena udarcima vjetra, a elektronički upravljački sistem oštećivan udarcima groma.

Osim toga proizvodnja elektrane posljednjih je godina bila ograničena zbog malo sunčanih ljetnih dana.

ÖZE, 38 (1985), br. 9

Mrk.

NOVE KNJIGE

Mersmann A.: STOFFÜBERTRAGUNG

Izdavač: Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo 1986; 245 strana, format 24×16,5 cm, Broširano, cijena DM 68

U knjizi su obrađene naučne osnove stacionarne i nestacionarne difuzije kao i konvektivni prijenos tvari na čvrstim i fluidnim graničnim područjima. Cijela prikazana materija podijeljena je u 10 poglavlja. Tekst počinje s kratkim uvidom u dinamiku fluida, a zatim slijedi uvod u prijenos tvari, primjeri stacionarnog prijenosa i stacionarne difuzije. U trećem je poglavlju dana opća formulacija zakona o održanju tvari. O nestacionarnoj difuziji govori 5. poglavlje. Obrađeni su jednofazni prisilni konvektivni prijenosi uz prikaz teorija prijenosa, graničnog sloja, penetracije i turbulencije. Poglavlje se vrlo opširno bavi različitim vrstama strujanja pod različitim uvjetima. Zatim slijede poglavlja o prijenosu tvari pri slobodnoj konvekciji, dvofazni prijenos pri prisilnoj konvekciji i vrste difuzije. Knjiga završava poglavljem o proračunu koeficijenata difuzije.

Na kraju svakog poglavlja dani su instruktivni primjeri i zadaci kao vrlo dobra dopuna teoretskim izlaganjima. Literatura je na kraju svrstana po poglavljima.

Knjiga je jednako namijenjena znanstvenicima, studentima i praktičarima.

Mrk.

Winter C. J., Nitsch J.: WASSERSTOFF ALS ENERGIETRÄGER

Izdavač: Springer-Verlag Berlin, Heidelberg, New-York, Tokyo 1986; formata 24×16,5 cm, 188 slika, 390 strana, tvrdo ukoričeno, cijena 138 DM.

Knjiga se bavi mogućnostima energetske upotrebe vodika, energenta koji se može proizvesti energijom sunca, vjetra ili vode. Njime se može nadomjestiti nafta, ugljen ili plin. Ovdje nisu obuhvaćeni samo fizikalno-tehnički problemi, već je izneseno energetske-gospodarsko, energetske-političko i ekološko djelovanje. Bez tih se utjecaja razvoj energetike danas ne može planirati.

Materija knjige raspoređena je u 3 dijela, s ukupno 13 poglavlja. Sadržaj je sljedeći:

- A. Značenje i mogućnost upotrebe vodika. U prvom poglavlju izložena je opća energetska situacija u svijetu i to potrošnja energije, struktura potrošnje i raspoloživi energetske izvori. Dan je nadalje pregled tehnike za energetske upotrebu vodika kao npr. pogonsko gorivo za različite stabilne i pokretne motore, korištenje u domaćinstvu i slično. Vodik je predstavljen i kao sirovina te njegova upotreba u metalurgiji i kemiji. Na kraju ovog dijela prikazani su sigurnosni aspekti u vezi s manipulacijom vodika.
- B. Dobivanje vodika iz neofosilne primarne energije. Jedno cijelo poglavlje ovog dijela posvećeno je solarnim ćelijama, njihovim vrstama, djelovanju i mogućoj iskoristivosti. Dan je pregled današnjeg stanja tehnike solarnih ćelija i pogled u budućnost. Zatim su izložene različite mogućnosti proizvodnje električne energije kojom bi se proizvodio vodik. Obuhvaćene su solarne elektrane, elektrane na vjetar, a dotaknute su također i hidroelek-

trane. U daljnjem se poglavlju govori o termodinamičkom cijepanju vode. Opisane su i teoretski obrađene različite mogućnosti cijepanja vode i uspoređeni njihovi stupnjevi djelovanja. Izabrani su najpogodniji sistemi za dobivanje vodika, prvenstveno elektroliza, uz dobavu električne energije iz različitih tipova elektroenergetskih izvora.

Drugi dio završava izlaganjem mogućnosti spremanja, transporta i distribucije vodika.

- C. Plan budućeg gospodarenja energijom vodika. Na početku je promatran potencijal i upotrebljivost vodika u industrijskim zemljama i u zemljama u razvoju. Posebno mjesto u proizvodnji vodika iz neograničenih izvora. Zatim su iznesena mišljenja o ulozi tog energenta u budućnosti. Naveden je plan njegove proizvodnje, potrošnje i prijenosa na velike udaljenosti uz odgovarajuće cijene korištenja. Također je dotaknuto djelovanje na okoliš i karakteristike vodikovog energetskog sistema. Govori se nadalje o uvođenju vodika kao energenta u industrijskim zemljama i njegovo značenje na energetske tržištu. Istaknuta je njegova uloga u dokumentiranju sunčeve energije, osobito u zemljama s velikom insolacijom. Zatim je predstavljen konkretni projekt dobivanja vodika putem energije sunca. Na kraju su izloženi zahtjevi za dobivanje kapitala i mogućnosti financiranja takvih projekata i potrebni koraci za dobivanje solarnog vodika.

Treba istaknuti da knjiga sveobuhvatno razmatra probleme vezane na vodik kao značajni energent budućnosti pa može vrlo dobro poslužiti općenito energetičarima, a također i specijalistima.

Mrk.

Kesselring P., Selvage C. S.: THE IEA/SSPS SOARR THERMAL POWER PLANTS

Komplet 4 sveska, format 16,5×24 cm broširano
Vol. 1: Central Receiver System cijena DM 160
Vol. 2: Distributed Collector System, cijena DM 110
Vol. 3: Site Specifics, cijena DM 60
Vol. 4: Book of Summaries, cijena DM 60
Cijena kompleta 350 DM

Izdavač: Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New-York, Tokyo — 1986.

Ova publikacija o malim solarnim termičkim elektranama prva je sveobuhvatna dokumentacija o iskustvima dobivenim konstrukcijom, gradnjom i pogonom dviju različitih solarnih elektrana. Pri izradi projekta, koji je rađen pod okriljem IEA (Internacionalne energetske agencije), sudjelovali su znanstvenici i inženjeri iz 9 zemalja. Ova edicija predstavlja prikaz i ocjenu ispitivanja i vrednovanja ostvarenog projekta.

Elektrane su jedna kraj druge izgrađene u provinciji Almerija u južnoj Španjolskoj. Oba tipa imaju električnu snagu od 500 kW u podnevnoj kulminaciji sunca. Izneseni pogonski podaci u knjizi odnose se na razdoblje ispitivanja 1981-1984. godine, kada su elektrane davale energiju u španjolsku električnu mrežu.

Publikacija će posebno biti korisna znanstvenicima i inženjerima koji se bave istraživanjima, analizama i projektiranjem uređaja za solarnu termičku konverziju.

Sadržaj pojedinih svezaka.

Svezak (Volume) 1. Ovaj se svezak bavi konstrukcijom i ispitivanjem tipa sunčane elektrane sa hvatačem sunčeve energije (centralreceiver system). Najprije je opisan sistem centranog hvatača i glavni dijelovi uređaja i to heliostatsko polje (polje refleksnih zraka), natrijev toplinski izmjenjivač i sistem konverzije energije (toplina-električna energija). Nizom podataka i dijagrama iznesene su karakteristike i pogonska iskustva dobivena radom hvatača tvrtke Sulzer i natrijeva parogeneratora.

Posebno je poglavlje posvećeno heliostatskom polju koje se sastoji od 94 zrcala površine po 39,2 m². Dani su proračuni, opisana konstrukcija i rezultati mjerenja njihove efikasnosti uz ponašanje u pogonu.

U pogonu su upotrebljavana dva tipa hvatača. Jedan dobavljen od tvrtke Sulzer, a drugi od tvrtke Franco Tosi. Opisana su oba uređaja i iznesena teorija njihovog toplinskog djelovanja. Dani su rezultati opsežnih mjerenja, analizirani gubici, a zatim učinjene usporedbe obaju sistema. U posebnom se poglavlju opisuje sistem upravljanja.

Knjiga završava pogledom na mogućnost primjene ovakvog tipa elektrane u budućnosti.

Svezak (Volume) 2. Ovaj je svezak posvećen drugom tipu solarne termalne elektrane, tipu raspodijeljenih kolektora (distributed collector system). Ovdje se sunčane zrake ne fokusiraju u hvatač, već se u paraboličnim žljebastim kolek-

torima, u njihovom fokusu, griju cijevi napunjene uljem do visoke temperature. Ulje se sabire u spremniku i u parogeneratoru se toplina predaje vodi čija para služi za pogon turbine.

Opisana su polja paraboličnih kolektora, proizvedenih u SAD i u Njemačkoj, parogenerator i turbinsko-generatorski dio. Dane su zatim teoretske osnove termičkog procesa u postrojenju kao i energetskog toka od primljene sunčane energije do kraja konverzije. Zatim je učinjen pregled gubitaka u pojedinim elementima postrojenja. Automatici i upravljanju posvećeno je posebno poglavlje. Na temelju sistematskih mjerenja i praćenja pogona prikazani su podaci i analize pouzdanosti i raspoloživosti postrojenja kao i mjere potrebne za održavanje. Knjiga završava pregledom značajnih poboljšanja i mogućnošću upotrebe u budućnosti.

Svezak (Volume) 3. U knjizi su opširno obrađene mjesne prilike područja gdje su podignute solarne elektrane. Izneseni su geografski i morfološki podaci, a posebno opširno meteorološke prilike i insolacija. Opisana su mjerenja refleksije i utjecaja okoline u različitim godišnjim razdobljima i primijenjene metode računanja. U posljednjem su poglavlju knjige analizirane prilike u pogledu čistoće zraka, iznesene metode mjerenja prašine u atmosferi i onečišćenja refleksionih zrcala.

Svezak (Volume) 4. Sadržaj ovog sveska predstavlja rezime, odnosno kondenzirani prikaz materije koja je iznesena u prva 3 sveska i može vrlo dobro poslužiti da bi se dobio pregled cijelog projekta i provedenih istraživanja.

Mrk.

IZDAVAČI	Godište 35 (1986)	Zagreb 1986	Br. 6
----------	-------------------	-------------	-------

Zajednica elektroprivrednih organizacija
Hrvatske

Institut za elektroprivredu, Zagreb
SIZ za znanstveni rad Hrvatske

SADRŽAJ

<i>Topić J.</i> : Analiza gubitaka električne energije u distributivnim mrežama Jugoslavije (Originalni znanstveni rad)	439
<i>Ožegović M.</i> : Matematički model jednopolnog kratkog spoja kada je otpor uzemljenja stanice različit od nule (Originalni znanstveni rad)	449
<i>Bajić A.</i> : Numerička simulacija strujanja na trasi dalekovoda (Prethodno priopćenje)	455
<i>Moser J.</i> : Pravilno održavanje zračnih distributivnih mreža kao mjera zaštite od požara (Stručni rad) . .	461
<i>Nadinić B.</i> : Procjena utjecaja na okolinu rashladnih tornjeva NE Krško (Originalni znanstveni rad) . . .	465
<i>Milanović Z.</i> : Mogućnosti pročišćavanja dimnih plinova u budućoj palionici otpada u Zagrebu (Pregledni rad)	477
Vijesti iz elektroprivrede	489
Širom svijeta	494
Statistički pregled elektroprivrede SR Hrvatske	499
Oglasi	521

IZDAVAČKI SAVJET

Dr Ivo Hrs, dipl. inž., Institut za elektroprivredu, Zagreb — Josip Antić, dipl. inž., »Elektroprimorje« Rijeka — Anđelko Modrčin, dipl. inž., »Elektroprivreda« Rijeka — Anđelko Dujmović, dipl. inž., »Elektroslavonija« Osijek — Dragutin Stanić, dipl. ecc., »Elektroprivreda Dalmacije« Split — mr Damir Subašić, dipl. ecc., Elektroprivreda Zagreb — Zdenka Jelić, prof., Institut za elektroprivredu, Zagreb — Mladen Zeljko, dipl. inž., Institut za elektroprivredu, Zagreb

UREDNIČKI ODBOR

Glavni urednik: dr Zorko Cvetković, dipl. inž.
Urednik: Zdenka Jelić, prof.

Urednici rubrika: »Energetski sistemi«, Nikola Bilčar, dipl. inž. — »Hidroelektrane«, Krunoslav Begović, dipl. inž. — »Termoelektrane i Toplane«, Mladen Nadinić, dipl. inž. — Prijenos električne energije, Zdenko Tonković, dipl. inž., Zagreb — »Razvod, distribucija i potrošnja električne energije«, Josip Antić i Mladen Ježić, dipl. inž., — »Ekonomika elektroprivrednih poduzeća, ekonomskofinancijska i tarifna pitanja, te ekonomika poslovanja«, dr Jure Šimović, dipl. oecc. i Željko Vodopija, dipl. oecc. — Tehnički urednik: Branko Malis — Lektor: Vladimir Strojny, prof. — Metrološka recenzija: Mladen Zeljko, dipl. inž.

Časopis je oslobođen plaćanja poreza na promet rješenjem Republičkog sekretarijata za prosvjetu, kulturu i fizičku kulturu SR Hrvatske broj 886/1-1979.

Uredništvo i uprava:

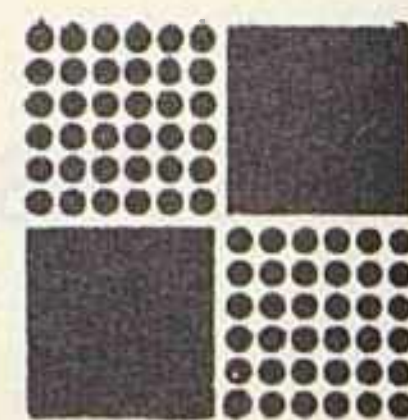
Zagreb, Ulica Proleterskih brigada 37
Pošt. pretinac 293, telefoni 511-455, 513-822 (328)
Godišnje izlazi 6 brojeva. Godišnja pretplata za pojedince iznosi 1200 dinara, a za poduzeća i ustanove 4000 dinara. Cijena pojedinog broja u prodaji 600 (za studente 200) dinara.
Za inozemstvo \$ 90 godišnje.
Tekući račun kod Narodne banke, Zagreb
Institut za elektroprivredu (za »Energiju«) broj 30101-603-565
Tisak i klišej: RO »Zrinski« TIZ, Čakovec

SOUR

monting

ZAGREB n.sol.o.

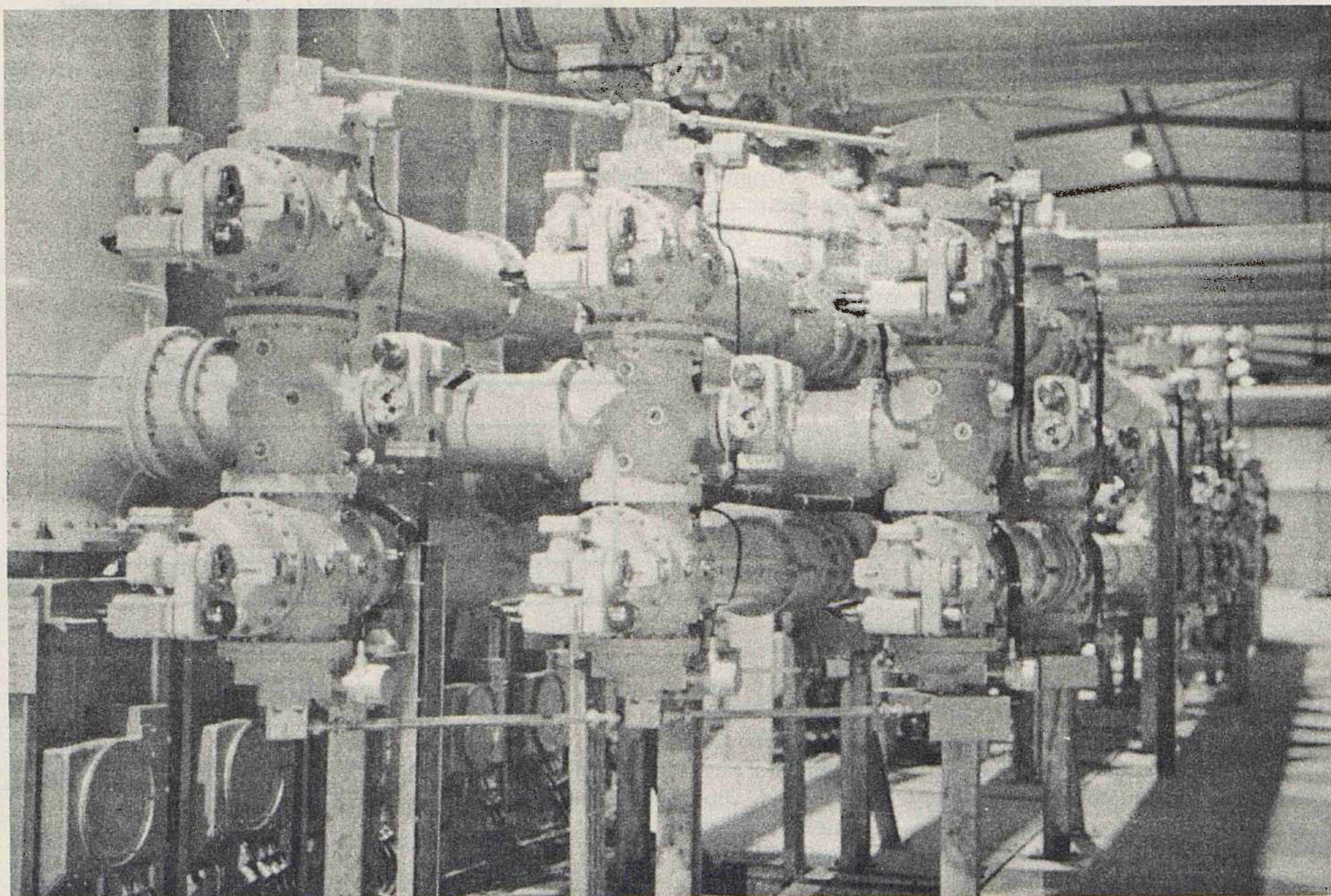
**RO
MONTMONTAŽA**



**Radna organizacija za montažu industrijskih postrojenja
OOUR za elektromontažne radove**

ZAGREB ● Dimitrovljeva 2-6

- montaža i remont visoko i niskonaponskih postrojenja i razvodnih mreža
- montaža i remont kompletnih elektromotornih razvoda, rasklopnih postrojenja, instalacije rasvjete i uzemljenja
- montaža i remont uređaja, opreme i instalacija za automatiku, mjerenje, regulaciju
- kontrola i izrada tehničke dokumentacije za navedene djelatnosti
Radove izvodi u zemlji i inozemstvu



ANALIZA GUBITAKA ELEKTRIČNE ENERGIJE U DISTRIBUTIVNIM MREŽAMA JUGOSLAVIJE

mr Jakša Topić, Zagreb

UDK 621.316.1

ORIGINALNI ZNANSTVENI RAD

U radu se prikazuju rezultati analize veličine, strukture i odnosa gubitaka električne energije za četiri distributivne radne organizacije u okviru EES Jugoslavije. Analizirana je mreža 35, 20 i 10 kV, pri čemu su posebno provedene analize gubitaka u vodovima, a posebno u transformatorima.

Ključne riječi: distributivne mreže Jugoslavije, električna energija, analiza gubitaka.

UVOD

Ekonomsko je blagostanje ljudi proporcionalno stupnju iskorištenja energetske resursa, a time i potrošnji električne energije. Posljednjih desetljeća u svim zemljama svijeta, a među njima i u Jugoslaviji, potrošnja se električne energije naglo povećavala, a usporedo su rasli i gubici električne snage i energije u mrežama elektroenergetskih sistema (tehnološki utrošak električne energije pri njenom transportu od izvora do potrošača), bez obzira na to što je u istom razdoblju u elektroenergetskom sistemu ugrađena oprema s relativno niskim vrijednostima specifičnih gubitaka. U odnosu na druge zemlje već više desetljeća Jugoslavija se nalazi u samom vrhu zemalja s visokim relativnim nivoom gubitaka.

Ukupni godišnji gubici električne energije distribucije u elektroenergetskom sistemu Jugoslavije, prema podacima iz lit. 7, u razdoblju 1973 — 1982. god. kretali su se od 12,4% (1976. god.) do 5,4% (1981. god.) odnosno prosječno oko 9% u odnosu na raspoloživu energiju.

Istraživanja pokazuju da je nivo gubitaka električne snage i energije u mrežama elektroenergetskog sistema određen tehničkim stanjem mreže i samog elektroenergetskog sistema, načinom njegove eksploatacije i da se konstantno mijenja s razvojem mreže i promjenom uvjeta eksploatacije. Osim ovih »tehničkih gubitaka«, bitnu ulogu u ukupnim gubicima električne energije čine tzv. komercijalni gubici uvjetovani nesavršenim sistemom mjerenja energije na »ulazu« u sistem i »izlazu« iz sistema, greškama mjerenih uređaja, neidentificiranim potrošačima u sistemu itd.

Utvrđivanje točnih vrijednosti veličine tehničkih gubitaka u distributivnim mrežama moguće je jedino mjernim metodama, a to zahtijeva velike troškove za nabavu, ugradnju, održavanje i istovremena očitavanja velikog broja instrumenata, kao i obradu očitava-

nih podataka. Osim toga, pojavljuju se velike teškoće uzrokovane čestim izmjenama uklopnih stanja i parametara distributivne mreže zbog stalnih rekonstrukcija, proširenja, novih potrošača itd.

Zbog toga mjerno-tehničke analize gubitaka u distributivnim mrežama nisu prihvatljive, pa se u svijetu upotrebljavaju različite metode proračuna u kojima se koriste podaci komercijalnih i dispečerskih službi. Osim toga, povremeno se provode mjerenja u pojedinim reprezentativnim dijelovima mreže radi kontrole ulaznih podataka, odnosno ona omogućavaju da se što više približimo stvarnim veličinama neophodnim za ovakve proračune i analize.

Međutim, za distributivne organizacije u okviru elektroenergetskog sistema Jugoslavije može se reći da je zbog nepouzdanosti i »nedostupnosti« podataka o sistemu u cijelini, kao i zbog ekonomskog priznavanja visokog nivoa gubitaka, provođenje određenih neophodnih kontrolnih mjerenja i pohranjivanje raspoloživih podataka na način da ne zahtijeva angažiranje velikog broja ljudi za njihovu valorizaciju i pripremu, a time i analizu gubitaka, kao i poduzimanje mjera za njihovo smanjenje, potpuno ekonomski i tehnički neopravdano zanemareno. U takvim uvjetima proračun gubitaka u distributivnim mrežama kao cijelini ili pojedinim dijelovima s najjednostavnijim metodama i točnim ulaznim podacima nije moguć. Ipak, bilo kakvi proračuni i s najgrublje pretpostavljenim ulaznim podacima mogu imati veliko značenje za ekonomiku pogona i planiranje distributivne mreže.

U ovom radu prikazat će se rezultati istraživanja gubitaka električne energije u 1982. god. u srednjona-ponskoj mreži za četiri distributivne organizacije:

- Elektrodistribucija — Zrenjanin
- Elektrokrajina — Banja Luka
- Elektroprimorska — Nova Gorica
- Elektrodistribucija — Titograd.

Ova istraživanja nisu imala zadatak da utvrde veličine gubitaka na pojedinim područjima već da pokažu

odnose gubitaka energije među distributivnim organizacijama i pojedinim dijelovima mreže. Zbog velikog opsega distributivne mreže, velikog broja vodova i transformatora, proračun i analizu gubitaka na modelu u mreži kao cjelini nije moguće izvršiti. Zato će se ocjena veličine gubitaka na naponskim nivoima 10 kV i 20 kV temeljiti na određenim reprezentativnim dijelovima mreže (dionicama i transformatorima) u opsegu i točnosti koju omogućavaju raspoloživi ulazni podaci.

1. ISKAZANI GUBICI ELEKTRIČNE ENERGIJE U PROMATRANIM DISTRIBUTIVNIM RADNIM ORGANIZACIJAMA

U 1982. god. iskazani ukupni gubici električne energije distribucije u okviru elektroenergetskog sistema Jugoslavije iznose:
4 055 GWh
ili 9,3% u odnosu na ukupnu energiju predanu distribuciji (43 520 GWh). Taj se postotak može smatrati prosječno iskazanim postotkom gubitaka distribucije u razdoblju 1973 – 1982. god.
Prema podacima distributivnih organizacija u tabl. 1. prikazani su gubici električne energije u 1982. god. za četiri promatrane distirbutivne organizacije.

Tablica 1.

Područje	Preuzeta energija (MWh)	Predana energija (MWh)	Gubici	
			(MWh)	% od 2
1	2	3	4	5
Elektrodistribucija — Zrenjanin	554 078	497 754	56 324	10,2
Elektrokrajina — Banja Luka	1 037 832	911 658	126 174	12,2
Elektroprimorska — Nova Gorica	870 549	816 801	53 748	6,2
Elektrodistribucija — Titograd	296 949	253 395	43 554	14,7
Ukupno	1 759 408	2 479 608	279 800	10,1

Prema tabl. 1, preuzeta energija za potrebe potrošača u okviru promatrane četiri distributivne radne organizacije iznosi oko 6,3% od ukupne energije predane distribuciji u okviru elektroenergetskog sistema Jugoslavije, dok gubici električne energije iznose 6,9% ukupnih gubitaka distribucije.
Podaci u tabl. 1. pokazuju da je postotak iskazanih gubitaka Elektrodistribucije Titograd za oko 2,4 puta veći od postotka gubitaka Elektroprimorske — Nova Gorica. Uvažavajući sve razlike u karakteristikama konzuma i mreže, ipak ove razlike nisu prihvatljive, a one velikim dijelom nastaju i zbog različitih načina evidentiranja energije predane potrošačima. Naime, u jednom slučaju radi se o energiji koja je očitana na brojilima kod potrošača (Elektrodistribucija — Titograd), a u drugom o energiji koja je obračunata potrošačima (Elektroprimorska — Nova Gorica).

Radi realnijeg sagledavanja veličine gubitaka u distributivnim organizacijama, u tabl. 2. prikazane su ukupne dužine vodova 35 kV, 20 kV, 10 kV i 0,4 kV. Kao što se vidi iz tabl. 2, na području Elektrodistribucije — Zrenjanin, Elektrokrajine — Banja Luka i Elektroprimorske — Nova Gorica uveden je naponski nivo 20 kV, odnosno vrši se postepeni prijelaz s napona 10 kV na napon 20 kV, što će sigurno znatno smanjiti gubitke u mreži. Tako na području Elektrodistribucije — Zrenjanin od ukupne dužine srednjonaponske mreže 1 246 km, 323 km ili 26% čine vodovi 20 kV. Na području Elektrokrajine — Banja Luka vodova 20 kV ima 676 km ili 16% od ukupne dužine srednjonaponske mreže (4 127) km. Na području Elektroprimorske — Nova Gorica od ukupne dužine vodova 35 kV, 20 kV i 10 kV 2 371 km, vodova 20 kV ima 15% ili 344 km, dok se na području Elektrodistribucije — Titograd za sada ne predviđa uvođenje napona 20 kV.

Tablica 2.

(km)					
Napon	Vrsta i mat.	Elektro distrib. Zrenjanin	Elektro- krajina Banja Luka	Elektro- primorska Nova Gorica	Elektro- distrib. Titograd
35 kV	Nadz. Kabeli	175,4 7,6	295,3 —	360,8 4,9	53,9 11,0
	Ukupno	183,0	295,3	365,7	64,9
20 kV	Nadz. Kabeli	285,9 37,4	648,0 28,0	224,0 120,0	— —
	Ukupno	323,3	676,0	344,0	
10 kV	Nadz. Kabeli	606,8 132,8	2 951,0 205,0	1 472,0 189,0	360,0 100,0
	Ukupno	739,6	3 156,0	1 661,0	460,0
Ukupno 35,20 i 10 kV	Nadz. Kabeli	1 068,1 177,8	3,894,3 233,0	2 056,8 313,9	413,9 111,0
	Ukupno	1 245,9	4,127,3	2 370,7	524,9
0,4 kV	Nadz. Kabeli	1 085,9 67,5	12 320,0 244,0	2 574,0 704,0	2 300,0 120,0
	Ukupno	1 153,4	12 564	3 278,0	2 420,0
Sveukupno		2 399,3	16 691,3	5 648,7	2 944,9

2. ODREĐIVANJE GUBITAKA ELEKTRIČNE ENERGIJE U DISTRIBUTIVNIM MREŽAMA

Ukupni gubici električne energije u distributivnim mrežama iskazuju se kao razlika izmjerene preuzete energije od prenosnih organizacija i energije predane potrošačima ili drugim sistemima, odnosno:

$$\Delta W = W_n - W_p,$$

gdje je

W_n — ukupno preuzeta energija

W_p — energija predana potrošačima.

Gubici energije određeni na ovaj način, za jedan sistem ili mrežu, osnovni su energetske podatak u okviru elektroenergetske bilance promatranog područja i mogu služiti kao pokazatelj ekonomičnosti rada sistema. Međutim, određivanje gubitaka na ovaj način, odnosno mjerenjem energije na ulazu i izlazu promatranog sistema, nije dovoljno za poduzimanje određenih mjera radi njihova smanjenja.

Kako su veličine gubitaka različite po naponskim nivoima i elementima mreže, potrebno je razdvajanjem ukupnih gubitaka po raznim dijelovima mreže odrediti njihova žarišta i uzroke nastajanja kako bi se poduzeli određeni zahvati za njihovo smanjenje.

Međutim, za razdvajanje gubitaka potrebno je, pored ostalog, provesti i određena mjerenja među naponskim nivoima i različitim elementima mreže da bi se dobile ulazne informacije o režimima rada, potrebne za proračun određenim metodama. Ovisno o količini i točnosti ulaznih informacija u praksi se za proračun gubitaka električne energije upotrebljavaju razne metode različite točnosti.

U ovom radu, s obzirom na raspoloživost ulaznih podataka, za određivanje gubitaka u mreži 35 kV korištena je metoda faktora gubitaka, a za određivanje gubitaka u karakterističnim izvodima 10 kV i 20 kV metoda ekvivalentnih otpora i faktora gubitaka.

U nastavku će nešto više biti rečeno o ovim metodama, kao i o metodi srednjokvadratnih opterećenja koja se u svijetu dosta koristi za ovakve analize.

2.1. Proračun gubitaka električne energije pomoću faktora gubitaka

Metoda faktora gubitaka polazi od pretpostavke da su gubici električne energije ovisni o opterećenju u nekom elementu, dijelu sistema ili cijelom sistemu jednaki umnošku maksimalnih gubitaka snage ΔP_{max} u promatranom periodu T i tzv. faktora gubitaka ξ koji predstavlja odnos gubitaka koji bi nastali pri konstantnom djelovanju maksimalnog opterećenja u istom periodu odnosno:

$$\Delta W = \Delta P_{max} \xi T,$$

pri čemu je:

$$\xi = K \frac{\int_0^T I^2(t) dt}{I_{max}^2 T}$$

Točnost ove metode uglavnom ovisi o točnosti i načinu određivanja faktora gubitaka.

U tablici 3. prikazani su značajniji približni izrazi za određivanje faktora gubitaka koji su dobiveni empirijski ili iz odgovarajućih matematičkih izraza za simbolične krivulje trajanja opterećenja što su ih dali razni autori.

Većina navedenih izraza prikazana je u ovisnosti o faktoru opterećenja m , a u nekim slučajevima kao parametar se upotrebljava omjer minimalnog i maksimalnog opterećenja $m_0 = P_{min}/P_{max} = I_{min}/I_{max}$, uz pretpostavku konstantnog napona za cijelo vrijeme

promatranja. Naravno, ovi izrazi vrijede za određene karakteristike i prilike u sistemu za koji su izvedeni.

Tablica 3.

Radni faktor gubitaka	
<i>Empirijski</i>	
Buller-Woodrow	$\xi \approx 0,3 m + 0,7 m^2$
Wolff	$\xi \approx 0,083 m + 1,036 m^2 - 0,119 m^3$
Conrad	$\xi \approx 0,2 m + 0,8 m^2$
<i>Matematički</i>	
Jansen	$\xi \approx 0,5 m + 0,5 m^2$
Haerlin-Sochinsky-Junge	$\xi \approx \frac{m^2 (2 + m^2)}{2m + 1}$
Rossander-Wolf-Junge	$\xi \approx \frac{m (2m^2 + 1)}{2 + m}$
Tröger	$\xi \approx 0,12 - 0,24 m + 1,12 m^2$
Wichman	$\xi \approx 0,078 - 0,022 m + 0,943 m^2$
Musil-Gattnarzik	$\xi \approx 0,167 m + 0,833 m^2$
Stoy	$\xi \approx m^{1,5} + m_0 m - m_0 m^{0,5}$
Prividni faktor gubitaka	
<i>Matematički</i>	
Tröger-Wolf	$\xi_p \approx \xi + \xi (C_T^2 - 2C_T) \sin^2 \varphi_{max} + m (2C_T - 2C_T^2) \sin^2 \varphi_{max} + C_T^2 \sin^2 \varphi_{max}$
Halmgren-Rung	$\xi_p \approx \xi \cos^2 \varphi_{max} + m \sin^2 \varphi_{max}$
Junge	$\xi_p \approx \xi \frac{\cos^2 \varphi_{max}}{\cos^2 \varphi_{sr}}$
Piepkke	$\xi_p \approx m (0,47 + 1,23 \cos \varphi_{max})$
Goedecke	$\xi_p \approx \frac{\xi}{\cos \varphi_{max}}$ kod $\cos \varphi \geq 0,6$

Oznake u tablici 6. imaju sljedeće značenje:

- m — djelatni faktor opterećenja
- m_0 — omjer minimalnog i maksimalnog opterećenja
- c_T — omjer jalovog opterećenja, kad je djelatno opterećenje jednako nuli i maksimalnog jalovog opterećenja.

U [L 2] je na temelju raspoloživih podataka o satnim opterećenjima elektroenergetskog sistema Hrvatske i četiri regije unutar njega (Zagreb, Rijeka, Split, Osijek) prema dnevnim, tjednim i mjesečnim krivuljama trajanja u razdoblju 1974 — 1981. god. regresijskom analizom određena funkcijska ovisnost faktora gubitaka o faktoru opterećenja $\xi = f(m)$.

Utvrđeno je da se $\xi = f(m)$ najbolje aproksimira polinomom drugog reda (promatrana je aproksimacija s više od 10 analitičkih funkcija) odnosno ovim izrazom:

$$\xi = 0,11 m + 0,89 m^2.$$

Pri tome se ova ovisnost može smatrati potpunom jer je koeficijent determinacije za sve slučajeve krivulja trajanja veći od 0,99.

Na isti način istraženo je $\xi = f(m)$ za elektroenergetski sistem Jugoslavije na temelju parametara krivulja trajanja za treće srijede u mjesecu u periodu 1963 – 1970. godine. To razdoblje i samo karakteristične srijede uzete su zbog toga što su to bili jedini raspoloživi podaci.

Najbolja aproksimacija u ovom slučaju postiže se izrazom

$$\xi = 0,17 m + 0,83 m^2.$$

2.2. Metoda srednjokvadratnih opterećenja

Metoda srednjokvadratnih opterećenja polazi od osnovnog izraza za proračun gubitaka električne energije:

$$\Delta W = 3R \int_0^T I^2(t) dt = 3R I_{SK}^2 T$$

gdje je

I_{SK} — srednjokvadratna vrijednost struje koja stvara iste gubitke kao i stvarna struja za vrijeme T .

Pri tome je I_{SK} , uz poznavanje dijagrama opterećenja:

$$I_{SK} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^T I_i^2}{T}}.$$

Kako u praksi poznavanje srednje satnih struja nije čest slučaj, proračun pomoću navedenog izraza može se bazirati na određenim količinama radne i jalove energije i nekim postavkama teorije vjerojatnosti.

Naime, ako promatramo opterećenje kao slučajnu funkciju, onda se vrijednost kvadrata srednje kvadratne struje može odrediti pomoću izraza:

$$I_{SK}^2 = I^2 + D[I],$$

gdje je:

I — srednja vrijednost struje
 $D[I]$ — disperzija struje.

Budući da su opterećenja slučajne kompleksne veličine, srednju vrijednost i disperziju struje moramo odrediti preko parametara radnih i jalovih opterećenja, odnosno:

$$I_{RSK}^2 = I_R^2 + D[I_R]$$

$$I_{QSK}^2 = I_Q^2 + D[I_Q],$$

Za srednje kvadratnu vrijednost struje dobivamo:

$$I_{SK}^2 = I_{RSK}^2 + I_{QSK}^2 = I_R^2 + I_Q^2 + D[I_R] + D[I_Q].$$

Pri tome je:

$$I = \sqrt{I_R^2 + I_Q^2}$$

$$D[I] = D[I_R] + D[I_Q].$$

Analogno izrazima za struje mogu se napisati izrazi za snage.

Ako srednje vrijednosti struje izrazimo preko radnih i jalovih energija, odnosno:

$$P = \frac{W_P}{T} \quad Q = \frac{W_Q}{T} \quad I = \frac{\sqrt{W_P^2 + W_Q^2}}{\sqrt{3} U T},$$

dobivamo u praksi primjenjiv izraz za proračun promjenjivih o opterećenju ovisnih gubitaka energije:

$$\Delta W = 3R I_{SK}^2 T =$$

$$= 3R \left(\frac{W_P^2 + W_Q^2}{3 U^2 T^2} + D[I] \right) T$$

ili

$$\Delta W = \frac{R}{U^2 T} (W_P^2 + W_Q^2 + 3 U^2 D[I] T^2).$$

Ako uvedemo disperziju radne i jalove snage umjesto disperzije struje, prethodni izraz za proračun gubitaka energije glasi:

$$\Delta W = \frac{R}{U^2 T} [W_P^2 + W_Q^2 + (D[P] + D[Q]) T^2].$$

Upotrebljivost prethodnog izraza vezana je uz točnost određivanja disperzije. U praksi disperzije se određuju korištenjem izraza za krivulju trajanja opterećenja.

U distributivnim mrežama krivulja trajanja opterećenja često se aproksimira pomoću izraza [L 4]:

$$P = P_{\max} - (P_{\max} - P_{\min}) \left(\frac{t}{T} \right)^{\lambda_P}$$

$$Q = Q_{\max} - (Q_{\max} - Q_{\min}) \left(\frac{t}{T} \right)^{\lambda_Q}$$

Taj izraz se upotrebljava za vrijednosti koeficijenata $\lambda \geq 1$, pri čemu je

$$\lambda_P = \frac{P_{sr} - P_{\min}}{P_{\max} - P_{sr}} \quad \lambda_Q = \frac{Q_{sr} - Q_{\min}}{Q_{\max} - Q_{sr}}.$$

Ako su vrijednosti koeficijenata $\lambda < 1$, upotrebljavaju se sljedeći analitički izrazi:

$$P = P_{\min} + (P_{\max} - P_{\min}) \left(1 - \frac{t}{T} \right)^{\frac{1}{\lambda_P}}$$

$$Q = Q_{\min} + (Q_{\max} - Q_{\min}) \left(1 - \frac{t}{T} \right)^{\frac{1}{\lambda_Q}}.$$

U tom slučaju izrazi za disperzije struja glase:

$$D[I] = \frac{(I_{\max} - I)^2 (I - I_{\min})^2}{I_{\max} - I - 2I_{\min}} \quad \text{za } \lambda < 1$$

$$D[I] = \frac{(I_{\max} - I)^2 (I - I_{\min})^2}{I_{\max} + I - 2I_{\min}} \quad \text{za } \lambda \geq 1.$$

Zamjenom struja sa snagama dobivaju se izrazi za disperziju snaga.

Izloženi postupak omogućava određivanje gubitaka energije poznavanjem minimalnog broja podataka o opteretivosti mreže, odnosno poznavanje iznosa maksimalnih i minimalnih snaga te radne i jalove energije. Naravno, pri tome se pretpostavlja aproksimacija krivulje trajanja opterećenja promatranog sistema navedenim izrazima.

2.3. Metoda ekvivalentnog otpora i vremena trajanja maksimalnih gubitaka

Jedna od metoda koja se često koristi za proračun gubitaka energije u razgranatim srednjonaponskim mrežama, kako zbog brzine proračuna tako i zbog minimalnog broja potrebnih ulaznih informacija, jest metoda ekvivalentnih otpora i vremena trajanja maksimalnih gubitaka. Ona se zasniva na pretpostavci da u srednjonaponskim i niskonaponskim vodovima (zbog nedostatka mjernih uređaja i velikog broja podataka) postoje mjerenja samo na početku voda.

U tom slučaju stvarnu odnosno realnu mrežu treba zamijeniti ekvivalentnom, tako da veličina gubitaka u jednoj i drugoj mreži bude ista, tj.:

$$\Delta P_{re} = \Delta P_{ek}$$

Ako je poznata struja koja ulazi u glavnu dionicu voda odnosno struja na početku voda, treba odrediti takvu vrijednost otpora R_{ek} s kojim ukupna struja stvara iste gubitke kao u realnoj mreži, odnosno:

$$R_{ek} = \frac{\Delta P_{re}}{I_{uk}^2}$$

Tako definiran otpor nazivamo ekvivalentnim otporom.

Ako se promatra jedan vod sa n dionica, pri čemu se dionica smatra duljina između dva susjedna čvora, gubici snage se mogu odrediti iz ovog izraza:

$$\begin{aligned} \Delta P_{re} &= \sum_{i=1}^n \Delta P_{vi} + \sum_{i=1}^n \Delta P_{ti} = \\ &= \sum_{i=1}^n r_{vi} (I_i)^2 + \sum_{i=1}^n r_{ti} (I_i)^2 = R_{ek} I_{uk}^2, \end{aligned}$$

gdje su:

- ΔP_{vi} — gubici snage i na i -toj dionici voda
- ΔP_{ti} — gubici snage u transformatoru priključenog na i -tu dionicu
- r_{vi} — omski otpor i -te dionice voda
- r_{ti} — omski otpor transformatora priključenog na i -tu dionicu
- I_i — struja koja prolazi i -tom dionicom.

Kako je već rečeno, struje kroz dionice nisu poznate odnosno poznata je samo struja na početku voda.

Zato se pretpostavlja da su opterećenja dionica I_i proporcionalna instaliranim snagama transformatora u čvorištima S_{ni} , odnosno da je ukupno opterećenje I_{uk} proporcionalno sumi instaliranih snaga transformatora na vodu S_{nuk} :

$$I_i \sim S_{ni} \quad i \quad I_{uk} \sim S_{nuk}.$$

U tom slučaju izraz za gubitke glasi:

$$\Delta P_{re} = \sum_{i=1}^n r_{vi} (S_{ni})^2 + \sum_{i=1}^n r_{ti} (S_{ni})^2 = R_{ek} S_{nuk}^2.$$

Ako za omski otpor i -tog transformatora stavimo:

$$r_{ti} = \frac{U_{nt}^2}{(S_{ni})^2} \Delta P_{cui},$$

izraz za ekvivalentni otpor glasi:

$$\begin{aligned} R_{ek} &= R_{ekv} + R_{ekt} = \frac{\sum_{i=1}^n r_{vi} (S_{ni})^2}{S_{nuk}^2} + \\ &+ \frac{U_{nt}^2}{S_{nuk}^2} \sum_{i=1}^n \Delta P_{cui}. \end{aligned}$$

Ako u promatranoj mreži imamo » k « vodova, prethodni izraz glasi:

$$R_{ek} = \frac{\sum_{j=1}^k R_{ekj} (S_{nj})^2}{\sum_{j=1}^k S_{nuk}^2} + \frac{U_{nt}^2}{\sum_{j=1}^k S_{nuk}^2} \sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^n \Delta P_{cuij}.$$

Vidimo da se izraz za ekvivalentni otpor sastoji od dvije komponente: komponente vodova i komponente transformatora.

Da bismo odredili gubitke energije, polazimo od pretpostavke da nam je poznat faktor gubitaka ξ .

Srednjokvadratnu vrijednost struje, definiranu u prethodnoj točki, možemo izraziti:

$$I_{SK}^2 = \frac{P_{\max}^2}{U^2} \xi_r + \frac{Q_{\max}^2}{U^2} \xi_Q = \frac{S_{\max}^2}{U^2} \xi_p.$$

Izraz za proračun gubitaka električne energije poznavanjem ekvivalentnog otpora i faktora gubitaka glasi:

$$\Delta W = \frac{S_{\max}^2}{U^2} \xi_p R_{ek} T.$$

3. GUBICI ELEKTRIČNE ENERGIJE U MREŽI 35 kV

S obzirom na raspoloživost ulaznih podataka, gubici električne energije u mreži 35 kV su utvrđeni prema metodologiji opisanoj u točki 2.1.

Izračunati ukupni gubici u mreži 35 kV u 1982. god. za promatrane četiri distributivne organizacije prikazani su u tabl. 4.

Ako se za usporedbu gubitaka među distributivnim organizacijama kao baza uzme prenesena energija mrežom 35 kV, iz tabl. 4, vidi se da su oni najveći na području Elektrokrajine — Banja Luka 3,8 %, a najmanji na području Elektro distribucije — Titograd 1,5 %.

Gubici energije u vodovima čine oko 73 %, a gubici u transformatorima oko 27 % ukupnih gubitaka u mreži 35 kV ili po distribucijama (tabl. 5).

Vidljivo je da od prosječnih odnosa gubitaka energije u vodovima i transformatorima znatno odstupa Elektro distribucija — Titograd. Naime, gubici u vodovima Elektro distribucije — Titograd veoma su niski u odnosu na prenesenu energiju 0,92 %, dok se kod ostalih distribucija taj odnos kreće od 2,1 % do 2,7 %. Razlog tome, najvećim dijelom, je velika prenesena energija po km voda na području Elektro distribucije — Titograd. Udio prenesene energije vodovima 35 kV na području Elektro distribucije — Titograd u odnosu na ukupnu prenesenu energiju za sve četiri distributivne organizacije iznosi oko 18 % dok

Tablica 4.

Područje	Prenesena en. (MWh)	Vršno* opt.	Vodovi				Transformatori			Ukupno	
			Dužina	Gubici			Inst. sn. (MVA)	Gubici		Gubici	
				(MW)	(MWh)	(6:2) · 100		(MWh)	(9:2) · 100	(MWh)	(11:2) · 100
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Elektro distribucija — Zrenjanin	412 083	80	183	3,03	9 582	2,3	121,0	3 100	0,75	12 682	3,1
Elektro krajina — Banja Luka	350 801	70	295	2,78	9 593	2,7	144,5	3 907	1,1	13 500	3,8
Elektro primorska — Nova Gorica	526 851	100	366	3,16	10 949	2,1	234,8	3 434	0,65	14 383	2,7
Elektro distribucija — Titograd	292 402	67	65	0,72	2 677	0,92	98,5	1 830	0,63	4 507	1,5
Ukupno	1 582 137	318	909	9,69	32 801	2,1	598,8	12 271	0,78	45 072	2,8

* — na nivou 35 kV

Tablica 5.

Područje	Vodovi %	Transformatori %	Ukupno %
Elektro distribucija — Zrenjanin	76	24	100
Elektro krajina — Banja Luka	71	29	100
Elektro primorska — Nova Gorica	76	24	100
Elektro distribucija — Titograd	59	41	100

udio dužine mreže 35 kV u odnosu na ukupnu dužinu iznosi 7 %, odnosno prenesena energija po km za sve četiri distributivne organizacije iznosi 1 740 MWh/km, a za Elektro distribuciju — Titograd 4 498 MWh/km.

Prema dobivenim podacima, broj transformatora gornjeg napona 35 kV i njihova instalirana snaga u 1982. god. u promatranim distributivnim organizacijama iznosila je:

— Elektro distribucija — Zrenjanin	24 kom. 121 MVA
— Elektro krajina — Banja Luka	44 kom. 144,5 MVA
— Elektro primorska — Nova Gorica	46 kom. 234,8 MVA
— Elektro distribucija Titograd	15 kom. 98,5 MVA

Najviše zastupljeni transformatori po instaliranim snagama jesu 8 MVA i 4 MVA. Od ukupnog broja transformatora (129 kom.), oko 70 % ili 91 kom. su transformatori navedenih snaga.

Od ukupnih gubitaka u transformatorima 35/X kV odnos gubitaka energije u bakru i željezu za sve četiri distributivne organizacije iznosi 0,93 ili po distribucijama (tabl. 6).

Dakle, prisutan je visok nivo gubitaka u željezu. To se naročito odnosi na područje Elektro krajine — Banja Luka, gdje su gubici u željezu veći za oko 39 % od gubitaka u bakru.

Tablica 6.

Područje	ΔW_{Cu} (MWh)	ΔW_{Fe} (MWh)	$\frac{\Delta W_{Cu}}{\Delta W_{Fe}}$
Elektro distribucija — Zrenjanin	1 796	1 304	1,38
Elektro krajina — Banja Luka	1 485	2 422	0,61
Elektro primorska — Nova Gorica	1 765	1 669	1,06
Elektro distribucija — Titograd	851	979	0,87

Ako se pogleda odnos ukupnih gubitaka i transformirane energije u % [L1.], on se za pojedine transformatore kreće:

— Elektro distribucija — Zrenjanin	od 0,5 % do 4,2 %
— Elektro krajina — Banja Luka	od 0,7 % do 5,7 %
— Elektro primorska — Nova Gorica	od 0,5 % do 4,5 %
— Elektro distribucija — Titograd	od 0,6 % do 0,9 %

Visok postotak gubitaka u odnosu na transformiranu energiju u pojedinim transformatorima rezultat je velikih gubitaka u željezu.

Prema karakteristikama transformatora i proračunima izvedenim u [L1.], optimalni faktor opteretivosti transformatora 35/X kV, kojem bi trebalo težiti u svakom trenutku pogona da bi stupanj iskorištenja transformatora bio maksimalan, kreće se:

— Elektro distribucija — Zrenjanin	od 0,32 do 0,94
— Elektro krajina — Banja Luka	od 0,40 do 0,56
— Elektro primorska — Nova Gorica	od 0,36 do 0,60
— Elektro distribucija — Titograd	od 0,35 do 0,45

Ako se pogleda ostvareni odnos maksimalne i nominalne snage transformatora u 1982. god. [L1.] i faktor opteretivosti kojem bi taj odnos trebao težiti, za oko 50 % transformatora može se reći da su podopterećeni, dok ima transformatora koji su opterećeni iznad navedene optimalne vrijednosti. Za sve one tran-

sformatore čiji se ostvareni faktor opteretivosti nalazi u granicama $\pm 20\%$ od tzv. optimalnog može se smatrati da rade u tzv. ekonomskoj zoni opteretivosti. Za one transformatore koji se nalaze izvan ovih granica, da bi se postigao ekonomičniji rad, postoje dvije mogućnosti:

- isključivanje paralelnih transformatora u periodima niskih opteretivosti, kada to dozvoljavaju pogonske prilike (time se smanjuju gubici u željezu koji kod nekih transformatora imaju visoke iznose)
- premještanje transformatora iz jedne transformatorske stanice u drugu.

Naravno, da bi se donijela odluka o premještanju transformatora, potrebno je za svaki konkretan slučaj obaviti ekonomsku analizu, odnosno usporedbu troškova koji pri tome nastaju i uštede zbog smanjenja gubitaka.

4. GUBICI ELEKTRIČNE ENERGIJE U KARAKTERISTIČNIM IZVODIMA 20 kV i 10 kV

Proračun gubitaka električne energije u mreži 10 kV i 20 kV, zbog opsega odnosno velikog broja vodova i čvorišta te nedostatka potrebnih ulaznih podataka o režimu rada pojedinih dijelova mreže, nije moguće provesti na modelu koji se temelji na direktnom modeliranju parametara svih elemenata mreže. Ipak, da se dobije uvid o veličini gubitaka u mreži 20 kV i 10 kV, s obzirom na raspoložive podatke, izračunati su gubici električne energije u 1982. god. u karakterističnim izvodima 20 kV i 10 kV prema meto-

dologiji opisanoj u točki 2.3. Pod pojmom karakteristični izvodi razumijevaju se izvodi koji se s obzirom na duljinu, presjek, materijal, karakteristike opterećenja itd. mogu smatrati reprezentativnim za određeno područje (prema mišljenju radnih organizacija). Kako na području Elektroprimorske — Nova Gorica ne postoje dostupni podaci o prenesenoj energiji i vršnom opterećenju na izvodima 10 kV i 20 kV, dakle nema mogućnosti proračuna gubitaka ni najjednostavnijom metodom, ispitivanja na ovom području nisu izvršena.

- S obzirom na raspoložive podatke promatrano je:
- 5 izvoda na području Elektrodistribucije — Zrenjanin (3 izvoda 20 kV i 2 izvoda 10 kV)
 - 1 izvod na području Elektrokrajine — Banja Luka (10 kV)
 - 3 izvoda na području Elektrodistribucije — Titograd (10 kV).

Rezultati istraživanja prikazani su u tabl. 7.

Proračun gubitaka električne energije u karakterističnim izvodima na području Elektrodistribucije — Zrenjanin pokazuje da gubici na izvodima 20 kV s nadzemnim vodovima iznose oko 3 % ukupno prenesene energije, a radi li se o kabelskoj mreži, oni su u postotku za 2 puta manji. Gubici električne energije na izvodima 10 kV s nadzemnim vodovima iznose oko 5,5 % ukupno prenesene energije, a za kabelsku mrežu 2,9 %. Taj drugi rezultat treba uzeti s rezervom, s obzirom na ulazne podatke.

Na temelju proračuna gubitaka električne energije na području Elektrokrajine — Banja Luka u samo

Tablica 7.

Naziv izvoda	Napon (kV)	Dužina (km)		Inst. sn. (kVA)	Maks. opt. (kVA)	Pren- sena (MWh)	Ekv. otpor		ξ	Gubici				
		NV	KV				Vodovi	Transf.		Vodovi (MWh)	Transformatori (MWh)		Ukupno	
											Δ W _{Cu}	Δ W _{Fe}	MWh	% od 7
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Elektrodistribucija — Zrenjanin														
»RTS – 132« iz TS 110/20/10 kV BAGLJAŠ	20	2,1	2,5	6 000	3 984	14 118	0,295	0,763	0,231	24	61	109	194	1,4
»MUŽLJA« iz TS 110/20/10 kV BAGLJAŠ	20	13,2	2,1	6 960	5 196	18 413	2,12	0,74	0,231	290	101	163	554	3,0
»ŽITIŠTE« iz TS 110/20 kV BEGEJCI	20	29,9	1,4	5 950	2 772	11 684	2,49	0,91	0,345	144	53	153	350	3,0
»EČKA« iz TS 35/10 kV JUG	10	46,3	1,8	5 180	3 377	11 681	1,97	0,315	0,218	429	69	147	645	5,5
»ŠULMAN« iz TS 35/10 kV JUG	10	—	3,3	3 800	4 677	16 174	0,67	0,30	0,218	280	125	71	476	2,9
Elektrokrajina — Banja Luka														
Izvod 10 kV iz TS 35/10 kV SITARI	10	6,4	0,5	2 640	1 121	4 351	1,31	0,68	0,269	39	20	79	138	3,2
Elektrodistribucija — Titograd														
»TUZI« iz TS 35/10 kV GORICA	10	66,3	7,3	6 510	3 464	9 795	14,4	0,26	0,168	2 543	46	175	2 764	28,2
»KUČI« iz TS 35/10 kV GORICA	10	47,4	—	2 210	2 511	6 013	5,86	0,83	0,128	414	59	64	537	8,9
»LJ. NAHIJA« iz TS 35/10 kV TOLOŠI	10	54,1	1,0	6 190	2 165	8 999	4,25	0,256	0,32	558	34	153	745	8,3

jednom karakterističnom izvodu, koji s obzirom na dužinu vodova 6,9 km teško da se može smatrati karakterističnim, nije lako dati bilo kakvu ocjenu o velični gubitaka u mreži 10 kV i 20 kV. Ipak, i ovaj proračun ukazuje na nisku opteretivost transformatora i velik udio gubitaka u željezu u ukupnim gubicima na izvodu.

Proračun gubitaka električne energije na karakterističnim izvodima 10 kV Elektrodistribucije — Titograd pokazuje da se izvod »TUZI« ne može smatrati karakterističnim za ovo područje i da je nužno poduzimanje određenih mjera, na ovm izvodu, radi smanjenja gubitaka.

Iznosi gubitaka na izvodima »KUĆI« i »LJ. NAHIJA« od 8,3 % i 8,9 % u odnosu na prenesenu energiju, koji su znatno veći u odnosu na 10 kV izvode na području »ELEKTRODISTRIBUCIJE« Zrenjanin, smatraju se prihvatljivim s obzirom da se radi o niskim presjecima vodova 10 kV.

Analiza gubitaka električne energije u karakterističnim izvodima 20 kV i 10 kV pokazuje da velik udio u ukupnim gubicima čine gubici u željezu transformatora. Na 7 do 9 promatranih izvoda gubici u željezu transformatora znatno su veći od gubitaka u bakru. Ta činjenica ukazuje na nisku opteretivnost transformatorskih stanica s obzirom na njihove karakteristike i nameće zahtjev za istraživanjem optimalnog faktora opteretivosti transformatora.

Da se udovolji tom zahtjevu, potrebno je osim konstruktivnih odnosno tehničkih karakteristika transformatora poznavati i podatke o njihovoj opteretivosti i transformiranoj energiji.

Kako promatrane distributivne organizacije, osim Elektrokrajine — Banja Luka, ne posjeduju podatke o opterećenjima i prenesenoj energiji u toku godine, niti za karakteristične transformatore različitih snaga, nije moguće utvrditi optimalni faktor opteretivosti u trenutku maksimalnog opterećenja. Međutim, na temelju podataka o gubicima u željezu i bakru utvrđene su optimalne prosječne opteretivosti transformatora, odnosno izračunate su vrijednosti odnosa prividne i nominalne snage transformatora (faktor opteretivosti) kojem treba težiti u svakom trenutku da bi stupanj iskorištenja bio maksimalan.

Rezultati pokazuju: da bi stupanj iskorištenja transformatora bio maksimalan, svi transformatori bi za vrijeme cijelog pogona trebali biti opterećeni sa oko 40-50 % nominalne snage, ovisno o svojim karakteristikama.

Međutim, prosječna godišnja opteretivnost svih transformatora na karakterističnim izvodima distributivnih organizacija u odnosu na ukupnu instaliranu snagu na izvodu iznosi:

»RTS — 132«

29 %

»MUŽLJA«

32 %

»ŽITIŠTE«

26 %

»EČKA«

27 %

»ŠULMAN«

52 %

Izvod iz TS 35/10 kV »SITARI«

20 %

»TUZI«	19 %
»KUĆI«	35 %
»LJ. NAHIJA««	18 %

Ako se ovaj rezultat uzme samo kao približan, vidi se da su transformatori nisko opterećeni, što uvjetuje znatno veće gubitke u željezu nego u bakru odnosno njihovi parametri nisu u skladu sa postignutim opterećenjima.

5. USPOREDBA ISKAZANIH GUBITAKA S IZRAČUNATIM GUBICIMA

Bilo kakva usporedba iskazanih gubitaka s gubicima izračunatim najjednostavnijim metodama koje zahtijevaju minimum ulaznih podataka, s obzirom na njihovu raspoloživost, nije ni malo jednostavna.

Ipak, može se ocijeniti da se postoci izračunatih gubitaka u odnosu na prenesenu energiju mogu smatrati prihvatljivima.

Ako se na temelju izračunatih gubitaka u karakterističnim izvodima uzme da gubici u mreži 10 kV i 20 kV u odnosu na energiju predanu potrošačima na 0,4 kV iznose:

— Elektrodistribucija — Zrenjanin:		3 % za energiju prenesenu vodovima 20 kV
		5 % za energiju prenesenu vodovima 10 kV
— Elektrokrajina — Banja Luka:	8 %	
— Elektroprimorska — Nova Gorica:	3,5 %	
— Elektrodistribucija — Titograd	8,5 %	

ukupni gubici u srednje naponskoj mreži iznose (tabl. 8):

Tablica 8.

Područje	Gubici (MWh)			
	35 kV	20/10 kV	Ukupno	% od ukupno iskazanih
Elektrodistribucija — Zrenjanin	12 682	14 826	27 548	49
Elektrokrajina Banja Luka	13 500	42 579	56 079	44
Elektroprimorska — Nova Gorica	14 383	11 822	26 205	49
Elektrodistribucija — Titograd	4 507	16 523	21 030	48

Prema tome, gubici u niskonaponskoj mreži, uključujući stalne i komercijalne gubitke, iznose više od 50 % iskazanih gubitaka u distribuciji.

6. ZAKLJUČAK

Proračun gubitaka električne energije u distributivnim mrežama zbog oskudnih podataka o opterećenjima određenih elemenata, velikog broja vodova i transformatora na nekoliko naponskih nivoa i čestih izmjena uklopnog stanja nije jednostavan. Ipak, na temelju provedenih istraživanja mogu se donijeti sljedeći zaključci:

1. Iskazani prosječni gubici distribucije u elektroenergetskom sistemu Jugoslavije u razdoblju 1973 – 1982. god. iznose 9% u odnosu na ukupnu energiju predanu distribuciji, a u 1982. god. 9,3%.

2. Iskazani gubici električne energije u odnosu na preuzetu energiju u 1982. god. za promatrane 4 distributivne organizacije iznose:

— Elektrodistribucija — Zrenjanin	10,2%
— Elektrokrajina — Banja Luka	12,2%
— Elektroprimorska — Nova Gorica	6,2%
— Elektrodistribucija — Titograd	14,7%

3. Velika razlika u iskazanim gubicima rezultat su različitih nivoa izgrađenosti distributivnih mreža i parametara određenih elemenata, različitih naponskih nivoa (na području Elektrodistribucije Titograd se ne predviđa uvođenje napona 20 kV), a dijelom i različitih načina evidentiranja energije predane potrošačima.

4. Za određivanje gubitaka električne energije koriste se različite metode različite točnosti. Izbor metoda ovisi o vrsti proračuna i raspoloživosti ulaznih podataka. S obzirom na raspoloživost ulaznih podataka, proračun gubitaka u sredjonaponskoj mreži naših distributivnih organizacija moguće je izvesti samo najjednostavnijim metodama koje zahtijevaju minimalni broj ulaznih informacija, dok proračune u niskonaponskoj mreži, zbog nedostataka potrebnih podataka, nije moguće izvesti ni ovim metodama.

5. Proračun gubitaka električne energije u mreži 35 kV pokazuje da su oni, s obzirom na energiju prenesenu mrežom 35 kV, najveći na području Elektrokrajine — Banja Luka 3,8%, a najmanji na području Elektrodistribucije — Titograd 1,5%. Na području Elektrodistribucije — Zrenjanin iznose 3,1%, a na području Elektroprimorske — Nova Gorica 2,7%.

6. Analiza opteretivosti transformatora 35/X kV pokazuje da je u 1982. god. velik broj transformatora bio opterećen ispod granice optimalne opteretivosti, što je uzrok znatno većih gubitaka u željezu od gubitaka u bakru.

7. Izračunati gubici električne energije u karakterističnim izvodima 20 kV i 10 kV iznose:

- 3% od ukupno prenesene energije na nadzemnim izvodima 20 kV i oko 1,4% na kabelskim izvodima 20 kV (Elektrodistribucija — Zrenjanin).
- od 5,5% do 8,9% od ukupno prenesene energije na nadzemnim izvodima 10 kV koji se mogu smatrati karakterističnim.

8. Visok nivo gubitaka u karakterističnim izvodima 10 kV na području Elektrodistribucije — Titograd rezultat je niskih presjeka vodova, 25 mm² Ač, što na-

meće zahtjeve za daljnja tehno-ekonomska istraživanja promjene presjeka pojedinih dionica izvoda.

9. Analiza rada transformatora 10/0,4 kV i 20/0,4 kV upućuju da su oni s obzirom na konstruktivne parametre slabo opterećeni, što uzrokuje velike gubitke u željezu, odnosno da njihovi parametri za ostvarena opterećenja u većini slučajeva nisu dobro odabrani.

10. Da bi se istraživanjima gubitaka u distributivnim mrežama (koja su neophodna prije donošenja odluke za poduzimanje određenih mjera za njihovo smanjenje) dalo značenje koje im pripada, potrebno je poduzeti određene mjere radi provođenja mjerenja na određenih elementima i pohranjivanja izmjerenih veličina na način da budu dostupni bez potrebe angažiranja velikog broja ljudi.

LITERATURA

- [1] J. TOPIĆ, Problematika gubitaka električne energije u prijenosnoj i distributivnim mrežama Jugoslavije, Institut za elektroprivredu, Zagreb, 1985.
- [2] J. TOPIĆ, »Veze gubitaka snage i energije u prijenosnim mrežama elektroenergetskog sistema«, Magistarski rad, Elektrotehnički fakultet, Zagreb, 1982.
- [3] S. DRAŽENović, U. KAPOR, M. TOMIĆ, »Gubici električne energije i snage u elektrodistributivnim mrežama«, Elektroprivreda Bosne i Hercegovine, Sarajevo, 1980.
- [4] Poteri elektroenergiji v elektirčeskih setjah energosistem Energoatomizdat, Moskva, 1983.
- [5] VDEW, NETZVERLUSTE, 3 Ausgabe, Frankfurt, 1978.
- [6] B. STOY, »Die Bestimmung des Arbeitswerlustfaktors für den allgemeinen Belastungsfall«, Dissertation TH Karlsruhe, 1966.
- [7] Statistički godišnjak elektroprivrede SFRJ za 1973, 1974, 1975, 1976, 1977, 1978, 1979, 1980, 1981 i 1982. godinu.

AN ANALYSIS OF ELECTRIC POWER LOSSES IN DISTRIBUTION NET OF YUGOSLAVIA

In the article are discussed results of analysis of value, structure and relations of electric power losses in four distribution enterprises in Yugoslavia. It is analyzed 35,20 and 10 kV net for losses in lines and transformers.

ANALYSE DER VERLUSTE DER ELEKTRISCHEN ENERGIE IN DEN DISTRIBUTIONSNETZEN JUGOSLAWIENS

In der Arbeit werden die Resultate der Größenanalyse, der Struktur und der Verhältnisse des Stromverlustes für die vier distributiven Arbeitsorganisationen im Rahmen des EES Jugoslawiens dargestellt. Analysiert wird das Netz 35, 20 und 10 kV, wobei besonders die Analysen der Verluste in den Leitungen, besonders in den Transformatoren dieser Spannungsniveaus durchgeführt wurden.

АНАЛИЗ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЯХ ЮГОСЛАВИИ

В работе изложены результаты анализа величины, структуры и соотношения потерь электроэнергии четырех распределительных трудовых организаций в рамках ЕЭС Югославии. Анализировались сети 35, 20 и 10 кВ, причем отдельно анализировались потери в линиях и в трансформаторах указанных уровней напряжения.

Naslov pisca:

mr Jakša Topić, dipl. inž.
Institut za elektroprivredu,
41000 Zagreb, Proleterskih b. 37
Jugoslavija

Uredništvo primilo rukopis
1986-07-21



ASTRA

**SPONZOR-SUORGANIZATOR
UNIVERZIJADE'87**

ZAGREB
JUGOSLAVIJA



n. sol. o. OOUR-a

41000 ZAGREB, Varšavska 9

Telefon: 041/427-111

Telegram: ASTRA — ZAGREB

Telex: 21177, 21254 YU MASEX, 21125,
21281 YU ASTRA

- opskrba poljoprivrede sjemenskom robom, reprodukcijom materijalom, strojevima i alatima;
- opskrba stranih brodova i jahti u domaćim lukama i marinama.

Djelatnosti na vanjskom tržištu:

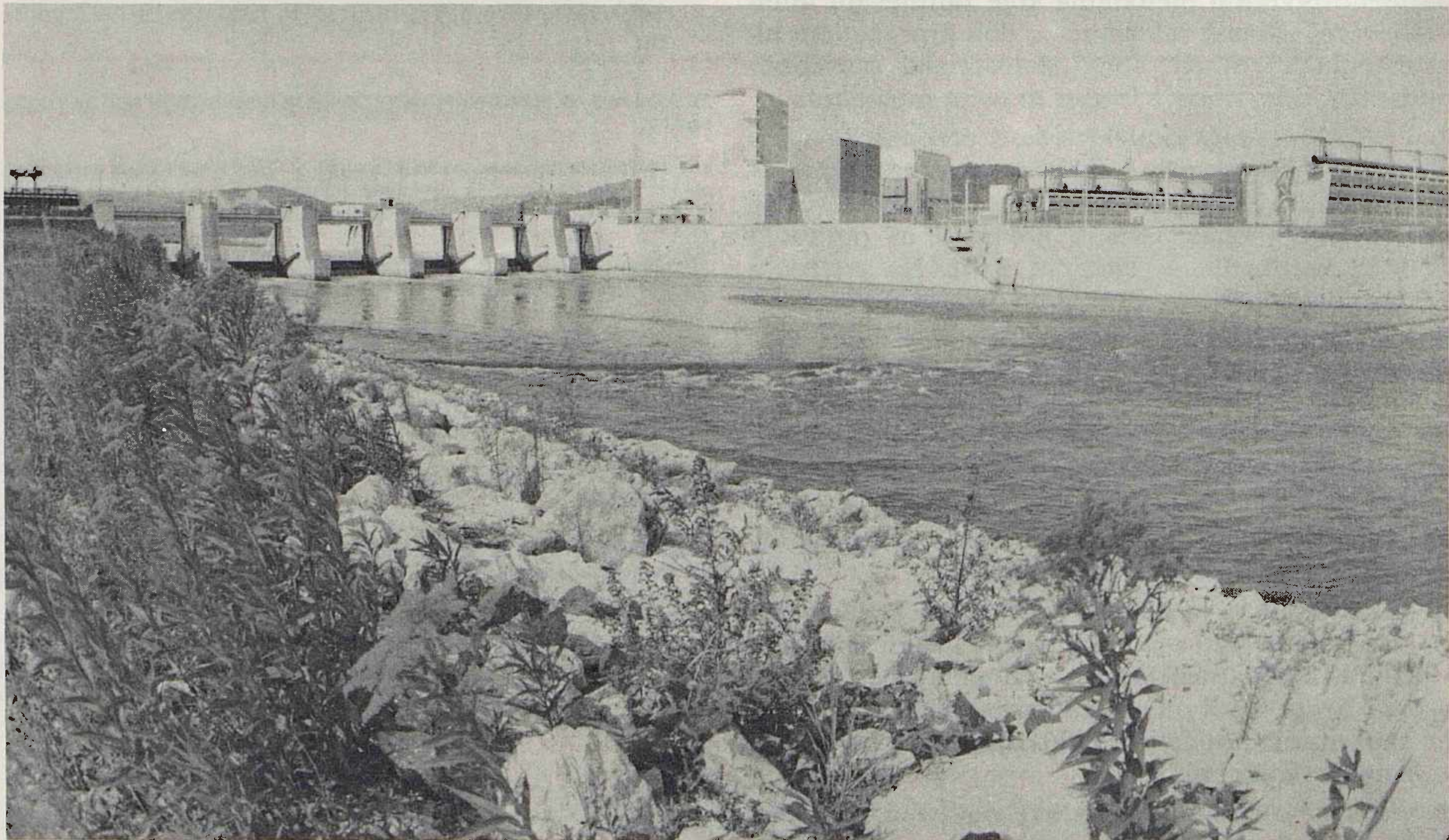
- izvoz-uvoz kompletnih objekata, postrojenja i opreme za sve grane industrije;
- izvoz-uvoz brodova i aviona;
- izvoz-uvoz poljoprivredno-prehrambenih proizvoda;
- međunarodno trgovinsko posredovanje;
- međunarodna trgovina putem mreže inozemnih firmi i predstavništava;
- zastupanje inozemnih firmi.

Djelatnosti na unutrašnjem tržištu:

- ugostiteljsko-hotelijska djelatnost putem vlastitih hotela, ugostiteljskih objekata, sportsko-rekreacijskih sadržaja, te prodaja avio-karata i aranžmana putem vlastite turističke agencije;
- prodaja, održavanje i popravak automobila iz programa VOLKSWAGEN-AUDI, te tehnički pregled svih vrsta vozila;

OSNOVNE ORGANIZACIJE UDRUŽENOG RADA:

- **OOUR ZASTUPSTVO INOZEMNIH FIRMI**, Zagreb, Gajeva 5
- **OOUR MEĐUNARODNA TRGOVINA**, Zagreb, Gajeva 5
- **OOUR MAŠINOIMPEX**, Zagreb Varšavska 9
- **OOUR ZA VANSJKU I UNUTRAŠNJU TRGOVINU POLJOPRIVREDNO-PREHRAMBENIH PROIZVODA**, Zagreb, Harambašićeva 19
- **OOUR AUTOMOBILNE DJELATNOSTI**, Velika Gorica, Zagrebačka bb
- **OOUR UGOSTITELJSTVO**, Stubičke toplice
- **OOUR UGOSTITELJSTVO TOPLICE**, Krapinske Toplice
- **OOUR UGOSTITELJSTVO KUMROVEC**, Tuheljske Toplice



NE KRŠKO za koju je veliki dio opreme uvezla R. O. Mašinoimpex

MATEMATIČKI MODEL JEDNOPOLNOG KRATKOG SPOJA KADA JE OTPOR UZEMLJENJA STANICE RAZLIČIT OD NULE

dr Marija Ožegović, Split

UDK 621.316.99

ORIGINALNI ZNANSTVENI RAD

Visok otpor uzemljenja u nekim transformatorskim stanicama traži točnije ulazne podatke za proračun uzemljivača od onih koje daje klasičan proračun jednog polnog kratkog spoja.

U ovom je radu ponuđen matematički model koji u pogodenoj stanici uvažava otpor rasprostiranja uzemljivača preko kojeg su uzemljenja dozemna užad i zvjezdišta transformatora. Pokazan je dijagram toka, a mogućnosti modela istražene su na primjeru jednog polnog kratkog spoja u jednoj stvarnoj transformatorskoj stanici.

Ključne riječi: jednog polni kratki spoj, otpor uzemljenja, matematički model.

UVOD

Klasičan matematički model jednog polnog kratkog spoja pretpostavlja da su svi otpori uzemljenja stanica jednaki nuli. Rezultati ovakvog proračuna predstavljaju ulazne podatke za proračun uzemljivača, što u normalnim okolnostima zadovoljava. Međutim, u nekim slučajevima, kada je otpor uzemljivača izuzetno velik, te se zbog toga ne može zanemariti njegov utjecaj na proračun struja jednog polnog (ili dvopolnog sa zemljom) kratkog spoja u mreži, a pogotovo ne na mjestu kratkog spoja, potrebno je istražiti rješenja koja u račun unose više točnosti.

Ponuđeni matematički model uvažava napon na uzemljivaču stanice u kojoj je nastao jednog polni kratki spoj i u ovom režimu raspodjelu trostruke nulte komponente struje na uzemljivač, dozemnu užad i uzemljenja transformatora. Za ostale stanice vrijede klasični uvjeti, što uveliko olakšava proračun. To znači da je prvo približenje rješenju na klasičan način što se tiče matrice vlastitih i međusobnih impedancija mreže. Intervencija nastupa nakon odabiranja stanice koja je pogođena jednog polnim kratkim spojem.

Prema konačnom matematičkom modelu istraživanja vodi preko teorije izdvajanja povratnog vodiča, Carsonovih formula, uvjeta na mjestu kratkog spoja i transformacije u simetrične komponente. Rezultat rada je matematički model u simetričnim komponentama jednak klasičnom, s razlikom što se u strujnom krugu nulte komponente struje nalazi serijski uključena »fiktivna« impedancija uzemljivača.

Matematički model je testiran na primjeru jednog polnog kratkog spoja u budućoj TS Nerežišće na otoku Braču. Račun je proveden za slučajeve kada je otpor rasprostiranja uzemljivača jednak 30, 20, 10, 5 i 0 Ω . Izmjereni otpor osnovnog uzemljivača u toj TS je 20 Ω , pa proračunom treba ustanoviti što se postiže

smanjenjem tog otpora. Zapažanja su iznesena u zaključku.

1. STRUJE DOZEMNE UŽADI

Transformaciju mreže u sisteme simetričnih komponentata možemo izvesti jedino kada je svaki element mreže opisan matricom 3×3 . Kako kod vodova strujni krug osim faznih vodiča čine još i zemlja i dozemna užad, to je nužno preračunavanje na matrice ekvivalentnih faznih vodiča. Simetrična transformacija ima smisla jedino za simetrirane vodove, jer samo tada dobivamo nezavisne sisteme komponentata.

Bez obzira na to da li su vodovi simetrirani ili ne, u račun ulazimo s pretpostavkom jednakih vlastitih i međusobnih impedancija faza i jednakih vlastitih i međusobnih impedancija dozemnih užeta.

Ispisujemo jednadžbu prepletenog voda prije izdvajanja dozemnog užeta

$$\begin{bmatrix} \Delta \bar{V}_a \\ \Delta \bar{V}_b \\ \Delta \bar{V}_c \\ \Delta \bar{V}_p \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Z_s & Z_m & Z_m & Z_{sp} \\ Z_m & Z_s & Z_m & Z_{sp} \\ Z_m & Z_m & Z_s & Z_{sp} \\ Z_{ps} & Z_{ps} & Z_{ps} & Z_{pp} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} I'_a \\ I'_b \\ I'_c \\ I_p \end{bmatrix} \quad (1)$$

Retka i stupca dozemnog užeta možemo se riješiti ako nam je poznat napon $\Delta \bar{V}_p$ ili struja I_p . Specijalni je slučaj kada je $\Delta \bar{V}_p$ jednak nuli.

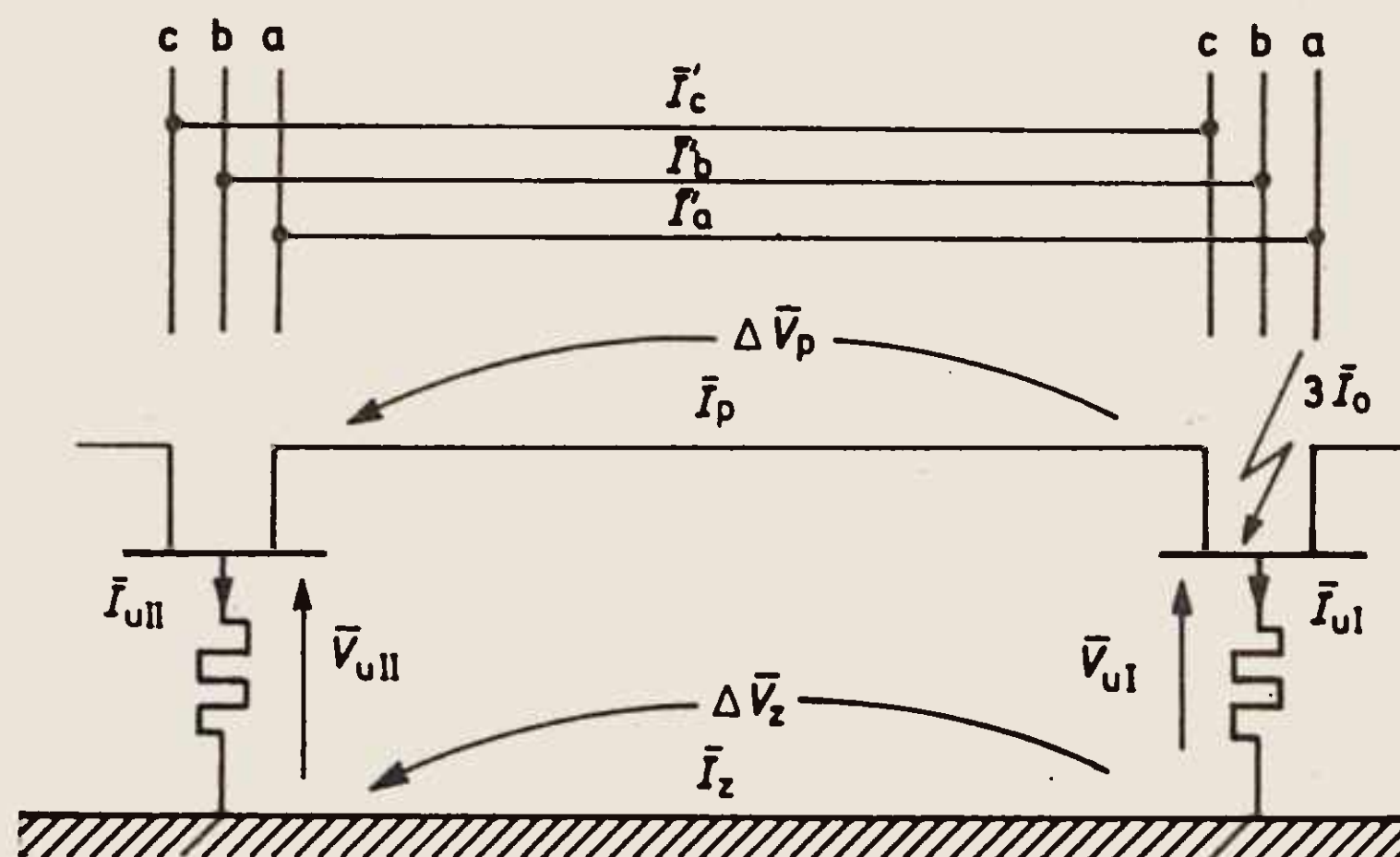
Izdvojimo jednadžbu dozemnog užeta

$$\begin{aligned} \Delta \bar{V}_p &= Z_{ps} (I'_a + I'_b + I'_c) + Z_{pp} I_p = \\ &= Z_{ps} 3I'_0 + Z_{pp} I_p \end{aligned} \quad (2)$$

odnosno

$$I_p = \frac{1}{Z_{pp}} (\Delta \bar{V}_p - Z_{ps} 3I_o'). \quad (3)$$

Na sl. 1 ucrtan je povratni put struje kroz zemlju i dozemno uže. Nisu ucrtane međusobne induktivne veze. Pretpostavljeni pozitivni smjerovi struja odgovaraju relaciji 1.



Slika 1. Povratni put struje kroz zemlju i dozemnu užad

Iz obilaznog napona petlje slijedi

$$\Delta \bar{V}_p + \bar{V}_{uI} = \Delta \bar{V}_z + \bar{V}_{uII} \quad (4)$$

Dovoljno je točno kada se uzme da je

$$\Delta \bar{V}_z + \bar{V}_{uII} = 0, \quad (5)$$

a tada je

$$\Delta \bar{V}_{uI} = -\Delta \bar{V}_p. \quad (6)$$

Trostruku nultu komponentu struje voda zgodno je izraziti ukupnom trostrukom nultom komponentom struje na mjestu kratkog spoja. Uvodimo faktor F kojim treba množiti $3I_o$ da bi se dobilo $3I_o'$ određene grane. Iz poznatih formula slijedi

$$F = \frac{Z_{kk}^o - Z_{sk}^o}{Z_{s-k}^o} \quad (7)$$

Z_{kk}^o i Z_{sk}^o su članovi matrice nultog sistema $[Z_{oo}]$ mreže. Matrice vlastitih međusobnih impedancija mreže $[Z_{oo}]$, $[Z_{11}]$ i $[Z_{22}]$ računamo za mrežu u kojoj su svi otpori uzemljenja jednaki nuli.

Impedancija Z_{s-k}^o je impedancija nultog sistema grane između čvora s i čvora k . Čvor k je čvor u kojem je kratki spoj.

Neka jednostruki vod ima dva dozemna užeta. Pod pretpostavkom da su oba dozemna užeta identična po izvedbi i geometrijskim odnosima prema faznim vodičima i zemlji, možemo ispisati relacije za padove napona:

$$\begin{aligned} \Delta \bar{V}_p = \Delta \bar{V}_q &= Z_{ps} (I_a' + I_b' + I_c') + \\ &+ (Z_{pp} + Z_{pq}) I_p = \\ &= Z_{ps} 3I_o' + (Z_{pp} + Z_{pq}) I_p. \end{aligned} \quad (8a)$$

Analogno relaciji (1) ispisujemo jednadžbe dvostrukog voda prije izdvajanja dozemnih užeta. Te jednadžbe pretpostavljaju vlastitu i međusobnu simetriju vodova i ujedno jednake geometrijske odnose jednakih dozemnih užeta prema oba voda bez obzira na to koliko je ta simetrija stvarna.

Neka dvostruki vod ima dva dozemna užeta. Pad napona na svakom od njih iznosi:

$$\begin{aligned} \Delta \bar{V}_p = \Delta \bar{V}_q &= Z_{ps} (I_a' + I_b' + I_c') + \\ &+ Z_{ps} (I_a'' + I_b'' + I_c'') + \\ &+ Z_{pp} I_p + Z_{pq} I_q = \\ &= Z_{ps} 2 \cdot 3 I_o' + (Z_{pp} + Z_{pq}) I_p. \end{aligned} \quad (b)$$

Kada se uzmu u obzir sve navedene pretpostavke i izrazi, može se napisati za jednostruki vod s jednim dozemnim užetom

$$I_p = \frac{1}{Z_{pp}} (\Delta \bar{V}_p - Z_{ps} F 3 I_o) \quad (9a)$$

i za jednostruki vod s dva dozemna užeta

$$I_p = I_q = \frac{1}{Z_{pp} + Z_{qp}} (\Delta \bar{V}_p - Z_{ps} F 3 I_o). \quad (b)$$

Također za dvostruki vod s jednim dozemnim užetom

$$I_p = \frac{1}{Z_{pp}} (\Delta \bar{V}_p - 2Z_{ps} F 3 I_o) \quad (10a)$$

i za dvostruki vod s dva dozemna užeta

$$I_p = I_q = \frac{1}{Z_{pp} + Z_{qp}} (\Delta \bar{V}_p - 2Z_{ps} F 3 I_o). \quad (b)$$

Redovito je više dozemnih užeta raznih vodova priključeno na isti uzemljivač. Za opću formulu usvojiti ćemo izraz (9a) uz potrebne korekcije prema (10b). Ako još računamo s izrazom 5, tada je ukupna struja dozemne užadi

$$\Sigma \bar{I}_{pi} = \Delta \bar{V}_p \Sigma \frac{1}{Z_{ppi}} - 3I_o \Sigma \frac{Z_{psi} F i}{Z_{ppi}}, \quad (11)$$

gdje se indeks i odnosi na i -to dozemno uže.

Kada nije ispunjena relacija (5), tj. kada je

$$\Delta \bar{V}_z + \bar{V}_{uII} \neq 0 \quad (12)$$

ne vrijedi relacija 6, koja prilike duž dozemnog užeta izražava prilikama na mjestu kratkog spoja. Zbog toga uvodimo faktor c_i za svako dozemno uže i , koji određuje odnos napona na uzemljivaču na mjestu kratkog spoja i pada napona na dozemnom užetu. Relacija (6) prelazi u

$$\Delta \bar{V}_{pi} = -c_i \bar{V}_{uI} = -c_i \bar{V}_u. \quad (13)$$

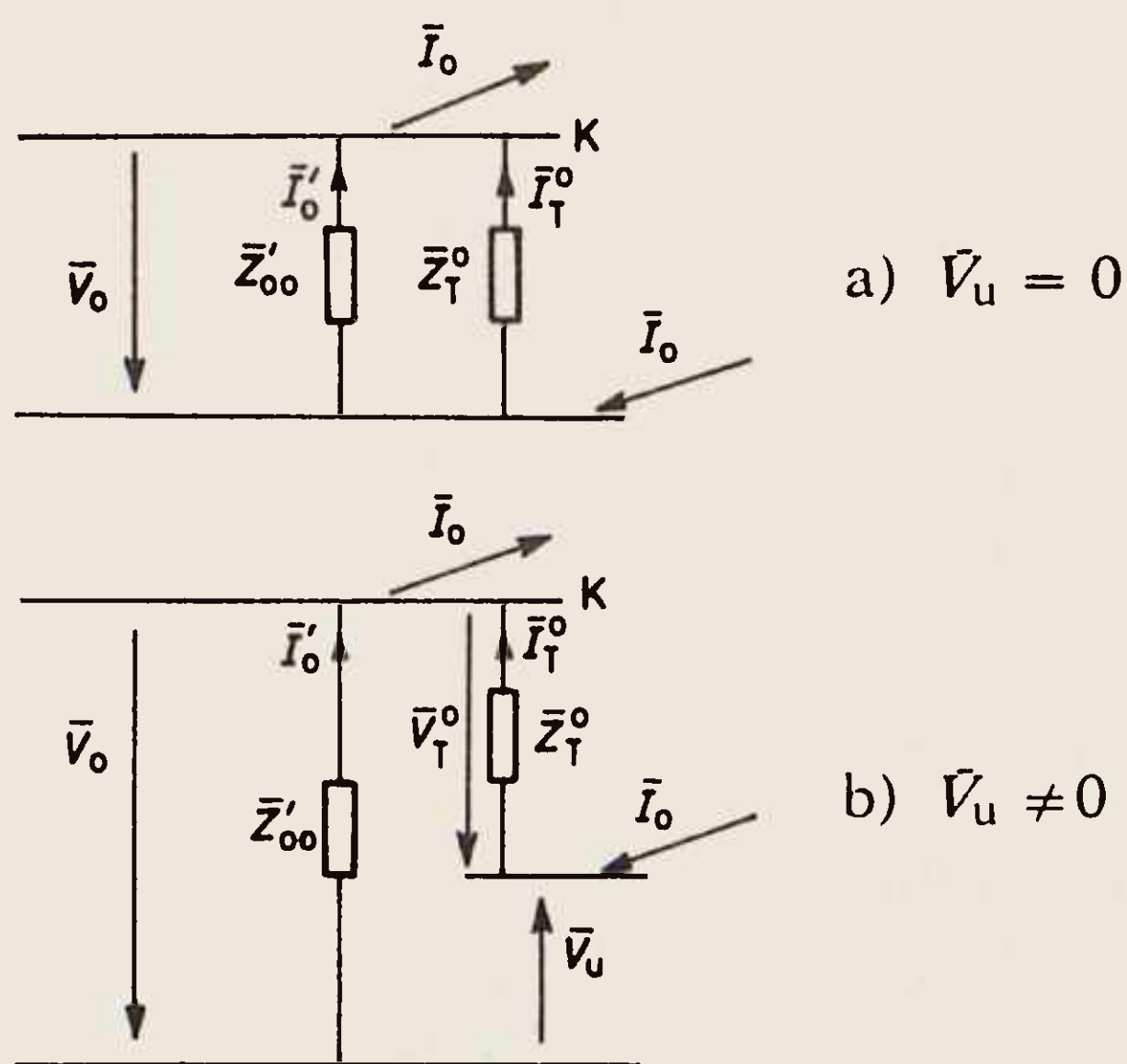
Kako faktor c_i ulazi u račun, a ne može se unaprijed izračunati, treba uključiti iterativni proces. Logično je u prvoj iteraciji pretpostaviti da je c_i jednako jedinici za svu dozemnu užad, što će u većini slučajeva zadovoljiti traženu točnost konačnog rezultata.

2. STRUJE TRANSFORMATORA

Promatramo transformatorsku stanicu pogodenu jednopolnim kratkim spojem. Interesantne su nam jedino struje namotaja na strani sabirnica u kratkom spoju, a i ove struje su gotovo zanemarive zbog relativno velike reaktancije transformatora.

Promjena zbog uzemljenja transformatorskog zvjezdišta nastaje jedino u nultom sistemu komponenata, i to između čvora K (mjesto kratkog spoja) nultog sistema i zemlje kada je otpor uzemljivača jednak nuli. Ako otpor uzemljivača ima neku vrijednost, onda se reaktancija nultog sistema transformatora po-

javljuje između čvora K nultog sistema i uzemljivača. Na sl. 2. prikazana su oba slučaja.



Slika 2. Nulti sistem nakon uzemljenja transformatora

Neka je $\bar{Z}_{oo}$ impedancija nultog sistema u klasičnom proračunu s uzemljenim transformatorom nulte impedancije $\bar{Z}_T^o$, a $\bar{Z}_{oo}'$ impedancija nultog sistema kada je zvjezdaste tog istog transformatora izolirano.

Obilazni napon petlje na sl. 2. b daje:

$$\bar{V}_o + \bar{V}_u = \bar{V}_T^o \quad (14a)$$

odnosno

$$\bar{I}_o' \bar{Z}_{oo}' + \bar{V}_u = \bar{Z}_T^o \bar{I}_T^o. \quad (b)$$

Suma struja u čvoru K nultog sistema iznosi:

$$\bar{I}_o' + \bar{I}_T^o - \bar{I}_o = 0. \quad (15)$$

Uvrstimo relaciju (15) u (14b) i sredimo

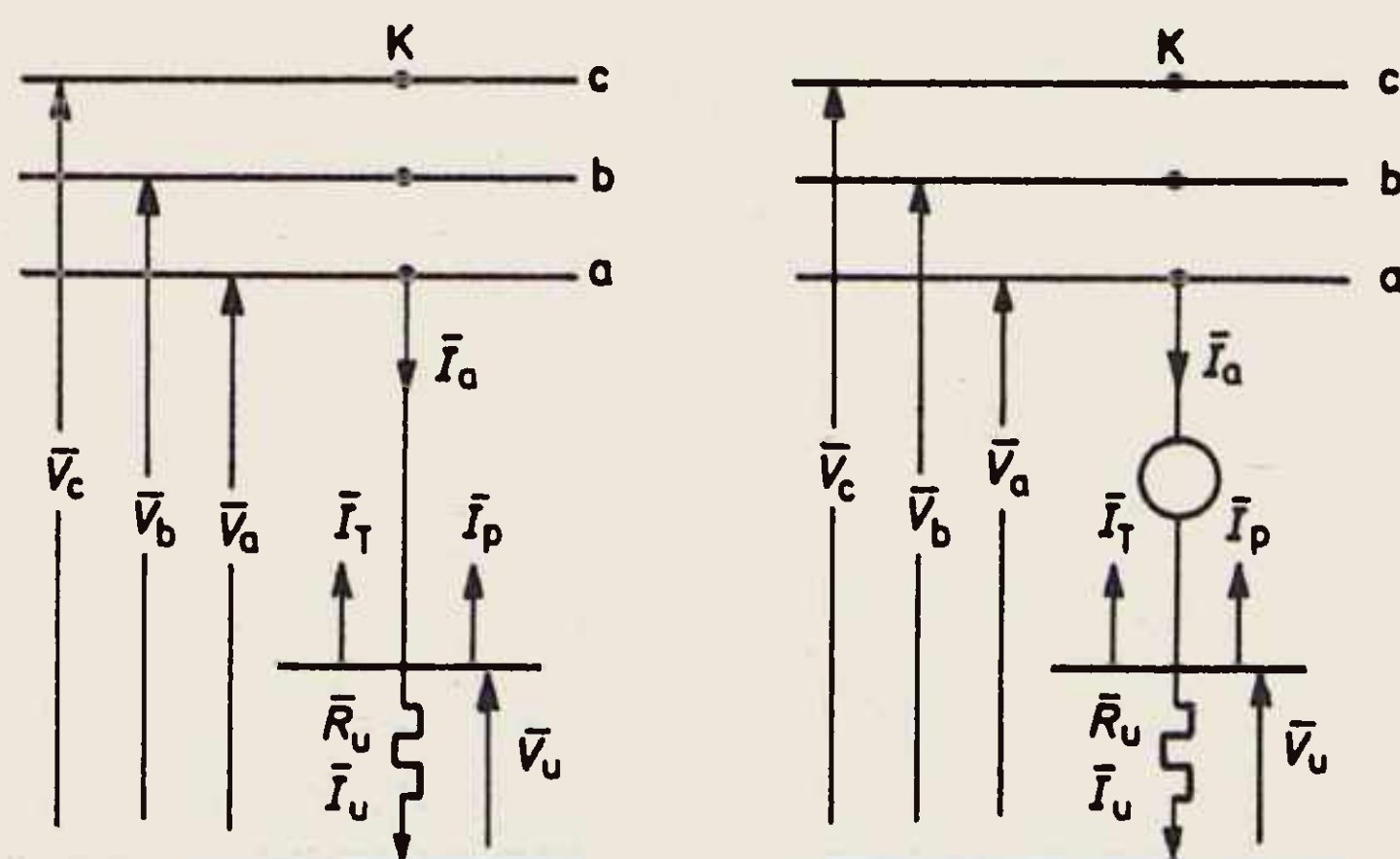
$$\bar{I}_T^o = \frac{\bar{I}_o \bar{Z}_{oo}' + \bar{V}_u}{\bar{Z}_T^o + \bar{Z}_{oo}'} \quad (16)$$

$$\bar{I}_T = 3\bar{I}_T^o. \quad (17)$$

3. MATEMATIČKI MODEL

Na sl. 3. nacrtana je trofazna shema mjesta kratkog spoja, i to realnog sistema na sl. 3. a i fiktivnog sistema na sl. 3. b.

Uvjeti na mjestu kratkog spoja fiktivnog sistema jesu:



a) realni sistem

b) fiktivni sistem

Slika 3. Mjesto jednopolnog kratkog spoja u mreži

$$\bar{V}_a + \bar{V}_{(n)} - \bar{V}_u = 0 \quad (18a)$$

$$\bar{I}_b = \bar{I}_c = 0 \quad (b)$$

$$\bar{I}_a = \bar{I}_p + \bar{I}_u + \bar{I}_l. \quad (c)$$

Relacije (18) izrazimo u simetričnim komponentama:

$$\bar{V}_o + \bar{V}_1 + \bar{V}_2 + \bar{V}_{(n)} - \bar{V}_u = 0 \quad (19a)$$

$$\bar{I}_o = \bar{I}_1 = \bar{I}_2 \quad (b)$$

$$\bar{I}_o + \bar{I}_1 + \bar{I}_2 = \bar{I}_p + \bar{I}_u + \bar{I}_l. \quad (c)$$

Uvrstimo (19b) u (19c) i uvažimo da je

$$\bar{I}_u \bar{R}_u = \bar{V}_u, \quad (20)$$

a za $\bar{I}_p$ i $\bar{I}_T$ koristimo izraze (11) i (17). Pri tome moramo voditi brigu o smjeru dozemnog užeta.

Pozitivni smjer struje dozemnog užeta u relacijama (1) do (13) ne poklapa se s pozitivnim smjerom na sl. 3, pa u relaciji (11) mijenjamo predznake. Uzmemo li dalje u obzir (13), dobit ćemo:

$$\Sigma \bar{T}_{pi} = \bar{V}_u \Sigma \frac{C_i}{\bar{Z}_{ppi}} + 3\bar{I}_o \Sigma \frac{\bar{Z}_{psi} \bar{F}_i}{\bar{Z}_{ppi}}. \quad (21)$$

Sada u relaciju (19c) uvrstimo izraze (16), (19b), (20) i (21) i sredimo. Rezultat je jednačba koja daje vezu između trostruke nulte komponente struje i napona uzemljivača na mjestu kvara.

$$3\bar{I}_o = \bar{V}_u \Sigma \frac{C_i}{\bar{Z}_{ppi}} + 3\bar{I}_o \Sigma \frac{\bar{Z}_{psi} \bar{F}_i}{\bar{Z}_{ppi}} + \frac{\bar{V}_u}{\bar{R}_u} + \frac{3\bar{I}_o \bar{Z}_{oo}'}{\bar{Z}_T^o + \bar{Z}_{oo}'} + \frac{3\bar{V}_u}{\bar{Z}_T^o + \bar{Z}_{oo}'} \quad (22)$$

odnosno

$$\begin{aligned} \bar{I}_o \left(1 - \Sigma \frac{\bar{Z}_{psi} \bar{F}_i}{\bar{Z}_{ppi}} - \frac{\bar{Z}_{oo}'}{\bar{Z}_T^o + \bar{Z}_{oo}'} \right) &= \\ &= \frac{1}{3} \bar{V}_u \left(\Sigma \frac{C_i}{\bar{Z}_{ppi}} + \frac{1}{\bar{R}_u} + \frac{3}{\bar{Z}_T^o + \bar{Z}_{oo}'} \right). \end{aligned} \quad (23)$$

Varijable u relaciji (23) su $\bar{I}_o$ i $\bar{V}_u$, pa možemo pisati

$$B \bar{I}_o = C \bar{V}_u. \quad (24)$$

Koristimo dalje relacije (19a) i (b). Prema sl. 2. b. možemo pisati

$$\bar{Z}_{oo}' \bar{I}_o' + (\bar{Z}_{11} + \bar{Z}_{22}) \bar{I}_o + \bar{V}_{(n)} - \bar{V}_u = 0. \quad (25)$$

Zbog relativno velike reaktancije transformatora dovoljno je točno ako u relaciji 25 umjesto sa $\bar{Z}_{oo}' \bar{I}_o'$ računamo sa $\bar{Z}_{oo} \bar{I}_o$. Uvedimo dalje da je

$$A = \bar{Z}_{oo} + \bar{Z}_{11} + \bar{Z}_{22}. \quad (26)$$

Relacija (25) sada glasi:

$$\bar{V}_{(n)} - \bar{V}_u = A \bar{I}_o. \quad (27)$$

Relacija (27) s relacijom (24) čini sistem od dvije jednačbe s dvije nepoznanice. Rješenje je ovih jednačbi

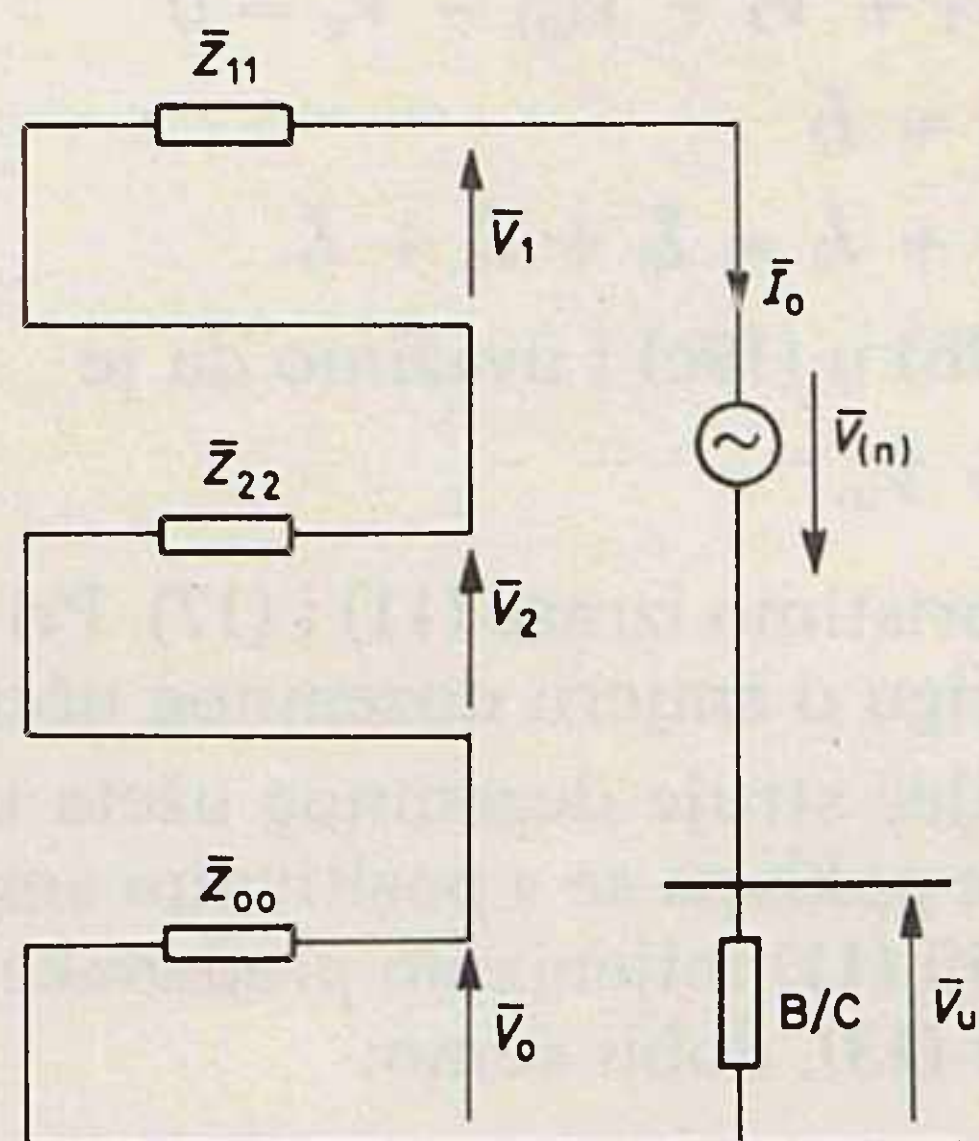
$$\bar{V}_u = \frac{B}{AC + B} \bar{V}_{(n)} \quad (28a)$$

$$\bar{I}_o = \frac{C}{AC + B} \bar{V}_{(n)}. \quad (b)$$

Relacija (28b) može se pisati

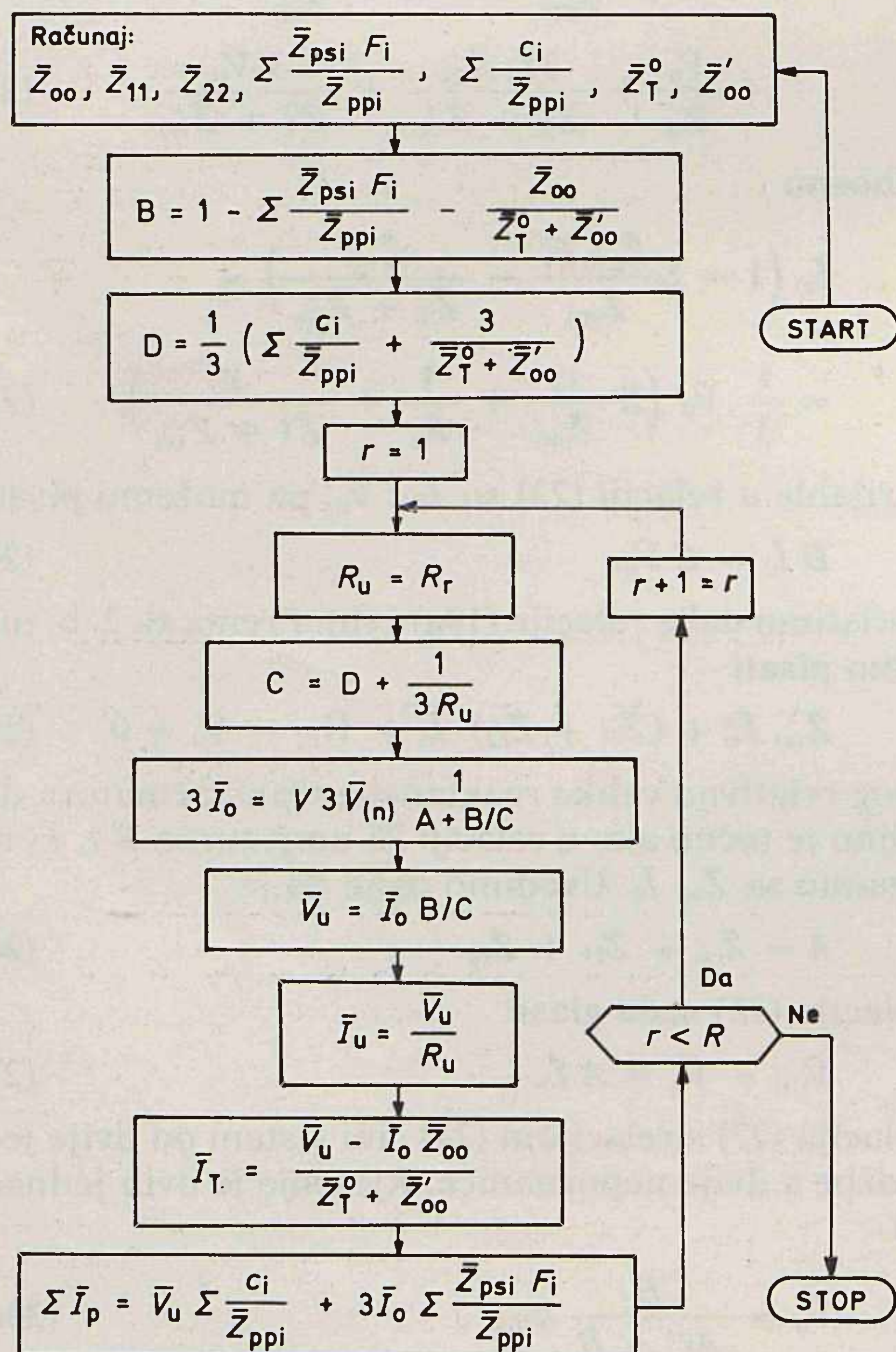
$$\bar{V}_{(n)} = (\bar{Z}_{00} + \bar{Z}_{11} + \bar{Z}_{22}) \bar{I}_0 + \frac{B}{C} \bar{I}_0 \quad (29)$$

i interpretirati na uobičajeni način, kako je to učinjeno sa sl. 4.



Slika 4. Sistemi komponenata prema relaciji (29)

U matematičkom modelu pojavljuje se fiktivna impedancija B/C . Kroz ovu impedanciju teče struja $\bar{I}_0$ i stvara pad napona $\bar{V}_u$. Blok-dijagram toka na sl. 5 zorno pokazuje kako teče proračun.



Slika 5. Blok-dijagram toka programa za proračun jednopolnog kratkog spoja kada je otpor uzemljivača različit od nule

4. PRIMJER

Jednopolni kratki spoj u TS Nerežišće izračunat je pod pretpostavkom da je otpor uzemljenja u svim stanicama i na svim stupovima jednak nuli. U tim uvjetima dobiveni su sljedeći rezultati:

$$\begin{aligned} \bar{Z}_{11} &= \bar{Z}_{22} = j \, 6,7135 \, \Omega \\ \bar{Z}_{00} &= j \, 10,021 \, \Omega \\ \bar{Z}'_{00} &= j \, 10,5192 \, \Omega \\ 3\bar{I}_0 &= 8,135 \, \text{kA} \end{aligned}$$

Nerežišće-Postira 1:

$$\begin{aligned} F_i &= 0,3506 \\ \bar{Z}_{ps} &= 0,4056 + j \, 2,8847 \, \Omega \\ \bar{Z}_{pp} &= 25,2542 + j \, 6,872 \, \Omega \end{aligned}$$

Nerežišće-Postira 2:

$$\begin{aligned} F_i &= 0,5024 \\ \bar{Z}_{ps} &= 0,4056 + j \, 2,9733 \, \Omega \\ \bar{Z}_{pp} &= 8,89905 + j \, 2,7872 \, \Omega \end{aligned}$$

Nerežišće-Slatina:

$$\begin{aligned} F_i &= 0,0891 \\ \bar{Z}_{ps} &= 0,2448 + j \, 1,7411 \, \Omega \\ \bar{Z}_{pp} &= 15,2421 + j \, 4,1476 \, \Omega \end{aligned}$$

Uzemljeni transformator u TS Nerežišća:

$$\bar{Z}_T^0 = 20,774 + j \, 211,583 \, \Omega.$$

Računamo veličine koje su zajedničke u svim prolazima.

$$\begin{aligned} A &= 2 \cdot j \, 6,7135 + j \, 10,021 = j \, 23,448 \, \Omega \\ \Sigma \frac{\bar{Z}_{psi} F_i}{\bar{Z}_{ppi}} &= 0,0881 + j \, 0,1914. \end{aligned}$$

Za sve $c_i = 1$

$$\begin{aligned} \Sigma \frac{1}{\bar{Z}_{ppi}} &= 0,2004 - j \, 0,0587 \, \text{S} \\ \frac{\bar{Z}'_{00}}{\bar{Z}_T^0 + \bar{Z}'_{00}} &= 0,0047 + j \, 0,0044 \\ \frac{3}{\bar{Z}_T^0 + \bar{Z}'_{00}} &= 0,001252 - j \, 0,01339 \, \text{S} \\ B &= 0,8649 - j \, 0,1958 \\ C &= 0,0672 - j \, 0,024 + \frac{1}{3 \bar{R}_u} \, \text{S} \end{aligned}$$

$$\bar{R}_u = 30 \, \Omega$$

$$\begin{aligned} C &= 0,0783 - j \, 0,024 \, \text{S} \\ B/C &= 10,798 + j \, 0,8091 \, \Omega \\ A + B/C &= 10,798 + j \, 24,2751 \, \Omega \\ 3\bar{I}_0 &= 2,9147 - j \, 6,5477 \, \text{kA} \\ \bar{V}_u &= 12,2569 - j \, 22,7813 \, \text{kA} \\ \bar{I}_u &= 0,4086 - j \, 0,7594 \, \text{kA} \\ \bar{I}_T &= -0,1239 - j \, 0,4875 \, \text{kA} \\ \Sigma \bar{I}_{pi} &= 2,629 - j \, 5,3039 \, \text{kA} \end{aligned}$$

$R_u = 20 \, \Omega$

$C = 0,0839 - j \, 0,024 \, S$
 $B/C = 10,1461 + j \, 0,5686 \, \Omega$
 $A + B/C = 10,1461 + j \, 24,0166 \, \Omega$
 $3 I_o = 2,8405 - j \, 6,7237 \, kA$
 $\bar{V}_u = 10,8808 - j \, 22,2015 \, kA$
 $I_u = 0,544 - j \, 1,1101 \, kA$
 $I_T = -0,1206 - j \, 0,477 \, kA$
 $\Sigma I_p = 2,4145 - j \, 5,1336 \, kA$

$R_u = 10 \, \Omega$

$C = 0,1005 = j \, 0,024 \, S$
 $B/C = 8,5818 + j \, 0,1011 \, \Omega$
 $A + B/C = 8,5818 + j \, 23,5941 \, \Omega$
 $3 I_o = 2,5996 - j \, 7,1336 \, kA$
 $\bar{V}_u = 7,6768 - j \, 20,3188 \, kA$
 $I_u = 0,7677 - j \, 2,0319 \, kA$
 $I_T = -0,1089 - j \, 0,452 \, kA$
 $\Sigma I_{pi} = 1,9401 - j \, 4,6534 \, kA$

$R_u = 5 \, \Omega$

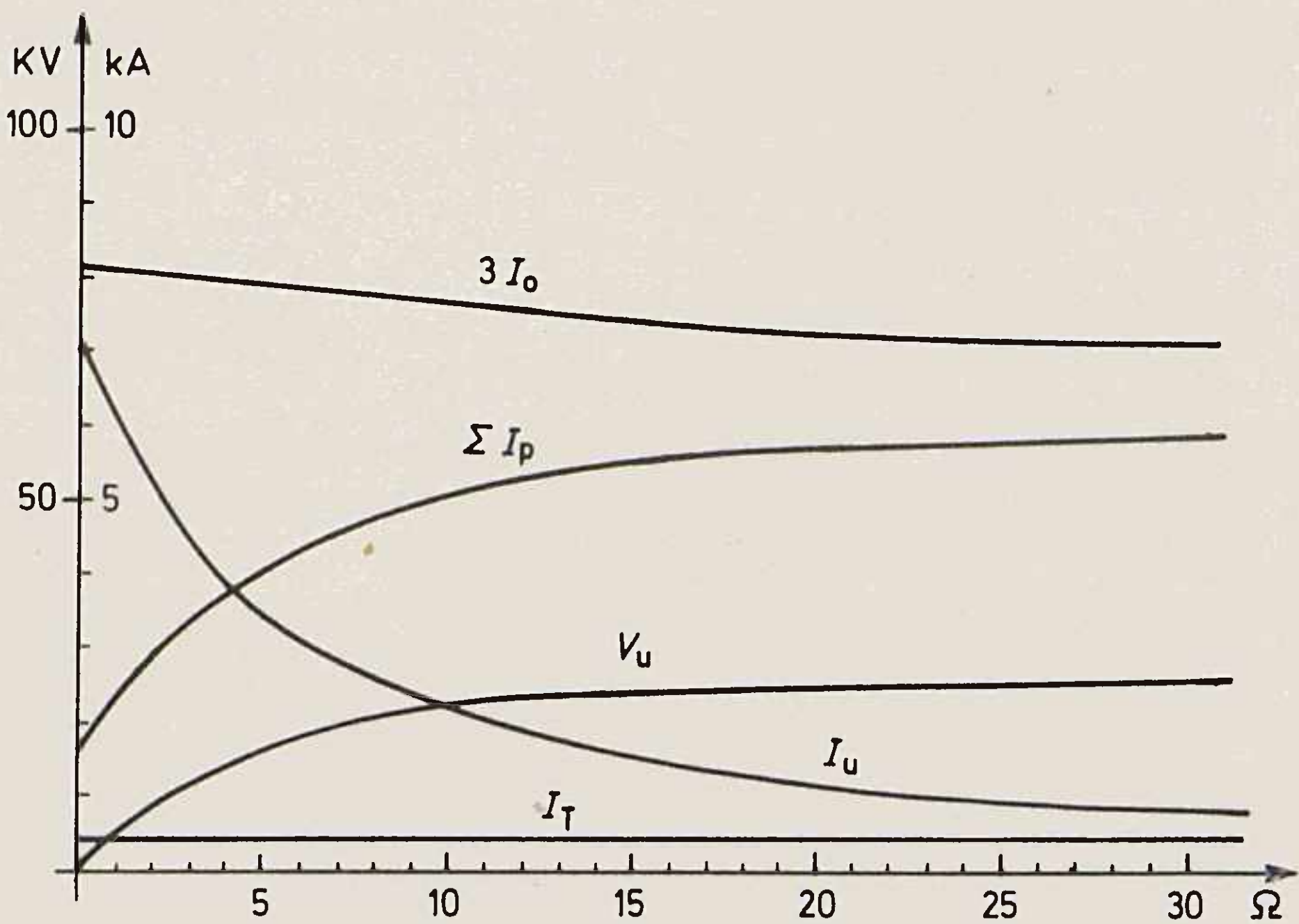
$C = 0,1339 - j \, 0,024 \, S$
 $B/C = 6,5122 - j \, 0,3951 \, \Omega$
 $A + B/C = 6,5122 + j \, 23,1529 \, \Omega$
 $3 I_o = 2,1423 - j \, 7,6167 \, kA$
 $\bar{V}_u = 3,9011 - j \, 16,7446 \, kA$
 $I_u = 0,78 - j \, 3,3489 \, kA$
 $I_t = -0,0851 - j \, 0,4218 \, kA$
 $\Sigma I_{pi} = 1,4455 - j \, 3,8456 \, kA$

$R_u = 0 \, \Omega$

$C = \infty \, S$
 $B/C = 0 \, \Omega$
 $A + B/C = j \, 23,448 \, \Omega$
 $3 I_o = -j \, 8,116 \, kA$
 $\bar{V}_u = 0$
 $I_u = 1,5962 - j \, 6,9997 \, kA$
 $I_t = 0,0392 - j \, 0,3996 \, kA$
 $\Sigma I_{pi} = 1,557 - j \, 0,7167 \, kA$

Rezultati u apsolutnim vrijednostima pokazani su u tablici i na sl. 6.

R_u	$3 I_o$ kA	$\bar{V}_u$ kV	I_u kA	I_t kA	I_p kA
30	7,12	25,91	0,894	0,503	5,9197
20	7,26	24,73	1,208	0,492	5,6731
10	7,66	21,71	2,154	0,4649	5,0416
5	7,88	17,15	3,396	0,4303	4,1083
0	8,12	0	7,179	0,4016	1,7497



Slika 6. Dijagram apsolutnih vrijednosti napona i struja u ovisnosti o otporu rasprostiranja uzemljivača

5. ZAKLJUČAK

Primjer jednopolnog kratkog spoja u TS Nerežišće pokazuje stabiliziranje apsolutnih vrijednosti električnih veličina kada je otpor rasprostiranja uzemljivača veći od 20 Ω, što znači da je dozemna užad uglavnom preuzela ulogu uzemljivača uzemljenog bez otpora u stanicama na suprotnom kraju. Zato istraživanja kroz daljnje računsko povećanje otpora uzemljenja u TS Nerežišće može biti interesantno samo u pitanju odnosa radnih i imaginarnih komponenata struja i napona. U tablici se nalaze mjerni otpori uzemljenja u transformatorskim stanicama gornjeg napona 110 kV na području Dalmacije

TS	Otpor uzemljenja Ω
1. Opuzen	0,029*
2. Vrboran	0,07*
3. Komolac	0,096
4. Kaštela	0,133
5. Dugi Rat	0,169
6. Zadar	0,165*
7. Trogir	0,217
8. Sinj	0,223
9. Meterize	0,265
10. Kraljevac	0,255*
11. Starigrad	0,337
12. Obrovac	0,45
13. Sučidar	0,49
14. Ston	0,93
15. Biograd	1,217
16. Knin	4,166

* Mjereno uz priključnu dozemnu užad vodova

Otpori uzemljenja kreću se u rasponu od 0,03 do 1,2 Ω s iznimkom u TS Knin. Otpori uzemljenja u TS Dugi Rat i TS Starigrad sa svojih 0,169, odnosno 0,337 Ω

su dovoljno niski u odnosu na otpore uzemljenja u TS Nerežišće s kojima se računalo, pa se provedeni račun može smatrati konačnim.

LITERATURA

- [1] M. OŽEGOVIĆ: »Raspodjela trostruke nulte komponente struje na zemlju, dozemnu užad i uzemljenja«, Energija, Zagreb, br. 5-6/80.
- [2] M. OŽEGOVIĆ: »Ispitivanje utjecaja dozemnog užeta i uzemljenja stupova na raspodjelu trostruke nulte komponente struje«, XV Savjetovanje CIGRE; 1981.

A MATHEMATICAL MODEL OF SINGLE LINE GROUND SHORT CIRCUIT IN THE CASE OF GROUNDING RESISTANCE DIFFERENT FROM ZERO

For the calculation of groundings in case of great grounding resistance, it is necessary to have exact input data than in case of classical calculation of one line short circuit. In the article is presented a mathematical model that is based on spread grounding resistance for grounding of earth wire and neutral point of transformers. It is presented a flow diagram and the model that is applied for a case of short circuit on one real TS.

MATHEMATISCHES MODELL DES EINPOLIGEN KURZSCHLUSSES WENN DER WIDERSTAND DER ERDUNG DER STATION ANDERS ALS NULL IST

Der hohe Widerstand der Erdung in manchen Transformator Station verlangt genauere Eingangsdaten für die Berechnung der Erder als jene sind, welche die klassi-

sche Berechnung des einpoligen Kurzschlusses verlangt. In dieser Arbeit wird das mathematische Modell angeboten, das in der beschädigten Station den Widerstand der Verbreitung des Erders beachtet über den die erdnahme Seile und die Sternpunkte der Transformatoren geerdet sind. Gezeigt wird das Diagramm des Verlaufes. Die Möglichkeiten des Modells sind am Beispiel des einpoligen Kurzschlusses in einer richtigen Transformator — Station untersucht worden.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОДНОПОЛЮСНОГО КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ, КОГДА СОПРОТИВЛЕНИЕ ЗАЗЕМЛЕНИЯ ПОДСТАНЦИИ НЕ РАВНО НУЛЮ

Высокое сопротивление некоторых трансформаторных подстанций требует более точные входящие данные для расчета заземлителей, чем поставляемых традиционным расчетом однополюсного короткого замыкания. В настоящей работе предложена математическая модель, учитывающая в данной подстанции сопротивление распространения заземлителей защитных тросов и нейтральной точки трансформатора. Представлен график тока, с возможности модели исследованы на примере однополюсного короткого замыкания в одной настоящей трансформаторной подстанции.

Naslov pisca:

prof. dr Marija Ožegović, dipl.
inž. Fakultet elektrotehnike,
strojarstva i brodogradnje
58000 Split, R. Boškovića bb,
Jugoslavija

Uredništvo primilo rukopis
1986-05-05



elektrolux-rijeka

ELEKTROTEHNIČKA RADNA ORGANIZACIJA
RIJEKA — ULICA ĐURE STRUGARA bb
TELEGRAM: ELEKTROLUX — TELEFON: 516-333
TELEX: 24374 YU ELUX

SVOJE POSLOVNE PARTNERE OBAVJEŠTAVAMO DA SMO SA »ELEKTROPRI-VREDOM« RIJEKA SKLOPILI UGOVOR NA MONTAŽI I POLAGANJU PODMOR-SKOG KABELA 110 kV NA LOKACIJI OSOR, POVEZIVANJE OTOKA CRES — LO-ŠINJ.

U ZAJEDNIČKOM PAKET-ARANŽMANU SUDJELUJU

- **I. K. S.** — SVETOZAREVO KAO PROIZVOĐAČ KABELA I KABELSKOG PRI-BORA
- **ELEKTROPROMET** — ZAGREB KAO VELETRGOVINA — ISPORUČILAC
- **ELEKTROLUX RIJEKA** KAO IZVOĐAČ RADOVA NA MONTAŽI I POLAGANJU KABELA

RO ELEKTROLUX

NUMERIČKA SIMULACIJA STRUJANJA NA TRASI DALEKOVODA

mr Alica Bajić, Zagreb

UDK 621.315.1

PRETHODNO PRIOPĆENJE

U radu je prikazana mogućnost primjene dijagnostičkog, jednorazinskog numeričkog mezomodela atmosfere u svrhu simulacije vjetra na pojedinim dijelovima trase dalekovoda. Usporedba izmjerenih i modelom proračunatih vrijednosti smjera i brzine vjetra u konkretnoj vremenskoj situaciji pokazala je da je razlika između spomenutih veličina neznatna.

Ključne riječi: smjer i brzina vjetra, numerički model atmosfere, dalekovod.

1. UVOD

Dalekovodi visokog napona, kao vrlo izduženi građevinski objekti, izloženi su dodatnim opterećenjima zbog neprekidnog djelovanja vjetra. Zbog toga je za potrebe njihova projektiranja, gradnje i eksploatacije nužno poznavati polje vjetra na području kojim prolazi takav jedan nadzemni električni vod. U tu svrhu se organiziraju specijalna mjerenja i ispitivanja, a prikupljeni podaci se uspoređuju s podacima vjetra na najbližim meteorološkim stanicama. Međutim, trasa dalekovoda je često duga više desetaka kilometara i prolazi kroz različita fizičko-geografska područja gdje je prostorna i vremenska varijabilnost smjera i brzine vjetra vrlo velika. To se naročito odnosi na orografski razvijena područja gdje je strujanje kanalizirano dolinama i planinskim prijevojima. Zbog toga specijalna mjerenja u nekoliko vremenskih situacija i mali broj stanica iz redovne meteorološke mreže s mjerenjima smjera i brzine vjetra, koje su ponekad zbog svoje lokacije nereprezentativne za procjenu polja vjetra na samoj trasi dalekovoda, ne mogu dati potrebnu informaciju o režimu strujanja na pojedinim dijelovima trase.

Ovaj se problem može riješiti pomoću numeričkih modela manjih razmjera koji kao rezultat daju polje vjetra na željenom broju točaka promatranog područja.

Cilj rada je da na jednom primjeru prikaže mogućnost primjene dijagnostičkog, jednorazinskog modela za simulaciju vjetra na anemografskom nivou (10 m nad tlom) u svrhu dobivanja boljeg uvida u režim strujanja na pojedinim dijelovima trase dalekovoda.

2. OPIS MODELA

Da bi primjena bilo kojeg numeričkog modela bila uspješna, potrebno je da on zadovoljava neke općenite uvjete kao što su:

- a) da eksplicitno uključuje teren; naime, ako na razvoj atmosferskih mezosistema i strujanje u najvećoj mjeri djeluju orografski efekti, uključivanje stvarne topografije već može doprinjeti prilično realnoj simulaciji strujanja u plitkom sloju uz tlo,
- b) da je neovisan o području na kojem se primjenjuje,
- c) da koristi raspoloživa meteorološka mjerenja,
- d) da je računski stabilan,
- e) da je ekonomičan, odnosno da računa komponente vjetra na velikom broju točaka u relativno kratkom računskom vremenu.

Sve te uvjete zadovoljava jednorazinski mezomodel s primitivnim jednadžbama u sigma koordinatnom sistemu $\sigma = p/p_s$ (p = tlak zraka, a p_s = tlak zraka pri tlu) koji će biti korišten u ovom radu i čiju je osnovnu dao Danard [1].

Osnovna je pretpostavka ovog modela da bitni fizikalni procesi imaju tendenciju suprotnim efektima u višoj i nižoj troposferi, tako da se izobarne visine smanjuju u donjoj, a rastu u gornjoj troposferi, dok srednja troposfera ne pokazuje bitne promjene. Zbog toga je potrebno definirati nultu razinu promjene tlaka, pa se pretpostavlja da na nekoj visini H polje tlaka u mezorazmjerima nije podložno efektima pri tlu. Ako je $p(H) = \text{konst.}$, iz hidrostatske jednadžbe slijedi da je prizemni tlak p_s dan relacijom koja prikazuje odnos vremenske promjene temperature, integrirane po visini, i prizemnog tlaka zraka:

$$\frac{\partial \ln p_s}{\partial T} = - \frac{g}{R} \int_0^H \frac{1}{T^2} \frac{\partial T}{\partial t} dz, \quad (1)$$

gdje je z visina iznad tla, g akceleracija sile teže, R plinska konstanta i T temperatura u apsolutnim stupnjevima.

Uz aproksimaciju, koja je točna samo u slučaju konstantnog tlaka, da je

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \frac{T}{\theta} \frac{\partial \theta}{\partial t}, \quad (2)$$

gdje je θ potencijalna temperatura dana sa

$$\theta = T \left(\frac{p_0}{p} \right)^k \quad (3)$$

(k je konstanta jednaka 0,286, a p_0 je referentni tlak za koji se obično uzima 1000 hPa), i zamjenom θ . T_s vrijednostima pri tlu θ_s T_s jednadžba (1) prelazi u

$$\frac{\partial \ln p_s}{\partial t} = - \frac{g}{R \theta_s T_s} \int_0^H \frac{\partial \theta}{\partial t} dz. \quad (4)$$

Prvi zakon termodinamike, uz zanemarivanje dijabatskog utjecaja, daje lokalnu promjenu θ_s

$$\frac{\partial \theta_s}{\partial t} = - \vec{V}_s \cdot \nabla \theta_s + K_t \nabla^2 \theta_s, \quad (5)$$

gdje je $\vec{V}_s$ prizemni vjetar, ∇ operator horizontalnog gradijenta pri tlu. K_t je koeficijent difuzije topline.

Lokalna promjena prizemnog vjetra $\vec{V}_s$ (vjetar na visini anemometra) dana je jednadžbom:

$$\frac{\partial \vec{V}_s}{\partial t} = \vec{V}_s \cdot \nabla \vec{V}_s + K_m \nabla^2 \vec{V}_s - (g \nabla z_s + R T_s \nabla \ln p_s) - f \vec{k} \times \vec{V}_s + \vec{F}, \quad (6)$$

gdje je K_m koeficijent difuzije momenta, z_s nadmorska visina terena, f Coriolisov parametar.

Prvi članovi u jednadžbama (5) i (6) su članovi advekcije θ_s i $\vec{V}_s$, drugi difuzije, treći član u jednadžbi (6) je horizontalna sila gradijenta tlaka u σ koordinatnom sistemu. Ostala dva izraza u jednadžbi (6) predstavljaju Coriolisovu silu i silu trenja ($\vec{F}$). Iako su jednadžbe (5) i (6) vremenski ovisne, integracijom u vremenu se jedino želi postići prilagođavanje podloge vjetra karakteristikama podloge u mezorazmjerima.

3. TOK RADA MODELA

Prethodno opisani model veoma je pogodan za primjenu jer je za njegov rad potreban mali broj lako dostupnih podataka. Početno stanje modela definiraju podaci o prizemnom geostrofičkom vjetru $\vec{V}_{gs}$ i geostrofičkom vjetru na 850 hPa $\vec{V}_{g85}$, te raspoloživi podaci u jednoj točki promatranog područja (referentnoj), i to: prizemni tlak p_s i gustoća zraka pri tlu ρ_s , temperatura T_{85} i dinamička visina Z_{85} plohe 850 hPa, te vertikalni gradijent temperature γ

$$\gamma = - \frac{\Delta T}{\Delta z}. \quad (7)$$

Podaci o geostrofičkom vjetru mogu se dobiti iz raspoloživih sinoptičkih karata ili numeričkih modela većih razmjera. Ovaj nam vjetar omogućava izračunavanje početnih polja dinamičke visine Z_{85} i temperature T_{85} plohe 850 hPa.

Budući da u referentnoj točki zadajemo i vertikalni gradijent temperature i pod pretpostavkom da je on konstantan na čitavom području primjene modela, određuje se prizemna temperatura zraka. Upotrebom hidrostatske jednadžbe i relacije (3) izračunava se prizemno polje tlaka p_s i potencijalne temperature θ_s .

Sljedeći korak u radu modela jest proračunavanje početnog polja vjetra pri tlu. Da bi se to moglo učiniti, potrebno je poznavati odnos brzina stvarnog i geostrofičkog vjetra pri tlu (r), kao i kut između vektora $\vec{V}_s$ i $\vec{V}_{gs}$ (ε). Naime, samo u slobodnoj atmosferi vjetar puše približno u pravcu izobara, tj. ima smjer geostrofičkog vjetra. U sloju trenja, tj. u sloju zraka koji struji neposredno iznad tla, osim sile gradijenta tlaka i Coriolisove sile javlja se i sila trenja koja uzrokuje odstupanje smjera stvarnog vjetra od smjera geostrofičkog vjetra (ε). To skretanje ovisi prvenstveno o prirodi podloge preko koje struji zrak.

Poznavajući, dakle, r i ε , određuje se uniformno početno polje vjetra pri tlu, odnosno smjer (φ) i iznos ($|\vec{V}_s|$) vektora vjetra koji je jednak u svim točkama promatranog područja.

Izračunavanje same sile trenja vrši se uz pretpostavku da je ona, u sloju u kojem djeluje, pod kutom $3\pi/4$ radijana desno od vektora vjetra. Prema Deardorffu [2] komponenta sile trenja $\vec{F}$ nasuprot vjetru jest $c C_d V_s^2/H$, gdje je $c = 2,8$ za stabilno stratificiranu atmosferu, a smanjuje se do 1,0 za ekstremno nestabilan zrak. Prema tome je sila trenja po iznosu jednaka:

$$\vec{F} = \sqrt{2} \ c C_d V_s^2/H. \quad (8)$$

C_d je koeficijent potezanja koji prema »teoriji sličnosti« [3] ovisi o brzini geostrofičkog vjetra i brzini trenja u_* .

$$C_d = \frac{u_*}{|\vec{V}_{gs}|} \quad (8a)$$

Uz pretpostavku da je gornja granica modela H nivo na kojem je vjetar geostrofički i da su difuzija topline i količine gibanja istog reda veličine, na osnovi teorije sličnosti može se izvesti relacija koja daje ovisnost koeficijenta difuzije K_m i K_t o visini H [4]:

$$K_m = K_t = \frac{f H^2}{2\pi} \quad (9)$$

Na taj način poznate su sve potrebne veličine u točkama mreže na promatranom području u početnom trenutku vremena t_0 , pa se prema jednadžbi (5) može izračunati lokalna promjena potencijalne temperature pri tlu, odnosno vrijednosti θ_s u sljedećem trenutku vremena t_1 , pri čemu je $t_1 = t_0 + \Delta t$, gdje je Δt vremenski korak računa.

Poznavajući θ_s u trenutku t_1 , izračuna se prema jednadžbi (4) vrijednost p_s u istom vremenskom trenutku. Tada su poznate sve veličine potrebne za izračunavanje komponenta brzine vjetra prema jednadžbi (6) u vremenu t_1 .

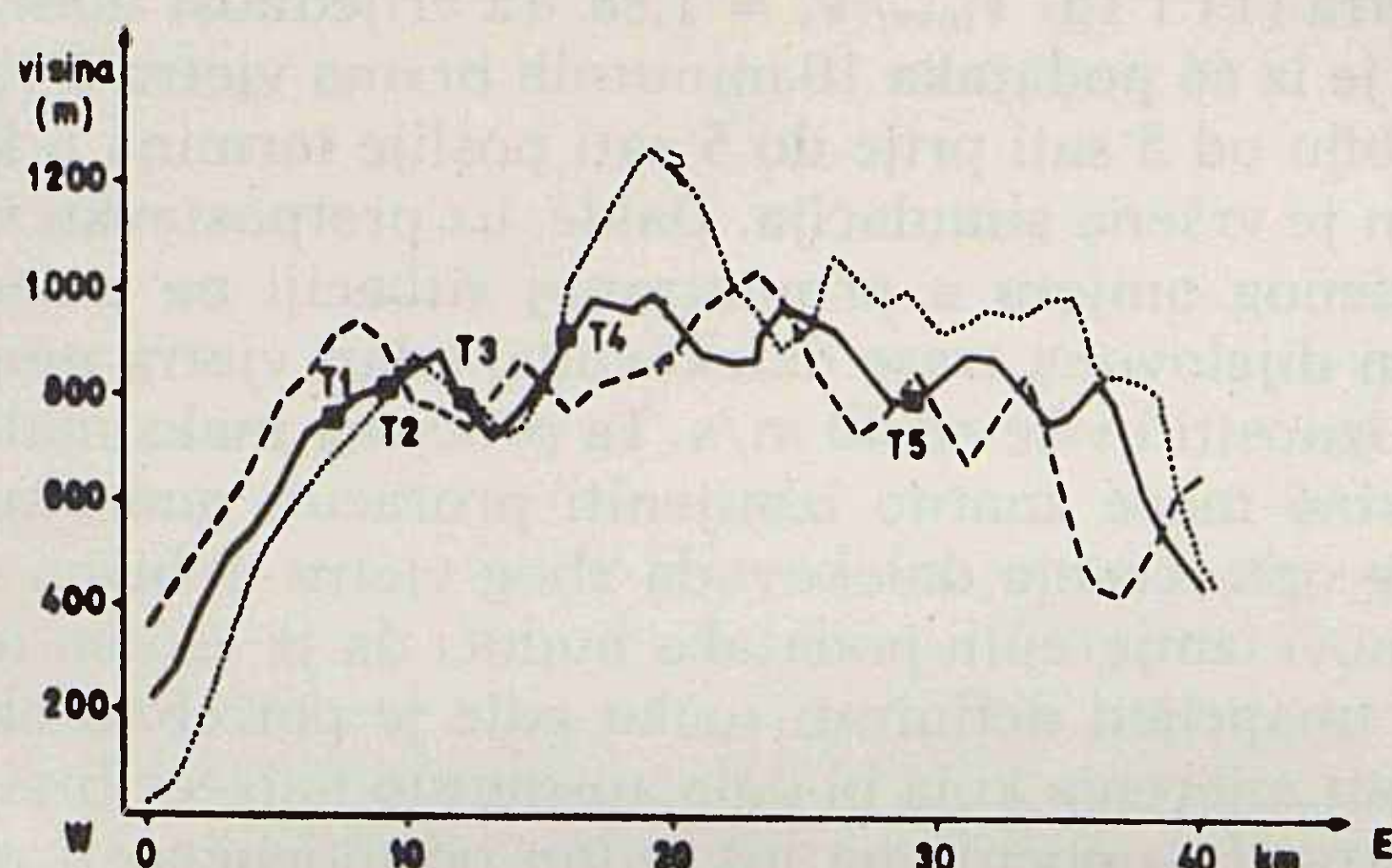
Sljedeći korak u radu modela jest račun polja θ_s , p_s i $\vec{V}_s$ u trenutku vremena $t_2 = t_0 + 2\Delta t$. Ovaj se postupak ponavlja sve dok se ne uspostavi ravnoteža između sila trenja, Coriolisove sile i sile gradijenta tlaka, tj. dok se polje vjetra ne prilagodi orografiji. Vrijeme prilagođavanja ovisno je o orografiji područja na kojem se prilagođavanje vrši i o početnim uvjetima. Međutim, sam proces prilagođavanja je brz i uglavnom nastupa u prvim nekoliko koraka.

Dakle, konačni rezultat prikazanog modela jest polje strujanja prilagođeno orografiji dobiveno na osnovi podataka iz samo jedne točke područja na kojem je simulacija provedena.

4. PRIMJENA MODELA I REZULTATI

Kao prvi korak u primjeni modela u svrhu dobivanja vjetra na pojedinim dijelovima neke trase dalekovoda potrebno je definirati područje računanja.

U ovom radu model je primijenjen na području koje obuhvaća 74×42 točke međusobno udaljene $\Delta x = \Delta y = 1$ km (2993 km²) u čijem se središtu nalazi trasa budućeg dalekovoda Meline–Vrbovsko. Dužina dalekovoda je 40 km, a profil kojim on prolazi prikazan je na sl. 1. Ovdje treba napomenuti da je realnu orografiju trebalo izgladiti kako bi se prilagodila modelu. Unatoč gladenju može se uočiti da trasa prolazi kroz orografski veoma razvijeno područje s visinskom razlikom 750 m između najviše i najniže točke. Visinska razlika na cijelom području od 2993 km² još je veća i iznosi 1370 m.



Slika 1. Profil terena duž pretpostavljene trase dalekovoda Meline – Vrbovsko (puna linija), 2 km sjeverno (isprekidana linija) i 2 km južno (točkasta linija) od trase. Sa T1 do T5 označene su točke na kojima su postojala mjerenja smjera i brzine vjetra

Na spomenutoj trasi dalekovoda postojala su profilna mjerenja smjera i brzine vjetra, što nam je omogućilo verifikaciju rezultata modela.

Poznato je da u situacijama kada je vjetar jak dolazi do naglog povećanja dodatnog opterećenja na stupovima i vodičima dalekovoda, a ako nisu projektom osigurane maksimalne vrijednosti opterećenja vjetrom, nastaju teška oštećenja. Zbog toga smo simulaciju strujanja proveli u vremenskoj situaciji koju je karakterizirao vjetar srednje desetminutne brzine veće od 10 m/s na čitavoj trasi, dok su maksimalni udari dosizali do 30 m/s. Kao referentna točka uzeta je točka T1 (Zlobin), gdje su izmjerene sljedeće veličine potrebne za rad modela: temperatura od $2,8^\circ$ C, vjetar brzine $V_s = 16,5$ m/s i NE smjera ($\varphi_s = 20^\circ$).

Iz raspoloživih sinoptičkih karata određene su vrijednosti geostrofičkog vjetra pri tlu $\bar{V}_{gs} = 70$ m/s, $\varphi_{gs} = 104^\circ$ i na gornjoj granici modela $V_{g85} = 22,8$ m/s, $\varphi_{g85} = 53^\circ$, te veličine $Z_{85} = 1494$ gpm i $T_{85} = 268,3$ K. Na osnovi podataka temperature iz-

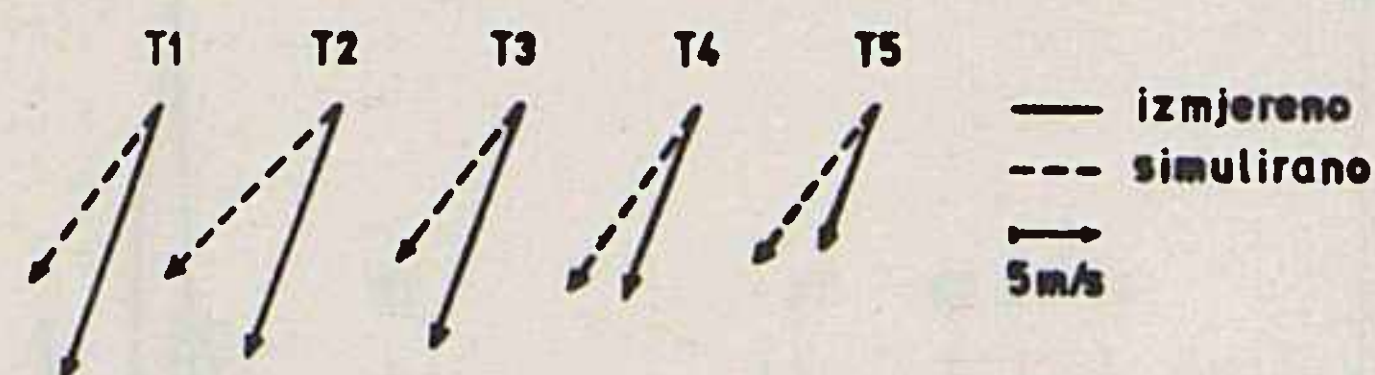
mjerenih na meteorološkim stanicama koje se nalaze na području primjene modela na različitim nadmorskim visinama definirana je promjena temperature s visinom, odnosno $\gamma = 1^\circ$ C/100 m. Ovakav vertikalni gradijent temperature označava neutralno stratificiranu atmosferu, što je u situacijama s jakim vjetrom realno jer su turbulentni procesi u sloju zraka od tla do 850 hPa u tim situacijama dovoljno jaki da ravnomjerno izmiješaju zrak u prvih 1500 m.

Kao visina gornje granice modela H uzeta je vrijednost standardne visine plohe 850 hPa od 1500 m. Ovakav H određuje prema jednadžbi (8) i (8a) veličine $K_t = K_m = 11$ m²/s i $C_d = 0,018$. Iz hidrostatske i opće plinske jednadžbe slijedi da je gustoća zraka pri tlu $\rho_s = 1,245$ kg/m³.

Odnos stvarnog i geostrofičkog vjetra pri tlu definira vrijednosti $r = 0,28$ i $\varepsilon = -70^\circ$.

Uz takva definirana početna polja vjetra orografiji trajalo je 31 vremenski korak od $\Delta t = 15$ s. Naime, razlika u srednjoj brzini vjetra na čitavom području primjene nakon 20-og i 30-og vremenskog koraka iznosila je svega $0,3$ m/s, što je 2% početne brzine vjetra. Trajanje vremenskog koraka od 15 s odabrano je tako da zadovolji zahtjev za numeričku stabilnost računa [5].

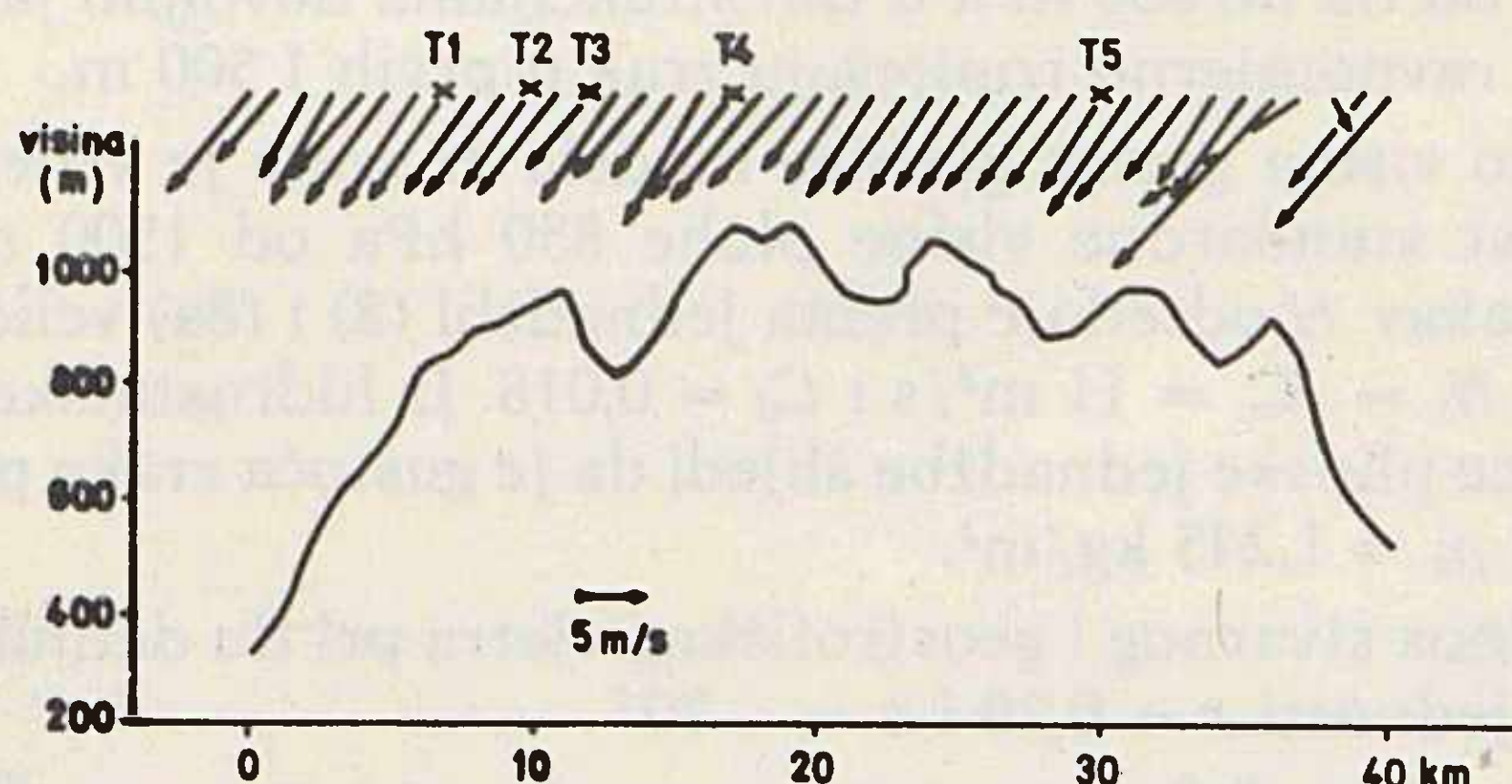
Na sl. 2. prikazani su vektori vjetra dobiveni modelom u usporedbi s izmjerenim vrijednostima. Uočava se nazatna razlika u smjeru koja za svih 5 točaka u prosjeku iznosi 17° . Što se tiče same brzine vjetra, možemo uočiti da je modelom dobivena brzina u prve tri točke mjerenja nešto manja od izmjerene, dok je u T_4 i T_5 obrnuto. Prosječna razlika između izmjerenog i proračunatog V_s u svih 5 točaka iznosi $2,8$ m/s, što je veoma zadovoljavajuće. Naime, Danard [1] je u svom radu usporedbom proračuna i mjerenih vrijednosti dobio razliku od $3,1$ m/s, što je smatrao veoma dobim jer se radi jednostavnim modelom koji uključuje veliki broj pretpostavki, čime se pojednostavljuje računski postupak. Rezultati primjene modela na drugim područjima i u različitim vremenskim situacijama s nešto slabijim vjetrom [6], [7], [8] pokazuju da je simulirano polje vjetra realno usprkos znatnim pojednostavljenjima.



Slika 2. Izmjereni i modelom simulirani vektori prizemnog vjetra u točkama mjerenja označenim na sl. 1.

Konačno dobiveno simulirano polje vjetra duž trase dalekovoda prikazano je na sl. 3. Kao što se može primijetiti, na pojedinim dijelovima trase početno (uniformno) polje vjetra znatno je modificirano. Načito velika razlika u smjeru i brzini vjetra uočava se nakon 35-og km trase gdje vjetar naglo jača dosižući brzinu od $21,5$ m/s, da bi već 2 km dalje oslabio na $3,6$ m/s promijenivši smjer na NW. Spomenuti jaki vjetar posljedica je velikog nagiba terena u smjeru N-S i W-E (sl. 1), što prema jednadžbi (6) pridonosi jačanju brzine vjetra.

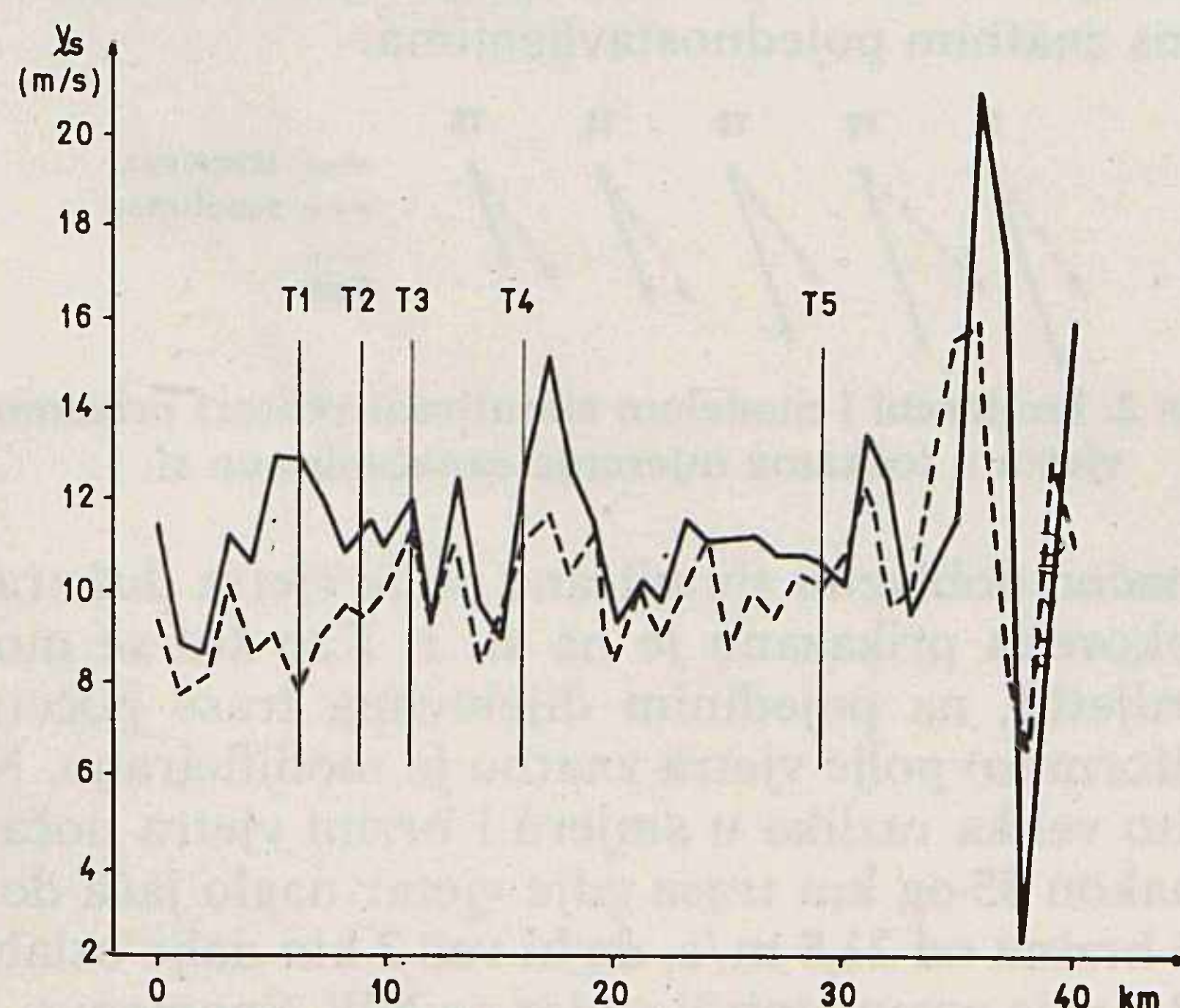
Promjena brzine vjetra duž trase prikazana je na sl. 3, gdje se bolje može uočiti varijabilnost V_s na pojedinim dijelovima trase. Kao što se sa spomenute slike vidi, u samim točkama mjerenja brzine vjetra nisu najveće. To znači da se na promatranoj trasi može očekivati i brzina vjetra od izmjerene, što je veoma važno znati pri projektiranju i gradnji dalekovoda.



Slika 3. Modelom simulirano polje prizemnog vjetra duž trase dalekovoda

Ako ne postoje mjerenja duž same trase, kao referentna točka za rad modela može se uzeti bilo koja točka na promatranom području na kojoj postoje mjerenja vjetra. Da bi se vidjelo u kojoj mjeri se brzina vjetra duž trase dalekovoda mijenja ako se promijeni referentna točka, napravljen je još jedan eksperiment u istoj vremenskoj situaciji. Ulazni podaci za rad modela izmjereni su na meteorološkoj stanici Omišalj, smještenoj oko 10 km južno od početne točke trase. Ti su podaci sljedeći: temperatura pri tlu $19,2^\circ$, vjetar pri tlu brzine 13,1 m/s i smjera $\varphi_{gs} = 54^\circ$. Uvjeti na gornjoj granici modela ostaju jednaki, kao i geostrofički vjetar pri tlu.

Nakon 31 koraka iteracije model daje simulirano polje brzine vjetra pri tlu prikazano na sl. 4. Uočava se da je profil brzine vjetra duž trase veoma sličan onom dobivenom onda kada je referentna točka bila na samoj trasi. Nešto manje vrijednosti brzine posljedica su manje početne brzine vjetra. Najveća razlika uočava se oko T1 što je vjerojatno posljedica manjeg



Slika 4. Profil brzine vjetra duž trase dalekovoda u slučaju kada je referentna točka na trasi (puna linija) i udaljena od trase (isprekidana linija)

nagiba terena u smjeru početnog vjetra. I ovaj eksperiment pokazuje da se najveća brzina dobiva na 36. km trase i da je ona ovdje veća nego u točkama mjerenja.

Dakle, kao rezultat modela dobili smo detaljnu sliku strujanja u danoj trasi i dalekovoda bez obzira na to da li raspolažemo s mjerenjima na samoj trasi.

Poznato je da se dalekovodi dimenzioniraju prema podacima o maksimalnom udaru vjetra. Ovdje prikazan model ne daje nam kao rezultat maksimalne udare vjetra, ali nam daje mogućnost indirektno procjene te veličine. Naime, uz pretpostavku da poznajemo, mahovitost vjetra (omjer između maksimalne brzine vjetra V_{max} i srednje brzine V_s) na području primjene, možemo na osnovi modelom dobivenih rezultata (V_s) u svakoj točki ocijeniti koliki bi mogao biti maksimalni udar vjetra. Tako, na primjer, u situacijama s velikom mahovitosti, kao u slučaju bure na Jadranu, maksimalna brzina vjetra V_{max} je 2 i više puta veća od srednje brzine V_s u promatranom vremenskom intervalu. Omjer između V_{max} i V_s u situaciji u kojoj je provedena simulacija vjetra iznosi u prosjeku na dvije točke s kontinuiranim mjerenjima brzine vjetra (T1 i T5) $V_{max}/V_s = 1,88$. Ta vrijednost dobivena je iz 66 podataka 10-minutnih brzina vjetra u razdoblju od 5 sati prije do 5 sati poslije termina u kojem je vršena simulacija. Dakle, uz pretpostavku navedenog omjera u promatranoj situaciji na pojedinim dijelovima trase dalekovoda, udari vjetra mogli su iznositi i više od 40 m/s. Ta procjena maksimalne brzine može znatno izmijeniti proračun maksimalnog opterećenja dalekovoda zbog vjetra dobiven na osnovi izmjerenih podataka budući da je veoma teško unaprijed definirati točku gdje je potrebno obavljati mjerenja koja bi dala apsolutno najveće brzine vjetra. To upućuje na još jednu od mogućnosti primjene prikazanog modela. Naime, prije nego se uopće postavi anemograf, na osnovi modelom simuliranog polja vjetra na širem području eventualne trase dalekovoda mogla bi se izdvojiti točka za najoptimalnije mjerenje vjetra.

5. ZAKLJUČAK

Simulacija strujanja na trasi dalekovoda Meline – Vrbovsko u orografski razvijenom području jednorazinskim mezomodelom u situaciji s jakim NE vjetrom pokazala je da se na pojedinim dijelovima trase mogu očekivati bitno različite brzine i smjerovi vjetra. Pokazano je da se prostorna varijabilnost ovog meteorološkog elementa ne može dovoljno dobro upoznati samo mjerenjima na nekoliko lokacija duž trase. Opisani model nam omogućuje da dobijemo podatke o jačini i smjeru vjetra na proizvoljnom broju točaka na osnovi podataka samo jedne stanice s mjerenjima, koja se ne mora nalaziti na samoj trasi, te raspoloživih sinoptičkih karata. Usporedba proračunatih i izmjerenih podataka na 5 točaka duž same trase dalekovoda pokazala je da su dobiveni rezultati u promatranoj situaciji realni i da se ne razlikuju bitno od izmjerenih.

Dakle, na osnovi prikazanih rezultata može se zaključiti da je dani model primjenjiv u orografski razvijenim područjima u vremenskim situacijama s vrlo jakim vjetrom. Da bi se moglo zaključiti u kojoj mjeri su rezultati modela zadovoljavajući na drugim područjima i u vremenskim situacijama sa slabijim vjetrom i drugačijom vertikalnom stratifikacijom atmosfere, potrebno bi bilo izvršiti dodatne simulacije strujanja i verifikacije dobivenih rezultata.

LITERATURA

- [1] DANARD, M., 1977: »A simple model for mesoscale effects of topography on surface winds«, Mon. Wea. Rev., 105, 572-581.
- [2] DEARDORFF, J. W., 1972: »Parametrization of the planetary boundary layer models«, Mon. Wea. Rev. 100, 93 – 106.
- [3] YAMADA, Z., 1976: »On the similarity functions A, B and C of the planetary boundary layer«, J. Atmos. Sci. 33, 781 – 793.
- [4] BAJIĆ, A., 1984: »Strujanje u gornjem dijelu doline Save prema modelu Wippermanna«, Razprave 28 (1) Ljubljana, 1 – 46.
- [5] HALTINER, G. J. i R. T. WILLIAMS, 1980: »Numerical prediction and dynamic meteorology«, Second. Ed., John Wiley and Sons. 477 pp.
- [6] JURČEC V. i A. BAJIĆ, 1982: »Simulacija bure i juga mezo-modelom«, Zbornik radova sa IV znanstvenog skupa »Proračunavanje i projektiranje pomoću računala«, Stubičke Toplice 22 – 23. 11. 1982., 539 – 544.
- [7] JURČEC V. i A. BAJIĆ, 1985: »Effects of topography on velocity distribution in the atmospheric boundary layer«, Zbornik radova sa XII međunarodne konferencije za Karpatsku meteorologiju, Beograd 1 – 5. 10. 1985. 50 – 53.
- [8] BAJIĆ, A. i V. JURČEC, 1985: »Proračun trajektorija zračnih čestica«, Zbornik radova s VII znanstvenog skupa »Projektiranje i proizvodnja podržani računalom«, Zagreb, 16 – 17. 10. 1985. 341-347.

NUMERICAL SIMULATION OF THE WINDS ON THE LOCATION OF OVERHEAD LINES

In the article is presented an application of numerical simulation model for atmospheric conditions on some locations of overhead lines. The comparison between measured and calculated values for direction and intensity of winds presents negligible differences.

NUMERISCHE SIMULATION DER STRÖMUNGEN AUF DER FERNLEITUNGSTRASSE

In der Arbeit ist die Möglichkeit der Anwendung des diagnostischen, numerischen Ein-Niveau Mezzo-modells der Atmosphäre zum Zweck der Windsimulation auf einzelnen Teilen der Fernleitungstrasse geschildert worden.

Der Vergleich gemessener und durch das Modell berechneten Werte der Richtung und Windgeschwindigkeit in einer konkreten Wetterlage zeigte, daß der Unterschied zwischen den erwähnten Größen unbedeutend ist.

ЧИСЛЕННАЯ СИМУЛЯЦИЯ ТЕЧЕНИЯ НА ТРАССЕ ЛИНИИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

В работе показана возможность применения диагностической, одноуровневой численной мезомодели атмосферы в целях симуляции ветра на отдельных участках трассы ЛЭП. Сопоставление измеренных и моделью вычисленных значений направления и скорости ветра в конкретном состоянии погоды показало, что незначительно различие упомянутых значений.

Naslov pisca:

mr Alica Bajić
Republički hidrometeorološki
zavod SR Hrvatske
Centar za meteorološka
istraživanja
41000 Zagreb, Grič 3
Jugoslavija

Uredništvo primilo rukopis
1986 – 07 – 25



ĐURO ĐAKOVIĆ

SLAVONSKI BROD — JUGOSLAVIJA

TELEFON: (055) 231-011

TELEX: 28521 YU LOKOM

PROIZVODNI PROGRAM SOUR-a

Kompletna industrijska postrojenja — šećerane, cementare, krečane, ekspandirana glina.

Oprema i uređaji za procesnu industriju.

Postrojenja za prehrambenu industriju.

Oprema za petrokemiju i pridobivanje nafte.

Oprema za rudarstvo i metalurška postrojenja.

Kolovska i energetska postrojenja i oprema za nuklearne elektrane.

Uređaji za prečišćavanje zraka, vode i dimnih plinova.

Kompletne prenosne i kontejnerske kotlovnice.

Cjevovodi svih namjena i kompenzatori za cjevovode.

Mostne, portalne i auto-dizalice.

Bočni i čeonni viličari i uređaju diskontinuiranog i kontinuiranog transporta.

Lokomotive-dizel s električnim, hidrauličnim i mehaničkim prijenosom snage.

Vagoni.

Motorni vlakovi.

Tramvajska motorna kola i prikolice.

Poljoprivredni strojevi.

Građevinski strojevi — vibracioni valjci i motorni utovarivači, točkaši, bageri.

Mehanički i hidrostatski prenosnici snage, pumpe i razvodnici.

Bešavne čelične boce.

Sve vrste i tipovi ventila.

Butan-propan boce od 10 kg.

Kamp oprema.

Sve vrste i tipovi priključaka za butan-propan.

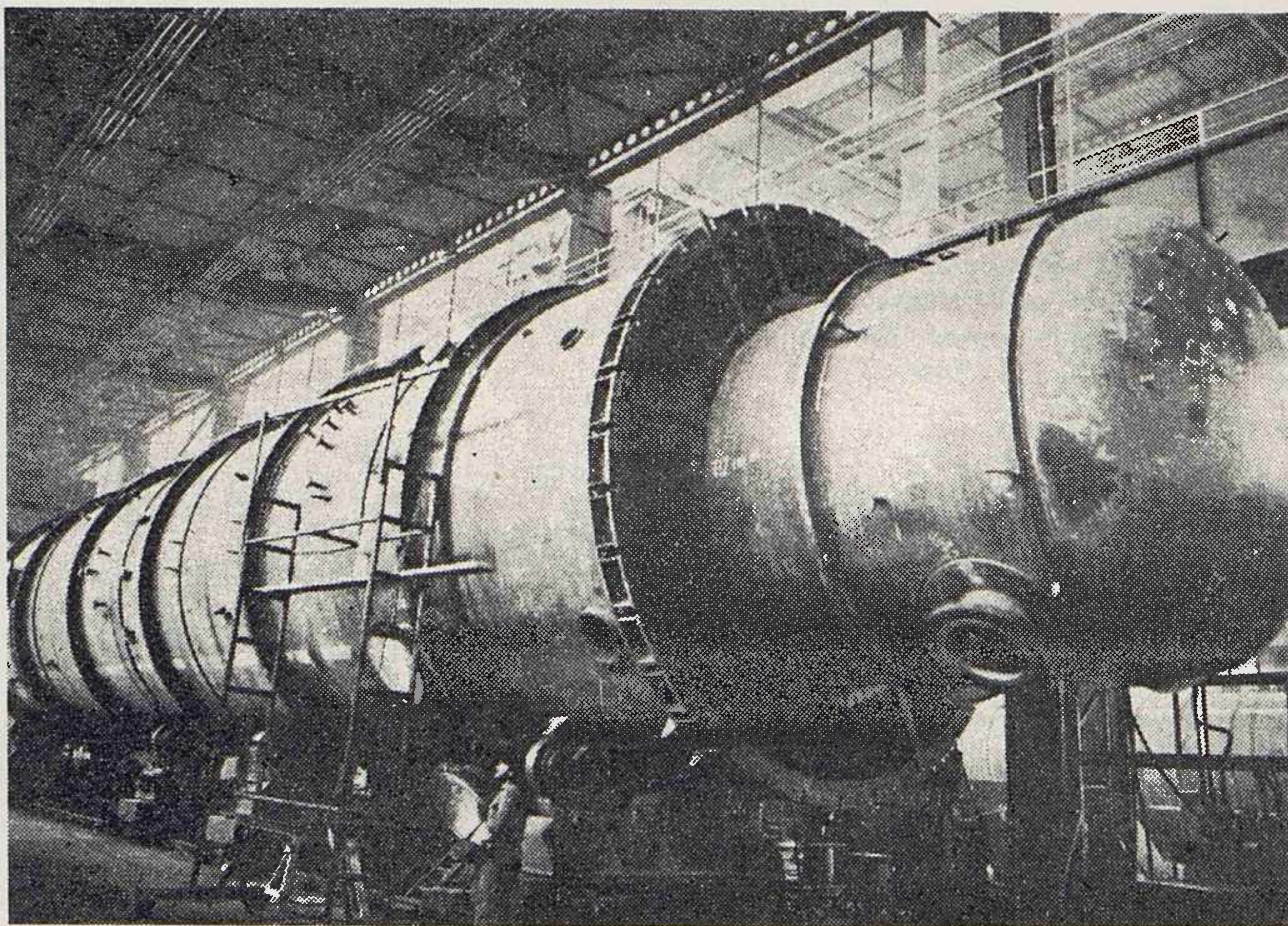
Ronilačka oprema.

Dišni aparati za zatrovane prostore.

Stabilni protupožarni uređaji.

Uređaji za plinsko zavarivanje, lemljenje i rezanje.

Baterije boca za različite plinove i svrhe.



RO PROIZVODNJA ENERGETSKIH POSTROJENJA

PROIZVODNI PROGRAM:

Industrijski kotlovi i kotlovi za toplane

Strmocijevni kotlovi

Kutnocijevni kotlovi (parni i vrelovodni)

Paketni kotlovi loženi krutim gorivom — ugljenom

Integral (paketni) kotlovi loženi tekućim i plinovitim gorivom

Steambloc kotlovi (parni i vrelovodni)

Kotlovi C-12 za centralna grijanja

Kotlovi i oprema za potrebe elektroprivrede

Visokotlačni kotlovi i dijelovi kotlova za TE

Ložišni uređaji za plin, ulje i ugljen

Regenerativni zagrijači zraka (LJUNGSTROEM), uređaji za odšljakivanje i ostala pomoćna oprema za konvencionalne i nuklearne elektrane

Brodski pogonski i pomoćni kotlovi

Kotlovi za iskorištenje otpadne topline

Kotlovi za spaljivanje gradskog i industrijskog otpada

Kotlovi za spaljivanje drveta i drvnog otpada

Uređaji za kemijsku i termičku pripremu napojne vode

Uređaji za pripremu tehnološke vode

Pomoćni uređaji za industrijske kotlovnice

Uređaji za pripremu otpadnih voda

PRAVILNO ODRŽAVANJE ZRAČNIH DISTRIBUTIVNIH MREŽA KAO MJERA ZAŠTITE OD POŽARA

Josip Moser, Zagreb

UDK 621.316.1

STRUČNI RAD

Jedan od uzroka nastanka velikih šumskih požara jesu kvarovi na zračnoj distributivnoj mreži raznih naponskih nivoa. Autor analizira novi pravilnik o održavanju distributivnih postrojenja ZEON i ukazuje na mjere sprečavanja nastanka šumskih požara pravilnim održavanjem postrojenja.

Ključne riječi: distributivna mreža, održavanje, šumski požar.

1. OPĆENITO O DISTRIBUTIVNIM MREŽAMA

Distributivne mreže raznih naponskih nivoa dio su elektroenergetskog sistema za proizvodnju, prijenos i razdiobu električne energije potrošačima. Najrasprostranjeniji dio tog sistema su radjelne-distributivne mreže. Tako je u 1983. god. u SR Hrvatskoj bilo:

Mreže 35 kV	4 653,9 km
Zračne 35 kV	4 041,2 km
Mreže 10(20) kV	25 695,9 km
Zračne 10(20) kV	21 591,5 km
Mreže 0,4 kV	48 502,7 km
Zračne 0,4 kV	41 495,8 km
TS 10(20)/0,4 kV	17 291 komada.

Budući da nas zanima posebno područje koje je izuzetno izloženo ljetnim šumskim požarima, to ćemo posebno analizirati mrežu na području radnih organizacija distribucije Pula, Rijeka i Split, odnosno, područje Istre, Hrvatskog primorja, Gorskog kotara, sjevernodalmatinskih otoka, Dalmacije od Zadra do Metkovića, Dalmatinske zagore, Dubrovačkog primorja i južnodalmatinskih otoka. Cijelo ovo područje ima sljedeći opseg distributivne mreže:

Mreže 35 kV	1 916,3 km
Zračne 35 kV	1 636,0 km
Mreže 10(20) kV	9 179,0 km
Zračne 10(20)kV	7 482,9 km
Mreže 0,4 kV	17 156,0 km
Zračne 0,4	13 434,2 km
TS 10(20)/0.4 kV	6 378 komada.

Budući da su u gornje vrijednosti uvrštene i mreže koje se nalaze u gradovima na promatranom području, to moramo procijeniti koliko je mreže izvan gradskih areala, odnosno u zoni opasnosti od požara. Gruba procjena kaže da se radi o oko 60 % gornjih vrijednosti, te možemo zaključiti da je u požarima ugroženom području oko

Zračnih vodova 35 kV	1 000 km
Zračne mreže 10(20) kV	4 500 km
Zračne mreže 0,4 kV	8 000 km
TS 10(20)/0,4 kV	3 800 komada.

Radi se, dakle, o oko 25 % ukupne duljine 35 kV zračne mreže u SRH, o oko 20 % ukupne duljine 10(20) i 0,4 kV mreže u SRH i oko 22 % ukupnog broja stanica 10(20)/0.4 u SRH. Radi se ujedno i o velikim vrijednostima osnovnih sredstava koja su izložena mogućim oštećenjima zbog požara, ali isto tako i o velikoj masi mogućih uzročnika požara koji mogu nastati zbog kvarova na tim postrojenjima.

Oštećenja od požara nastalih od drugih uzročnika teško možemo spriječiti. Požare koji mogu nastati zbog kvarova na distributivnim postrojenjima možemo spriječiti tako da smanjimo mogućnost nastanka kvara, a to postizemo pravilnim održavanjem distributivnih postrojenja.

2. OPĆENITO O ODRŽAVANJU POSTROJENJA

Održavanje elektrodistributivnih objekata i postrojenja u širem smislu obuhvaća sve radnje nužne za utvrđivanje njihova stanja i pogonske sposobnosti, te sve radnje nužne da se održi tehnički funkcionalno stanje. Zato razlikujemo radove redovnih održavanja, koji se provode po određenom planu i radove izvanrednih održavanja, koje treba izvršiti hitno zbog izuzetno pogoršanih uvjeta rada. Zato razlikujemo sljedeće osnovne pojmove skupa radnih operacija:

- A — kod redovnog održavanja
 - pregled
 - održavanje (u užem smislu)
 - remont
- B — Kod izvanrednog održavanja
 - izvanredni pregled i
 - hitne intervencije.
- C — Mjerenje i ispitivanje.

Sva mjerenja i ispitivanja sastavni su dio radnji kod redovnog i izvanrednog održavanja i uključene su u radne operacije pregleda i održavanja postrojenja.

Pregled je periodični obilazak postrojenja. Stanje postrojenja provjerava se isključivo promatranjem jer su postrojenja u pogonu i pod naponom. Izuzetno se može, ako to situacija dozvoljava, obavljati pregled i u beznaponskom stanju.

Održavanje postrojenja jest rad na elektroenergetskim postrojenjima. Vršiti se na samom mjestu gdje se postrojenja nalaze ili u specijaliziranim radionicama. Svrha je održavanje da se određenim manjim popravcima ili zamjenama dotrajalih dijelova te određenim mjerenjima i ispitivanjima održi postrojenje u tehnički funkcionalnom i ispravnom stanju. Ovi radovi se izvode isključivo u beznaponskom stanju.

3. PREGLED NADZEMNIH VODOVA

Prema pravilniku o održavanju elektrodistributivnih postrojenja (lit. 1 i 2) veoma veliko značenje pridaje se pregledu postrojenja. Kod nadzemnih vodova pravilno izveden pregled postrojenja pridonosi vrlo mnogo smanjenju nastanka kvara. Ukratko ćemo ovdje navesti osnovne radnje potrebne za pravilan pregled nadzemnih vodova.

Pregledom nadzemnih vodova na drvenim stupovima provjeravaju se ispravnosti drvenih stupova, stanje truljenja stupa, bandaže stupa, nagnutosti stupa, vanjska oštećenja (naprsline, udar vozila, štete od insekata), slijeganje i klizanje terena, potkopavanje temelja slično. Ako je drveni stup na betonskim nogama, treba još pregledati obujmice i matice koje učvršćuju drveni i betonski dio stupa te promotriti vanjska oštećenja betonskih nogara. Pregledom armiranobetonskih stupova provjeravaju se i promatraju vidljiva oštećenja (naprsline ili otpadanje betona, udar vozila), nagnutost stupa, promatranje armiranobetonskih ili željeznih konzola (nakrivljenost, naprsline, korodiranost, nabreklost povezivanja s uzemljenjem) i slično.

Pregled čeličnoretkastih obuhvaća promatranje oštećenja stupa (iskrivljene i nedostajuće stranice i kosnici, oštećenje vijaka i zakivaka, napukline varova), korodiranost stupa i konzole, pregled temelja, pregled konzola, stanju nagnutosti i savijanja stupa i drugo. Svi pregledi stupova moraju se izvršiti jednom godišnje.

Vrlo važan dio pregleda jest kontrola ispravnosti vodiča i zaštitnog užeta. To se obavlja promatranjem strujnih mostova, stezaljki i spojnica dalekozorom, zatim pregled vanjskih oštećenja vodiča i zaštitnog užeta dalekozorom (uočavanje tragova kratkih spojeva i mehaničkih oštećenja), pregled provjesa vodiča (povećanje provjesa zbog termičkog preopterećenja ili zbog dodatnog opterećenja. Dalekozorom također treba pregledati učvršćenje vodiča i zateznog užeta u nosivim zateznim i strujnim stezaljkama, te vezova na podupornim izolatorima. Za sve napone potrebno

je sve zračne vodove pregledavati dva puta godišnje obilaskom svakog voda i kontrolom pomoću dalekozora. Za zračne vodove u požarom ugroženim područjima preporuča se da jedna kontrola bude u proljetnim mjesecima.

Istodobno s ispravnosti vodiča treba provjeriti dalekozorom i ispravnost izolatora i izolatorskih lanaca, njihova ovjesnog materijala, odstojnika, rogova i podupora. Taj se pregled obavlja također dva puta godišnje.

Kako se u priobalnom pojasu izolatori nalaze izloženi intenzivnom aeroxagađivanju (zasoljavanju) te ih treba štiti premazom silikonskih soli, pomoću dalekozora treba kontrolirati efikasnost tih masti.

Pregled mora obuhvatiti i sve uređaje koji se nalaze u sklopu nadzemnih vodova, sve linijske rastavljače, učinske sklopke i drugo. Posebnu pažnju treba pokloniti pregledu trasa nadzemnih vodova, papregledom treba dva puta godišnje utvrditi da li su nastale promjene u blizini ili na samoj trasi voda (nova križanja, novi prijelazi, približavanja, podgrađivanja, nadgrađivanja, nova izgradnja ili dogradnja), da li se u blizini ili na samoj trasi vrše neki radovi ili kakva miniranja. Treba posebno obratiti pozornost na prohodnost trase, zaraslost granja ili raslinja na trasi. Zato će i održavanje trase nadzemnog voda predvidjeti da se jednom godišnje obavi podrezivanje grana, stabla i raslinja ispod i pokraj trase do po propisima određene sigurnosne udaljenosti i da sa trase uklone svi nepotrebni predmeti.

U pregled nadzemnih vodova ubraja se i pregled uzemljenja stupova koji obavlja jedanput godišnje.

4. OPRAVDANOST ODRŽAVANJA NADZEMNIH VODOVA

Nabrojani radovi održavanja svakako traže i određena materijalna sredstva, radnu snagu i materijal za održavanje. Postavlja se pitanje opravdanosti održavanja u opsegu koji je predviđen. Na to je lako odgovoriti jednostavnim računom. Pretpostavimo li da u jednoj godini od požara strada smo 1 % mreže koja je u ugroženom području, po cijenama iz rujna 1985. Vrijednost štete je

496 000 000 dinara.

Taj iznos mnogo je veći od svih troškova predviđenih za kompletni pregled i održavanje svih nadzemnih mreža na tom području. Usput spomenimo da je šteta na elektroenergetskim objektima zbog svih požara u ljetu 1985. u SRH bila tri puta veća od navedene brojke.

Naravno da opća društvena šteta uslijed požara daleko nadmašuje štetu na elektroprivrednim postrojenjima što također treba imati u vidu.

LITERATURA

[1] J. MOSER, »Prijedlog pravilnika o održavanju elektro-distributivnih postrojenja u SRH«, Institut za elektroprivredu, Zagreb, 1985.

[2] ZEOH, »Pravilnik o održavanju elektrodistributivnih postrojenja u SR Hrvatskoj«, Zagreb, 1985.

REGULAR MAINTENANCE OF OVERHEAD DISTRIBUTION LINES AS A CONDITION IN FIRE PROTECTION

Great forest fires can be caused by failures on overhead distribution lines. In the article is discussed about a new »ZEOH« procedure for maintenance of distribution facilities and some measures for fire protection in forests are highlighted.

RICHTIGE WARTUNG DER LUFT-DISTRIBUTIONSNETZE ALS FEUERSCHUTZMASSNAHME

Eine der Ursachen großer Waldbrände sind Schaden an dem Luft-Distribution-snetz verschiedener Spannungsniveaus. Der Autor analysiert die neuen Vorschrif-

ten über die Wartung der Distributionsanlagen ZEOH im Hinblick auf die Maßnahmen gegen Waldbrände und zwar durch eine richtige Wartung der Anlagen.

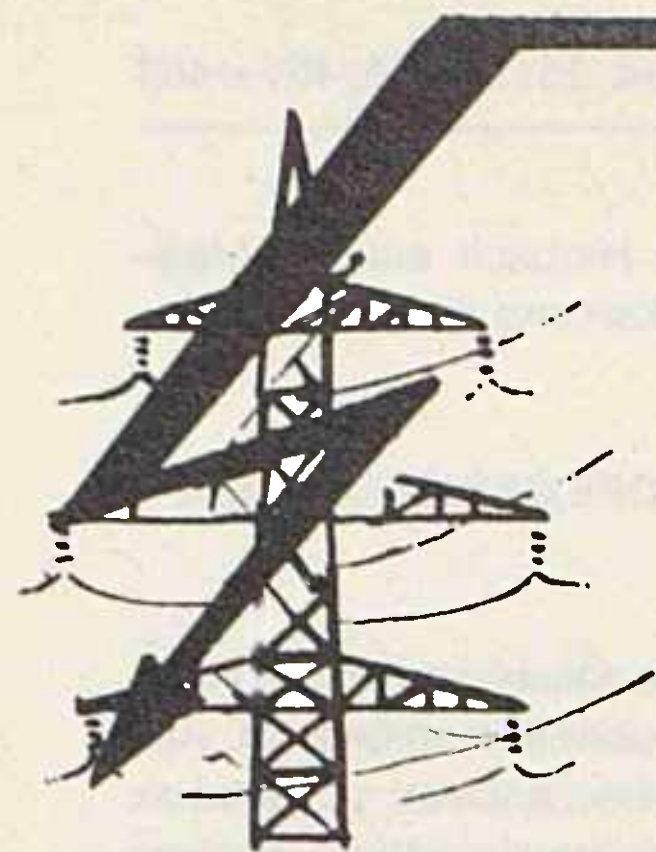
ПРАВИЛЬНОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ ВОЗДУШНЫХ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ, КАК МЕРА ЗАЩИТЫ ОТ ПОЖАРОВ

Одной из причин возникновения крупных лесных пожаров являются повреждения на воздушных распределительных сетях различных уровней напряжения. Автор анализирует новые правила обслуживания распределительных установок – ZEOH, и указывает на меры создания препятствий возникновению лесных пожаров правильным обслуживанием установок.

Naslov pisca:

Josip Moser, dipl. inž.
Institut za elektroprivredu,
41000 Zagreb, Proleterskih b. 37,
Jugoslavija

Uredništvo primilo rukopis
1986-04-24

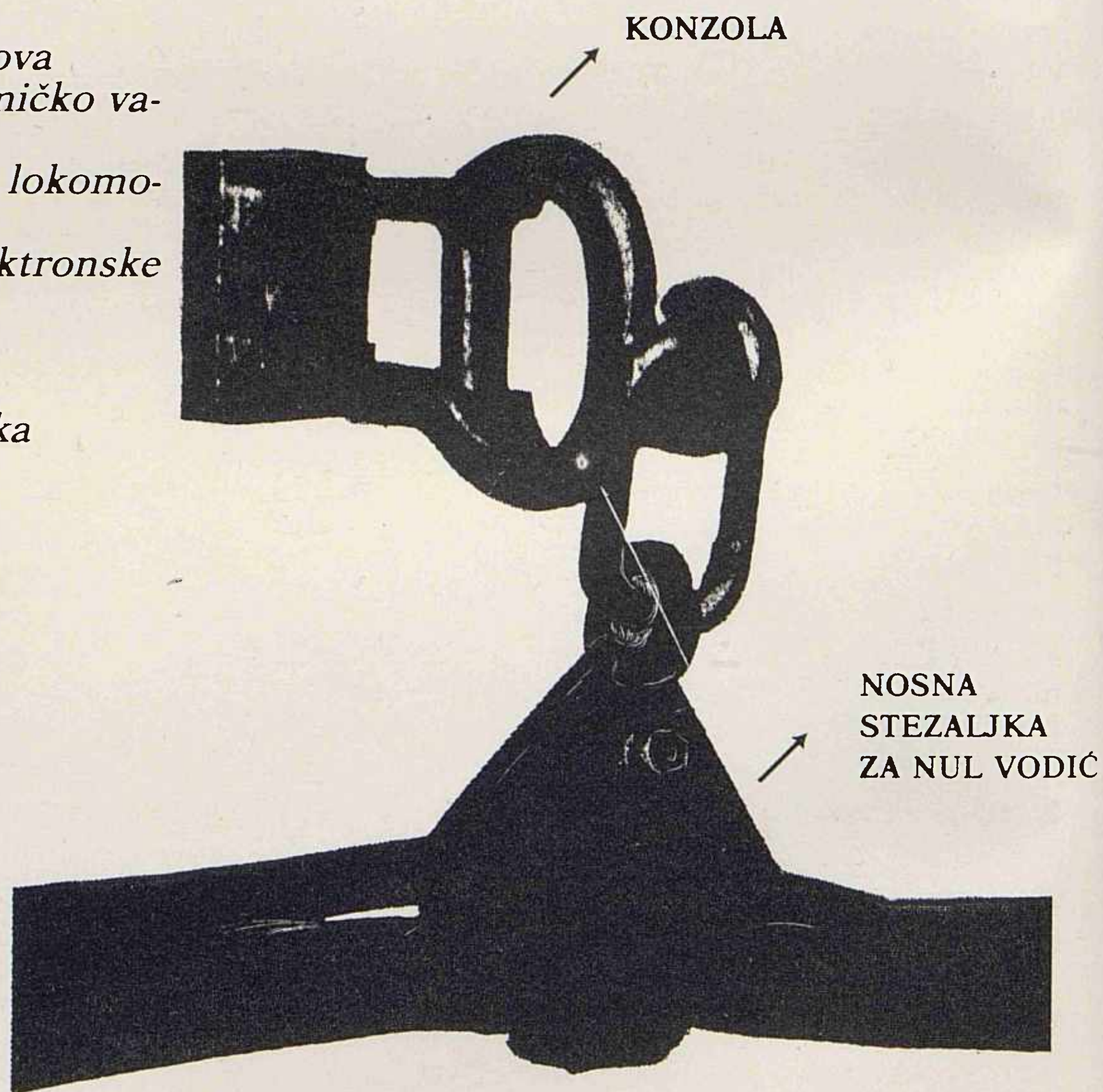


STRUJA

**ELEKTROTEHNIČKA ZADRUGA P.O.
ZAGREB
GUNDULIĆEVA 16**

Poslovno-proizvodni program:

- *pribor za kućne priključke*
- *pribor za telefonske priključke*
- *oprema za javne električne mreže*
- *zatezne spona niskonaponskih mreža*
- *obujmice nogara, sidra i sidreni vijci za stupove javnih električnih mreža*
- *pribor za gromobransku opremu*
- *elektroinstalacioni pomoćni materijal (poklop-
ci, obujmice, kutije)*
- *tavanski kućni osigurač*
- *elektronički sklopovi i oprema za vatrodojavu*
- *elektronički dijelovi opreme za signale uređaje*
- *izvođenje svih vrsta instalacija*
- *montaža trafostanica i polaganje kablova*
- *izrada alata i pomoćne opreme za termičko va-
renje*
- *pomoćni dijelovi opreme za električne lokomo-
tive*
- *termoregulatori i klima uređaji za elektronske
računske centre*
- *izrada elektromagnetskih filtera*
- *refleksni optički prekidači*
- *granični regulatorik temperature i tlaka*



UNIVERZALNI OSIGURAČ ZA ELKALEX I OSTALE KABELE

Pojedine proizvode i dijelove opreme izrađujemo prema specijalnim zahtjevima naručioca.

Sve informacije, detaljnije upute i pobliža objašnjenja, katalozi, cjenici skice, nacrti i ostalo u vezi gore navedenog mogu se dobiti na telefon: 420-791, 420-786 i 273-909, odnosno na telex YU 22-383 »STRUJA«.

PROCJENA UTJECAJA NA OKOLINU RASHLADNIH TORNJEVA NE KRŠKO

mr Berislav Nadinić, Zagreb

UDK 621.039.56

ORIGINALNI ZNANSTVENI RAD

Rad opisuje ANL model za procjenu utjecaja rashladnih tornjeva na okolinu po fazama proračuna te proračunava i raspravlja o tom utjecaju na okolinu NE Krško na osnovi ulaznih meteoroloških podataka iz 1983. godine.

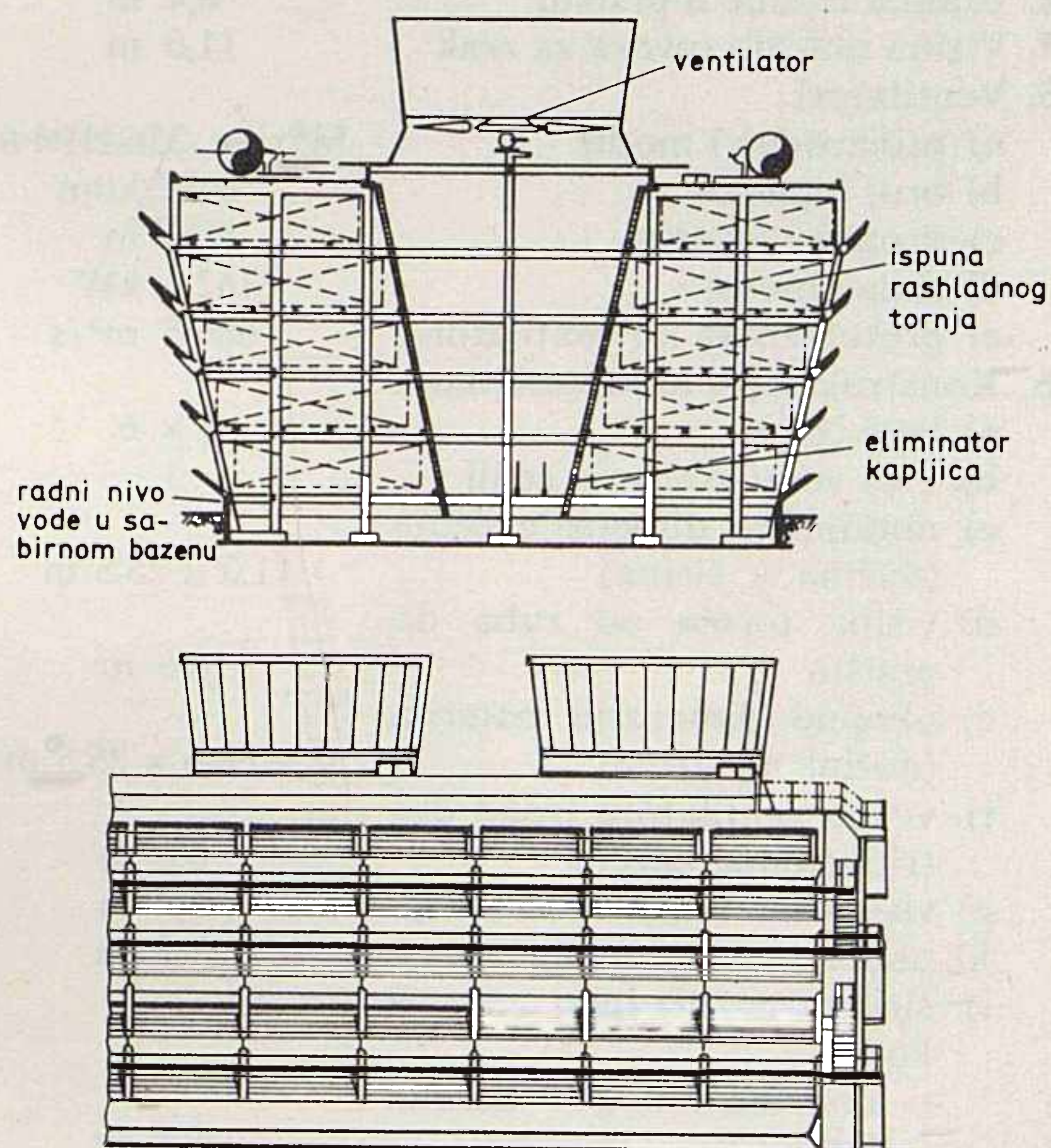
Ključne riječi: rashladni tornjevi, utjecaj na okolinu, matematički model, perjanica, vodene kapljice

1. UVOD

Potreba za energijom neprestano raste i u razvijenim zemljama, i u zemljama u razvoju. Tradicionalni izvori energije, kao što su ugljen, plin i nafta, bit će vjerojatno iscrpljeni u slijedećih nekoliko desetljeća, a već sadašnji zahtjevi za energijom veći su od postojećih kapaciteta. To je posebno izraženo u našoj zemlji, pa se zbog toga javila potreba za korištenjem drugih komercijalnih izvora energije, od kojih je zbog svog potencijala, najznačajnija, nuklearna energija. Uz korištenje svih izvora energije, pa tako i nuklearne, vezano je, na žalost, i zagađenje čovjekove okoline. Zagađenje okoline može se promatrati s mnogo aspekata, tako da danas govorimo o radiološkom, kemijskom ili termičkom zagađenju voda, zraka itd., ovisno o odabranom pristupu. U ovom članku obrađen je jedan segment u nizu mogućih zagađivača okoline u okviru naše prve nuklearne elektrane Krško, a to je utjecaj rashladnih tornjeva NE Krško na okolinu.

2. OPIS RASHLADNIH TORNJEVA U NE KRŠKO

Nuklearna elektrana Krško projektirana je za protočni rashladni sistem s pomoćnim rashladnim tornjevima. Pomoćni rashladni tornjevi izvedeni su kao baterijski tornjevi s prisilnom cirkulacijom i ventilatorima na izlazu zraka. Glavni projektant tornjeva, tvrtka »Marley«, primijenila je za tu svrhu svoje standardne tipove vlažnih rashladnih tornjeva s poprečnim nastrujavanjem vode i zraka. Rashladni tornjevi podijeljeni su u dvije nezavisne baterije tornjeva sa šest ćelija u svakoj batetiji. Prijalaz topline odvija se u struji vode i zraka, i to najvećim dijelom odnošenjem topline ishlapljivanjem vode, a samo manjim dijelom direktnom konvekcijom na dodirnim površinama raspršene vode u struji zraka. Na slici 1. prikazana je osnovna konstrukcija i poprečni



Slika 1. Poprečni presjek rashladnog tornja u NE Krško s prikazom glavnim konstrukcionih detalja

presjek navedenih tornjeva, dok su u tablici 1. dane njihove osnovne tehničke karakteristike.

3. PRISTUP ANALIZI ZAGAĐENJA OKOLINE UPOTREBOM RASHLADNIH TORNJEVA

U svijetu danas postoji oko desetak računskih modela kojima se evaluira jedan utjecaj ili više utjecaja rashladnih tornjeva na okolinu. Između njih na osnovu lit. 2, 3 i 4 izabran je za korištenje program »ANL«- Program »ANL«, čije je ime skraćenica od Argone National Laboratory, tj. instituta koji je bio nosilac njegove izrade (autori programa su Anthony

Tablica 1. Tehničko-pogonske i konstrukcijske karakteristike rashladnih tornjeva NE Krško

1. Protočna količina vode	15,0 m ³ /s
2. Ulazna temperatura vode u rashladni toranj	41,2 °C
3. Izlazna temperatura vode iz rashladnog tornja	31,1 °C
4. Temperatura vlažnog termometra	23,3 °C
5. Gubici vode ishlapljivanjem	1,58 %
6. Gubici vode odnošenjem kapljica	0,05 %
7. Maksimalna protočna količina rashladne vode bez preljevanja	cca 18,0 m ³ /s
8. Pad pritiska zraka na ulazu u toranj	1 mm H ₂ O
9. Pad pritiska zraka kroz ispunu tornja	6 mm H ₂ O
10. Dobavna visina pumpi iznad nivoa bazena	13,0 m
11. Broj katova ispune tornja	5
12. Razmak ispune kaskadnih elemenata u prsištu	0,2 × 0,15 m
13. Dubina ispune u prsištu	6,4 m
14. Visina ulaznih otvora za zrak	11,0 m
15. Ventilatori	
a) proizvođač i model	Marley, 336-HP4-8
b) broj lopatica	8 kom
c) promjer lopatica	8,54 m
d) snaga motora	162 kW
e) protok zraka po ventilatoru	680,5 m ³ /s
16. Konstrukcijske karakteristike	
a) broj ćelija	2 × 6
b) broj ventilatora po ćeliji	1
c) nominalne dimenzije ćelije (dužina × širina)	11,0 × 25,5 m
d) visina tornja od ruba do prsišta	10,6 m
e) ukupne dimenzije baterija (dužina × širina)	2 × 66,6 × 25,5 m
f) visina ventilatora iznad distribucionog bazena	0,5 m
g) visina dimnjaka ventilatora	5,4 m
h) ukupna visina tornja	17,0 m
i) širina rashladnog tornja kod	
— distribucionog bazena (prsišta)	25,5 m
— polovične visine ispune	22,0 m
j) unutarnje dimenzije sabirnog bazena	2 × 66,6 × 18,9 m
k) dimenzije cjevovoda tople vode	4 × Ø 1,4 m
l) unutrašnja visina tornja iznad ruba bazena	11,15 m

J. Policastro, Michael Wastay, Larry Coke iz Argonne National Laboratory, Richard A. Carhart, Villiam Dunn, Pat Gavin, Bruce Bouthton, Jim Leylak i Dick Chittenden s Univerziteta Illinois) izabran je iz sljedećih razloga:

- a) Program »ANL« napravljen je na temelju nekoliko prethodnih programa za procjenu utjecaja rashladnih tornjeva na okolinu na takav način da su iz pojedinih programa (matematičkih modela) uzeti dijelovi čiji su se rezultati najbolje poklapali

s rezultatima odgovarajućih mjerenja koja su provedena u tu svrhu na nizu rashladnih tornjeva u SAD, te su se ti dijelovi, u skladu s mjerenjima, i naknadno poboljšali.

- b) Program »ANL« daje u usporedbi s ostalim programima najviše informacija o utjecaju rashladnih tornjeva na okolinu. Na primjer, pomoću nje ga se mogu za određeni vremenski interval procijeniti ovi utjecaji:
- učestalost pojave i veličina perjanice rashladnih tornjeva
 - vrijeme zasjenjenja tla u okolini rashladnih tornjeva zbog postojanja perjanice i gubitak sunčeve energije na tom tlu zbog istog razloga
 - količina vode iz perjanice rashladnih tornjeva koja padne na tlo u okolini rashladnih tornjeva
 - količina krutih tvari iz rashladne vode koja se nataloži u okolini rashladnih tornjeva
 - mogućnost uzrokovanja magle uz tlo zbog utjecaja rashladnih tornjeva
 - mogućnost uzrokovanja mraza zbog utjecaja rashladnih tornjeva.
- c) Program »ANL« ima posebnu opciju koja omogućava kompletni proračun utjecaja na okolinu tornjeva iste vrste kakve ima i NE Krško, dakle tornjeva s prisilnom cirkulacijom zraka pomoću ventilatora. Većina ostalih programa pretpostavlja samo tornjeve s prirodnom cirkulacijom.
- d) Program »ANL« preporučuje EPRI (Electric Power Research Institute, Palo Alto California) za izradu prethodnih i konačnih studija utjecaja na okolinu, te se u te svrhe koristio na nizu termoelektričnih objekata u SAD.

Zbog velike opsežnosti obrade »ANL« matematički model zahtijeva velik broj ulaznih podataka s mikrolokacije rashladnih tornjeva. U tu svrhu korišteni su satni podaci koji su sakupljeni na meteorološkom tornju NE Krško u toku 1983. godine.

Satni podaci, koji su se koristili, jesu sljedeći:

- temperatura zraka (na 10 i 70 m visine)
- smjerovi vjetra (na 10 i 70 m visine)
- vlažnost zraka (na 10 i 70 m visine)
- oblačnost.

(**Napomena:** Satne vrijednosti oblačnosti uzete su zbog nedostatka podataka za Krško s najbliže lokacije za koju takvi podaci postoje, a to je Novo Mesto, koje je otprilike 30 km zračne linije udaljeno od Krškog. To, naravno, nije u potpunosti korektno, ali bolji podaci ne postoje.)

Od navedenih podataka za 1983. godinu mnogi nisu bili valjani zbog različitih razloga kao što su npr. kvarovi mjernih instrumenata, neredovito baždarenje i sl.

Satna očitavanja mjernih instrumenata kod kojih nije radio jedan instrumenat ili više njih, ili su pokazivanja očito odstupala od mogućih mjernih vrijednosti na lokaciji NE Krško, nisu uzimana u obzir. Takvih sati bilo je relativno mnogo i njihov je broj po mjesecima prikazan u tablici 2.

Tablica 2.

Mjesec	Broj sati u mjesecu	Broj sati sa korektnim očitanjima	Broj sati sa nekorektnim očitanjima
siječanj	744	740	4
veljača	672	645	27
ožujak	744	736	8
travanj	720	200	520
svibanj	744	438	306
lipanj	720	541	179
srpanj	744	204	540
kolovoz	744	509	235
rujan	720	10	620
listopad	744	733	13
studen	720	682	38
prosinac	744	636	108
Ukupno	8 760	6 164	2 596

Kao ulazni podaci u »ANL« matematički model korišteni su i rezultati programa »PART« (količina topline koja se odvodi rashladnim tornjevima u okolinu, količine ishlapljene vode i količina kapljica) (1 1).

Na žalost, utjecaj rashladnih tornjeva na okolinu proračunat je samo za 1983. godinu, jer su se samo za tu godinu kompletno mogli dobiti podaci s meteorološkog tornja NE Krško. Zbog toga se rezultati programa ANL moraju prihvatiti s određenom rezervom.

4. OSNOVE MATEMATIČKOG MODELA ZA ODREĐIVANJE UTJECAJA NA OKOLINU RADA RASHLADNIH TORNJEVA

4.1. Općenito

Matematički model »ANL« omogućava proračunavanje, tj. procjenu sljedećih značajnih parametara vezanih uz rad rashladnih tornjeva u određenom vremenskom intervalu kao funkcije udaljenosti od tornja i smjera vjetra (podjela smjera vjetra je u 16 intervala svaki od 22,5°):

- učestalosti pojave perjanica određenih veličina,
- sate zasjenjenja tla zbog postojanja perjanice,
- izgubljenu energiju sunčevog zračenja na tlu zasjenjenom perjanicom,
- količinu kapljica iz rashladnih tornjeva koja padne u njihovu okolinu,
- količinu krute tvari iz rashladne vode koja se, odnošena kapljicama, nataloži u okolinu,
- učestalost pojave magle zbog utjecaja rashladnih tornjeva,
- učestalost pojave mraza zbog utjecaja rashladnih tornjeva.

Svi ti parametri predstavljaju osnovne utjecaje rashladnih tornjeva na okolinu i svi oni ovise prvenstveno o disperziji perjanice u atmosferi.

U sljedećim točkama opisane su osnovne metodologije i pretpostavke prema kojima su računani navedeni utjecaji.

4.2. Metodologija programa »ANL«

Rečeno je već da je disperzija perjanice rashladnih tornjeva u atmosferi bitan faktor pri određivanju utjecaja rashladnih tornjeva na okolinu, navedenih u prethodnoj točki.

Zbog toga je određivanje veličine perjanice, kao i njezina ponašanja pri različitim vanjskim uvjetima osnovni problem koji se, uz određene uvjete, može riješiti primjenom »ANL« programa.

U rješavanju navedenog problema »ANL« program, uz nužnu kvalitativnu nadgradnju, koristi u jednom integralnom obliku tri prethodno razvijene metode, od kojih je svaka u doba svog nastanka povećavala nivo sofisticiranosti analize utjecaja rashladnih tornjeva na okolinu. Prvu od tih metoda možemo nazvati metodom prijašnjeg iskustva. Ona se bazira na radnom iskustvu sličnih tornjeva, onima koji se proučavaju i koji rade u sličnim klimatološkim uvjetima. Ova metoda ne uključuje matematičko modeliranje fizikalnih procesa i vrlo je jednostavna za primjenu. Njezino najveće ograničenje jest pronalaženje dovoljno slične elektrane koja posjeduje određena iskustva na području rada rashladnih tornjeva i njihova utjecaja na okolinu. U praksi je takvu elektranu najčešće nemoguće naći, a ako je i pronađemo, vrlo je teško procijeniti kako određene različitosti, koje uvijek postoje između promatrane i referentne elektrane odnosno promatranih referentnih tornjeva, utječu na rezultate.

Druga metoda suprotna je prvoj. Ona izostavlja svaku komparaciju i temelji se na velikoj količini meteoroloških podataka sakupljenih na promatranoj lokaciji (to su obično različiti satni podaci s meteoroloških tornjeva) pomoću kojih se, upotrebom jednostavnih formula, najprije izračunavaju glavni parametri perjanice za svaki osnovni vremenski interval (npr. za svaki sat), a zatim se za veće vremenske intervale određuju ti parametri običnim uprosječivanjem. Najpoznatiji kompjutorski program koji je izrađen u skladu s ovom metodom pod imenom »ORFAD« (1 5) razvijen i od Oak Ridge National Laboratory u SAD. Ta metoda, za razliku od prve, omogućava kvantitativnu procjenu utjecaja rashladnih tornjeva na okolinu bez unošenja subjektivnih faktora. Negativna joj je strana to što su njeni rezultati imali, u usporedbi s odgovarajućim mjerenjima provedenim u SAD i Evropi (elektrane Chalk Point, Lünen, Paradise), relativno nizak stupanj identičnosti, to niži što je promatrano razdoblje bilo veće. Uzrok tome je u primjeni previše pojednostavljenog matematičkog modela fizikalnih procesa koji utječu na stvaranje i ponašanje perjanice rashladnih tornjeva i koji je isti za sve moguće slučajeve. Jedan od uzroka je također i uprosječivanje koje minimizira određene ekstremne slučajeve koje je katkad vrlo korisno poznavati.

Poznavajući ograničenja prethodno opisanih dviju metoda (modela), razvijen je novi model pod imenom »KUMULUS« (1 6) u koji je kao novost bila inkorporirana hipoteza da se na jednoj lokaciji može javiti konačan broj značajno različitih perjanica ras-

hladnih tornjeva. Kriteriji za podjelu perjanica na konačan broj kategorija bili su definirani pomoću meteoroloških parametara. Tako je npr. uvjet za pripadnost određenoj kategoriji bio taj da temperatura okoline mora biti u rasponu od $-7,5^{\circ}\text{C}$ do 0°C ili u rasponu od 10°C do 20 , itd. Za tako određene kategorije provedeni su proračuni pomoću kojih su izračunavane glavne karakteristike perjanice, te su uz poznavanje učestalosti pojave pojedine kategorije procijenjeni i mogući utjecaji na okolinu. Usprkos tome što takav pristup predstavlja značajni napredak u odnosu na prethodna dva, on ipak pati od nekoliko nedostataka. Osnovna dva su sljedeća: prvo, kriteriji podjele na kategorije prerjanice prema meteorološkim parametrima ne jamče da se u dvije različite kategorije neće u stvari javiti perjanice istih karakteristika; drugo, na karakteristike perjanice, a time i na njihovu pripadnost pojedinoj kategoriji utjecu u znatnoj mjeri vrsta rashladnog tornja čiju perjanicu promatramo i specifičnosti lokacije, što nije uzeto u obzir kod ovog modela.

Matematički model »ANL« najslikovitiji je modelu »KUMULUS«, s osnovnom razlikom da kategorije perjanica nisu određene eksplicite prema meteorološkim parametrima, već pomoću implicite bezdimenzionalnih parametara perjanice. Te bezdimenzionalne parametre perjanice rashladnih tornjeva prikazat će se detaljnije jer one imaju bitno značenje za utvrđivanje utjecaja rashladnih tornjeva na okolinu u okviru »ANL« matematičkog modela.

Osnovna konceptualizacija problema prikazana je na slici 2, tj. identificirani su na njoj bitni dimenzionalni parametri. Potrebno je napomenuti da je kod ove konceptualizacije ambijent idealiziran u smislu pretpostavljanja linearnog temperaturnog profila, uniformnog sadržaja vlage i pretpostavke da se brzina vjetra mijenja prema zakonu

$$U = U_0 \left(\frac{Z}{Z_0} \right)^n,$$

gdje je:

- U — brzina vjetra na visini Z
- U_0 — poznata brzina vjetra na referentnoj visini Z_0
- n — eksponent vjetra.

U skladu s navedenim pretpostavkama za bezdimenzionalne parametre perjanice, uzeti su sljedeći parametri:

- a) Bezdimenzionalni parametar dužine (u korelaciji sa L)

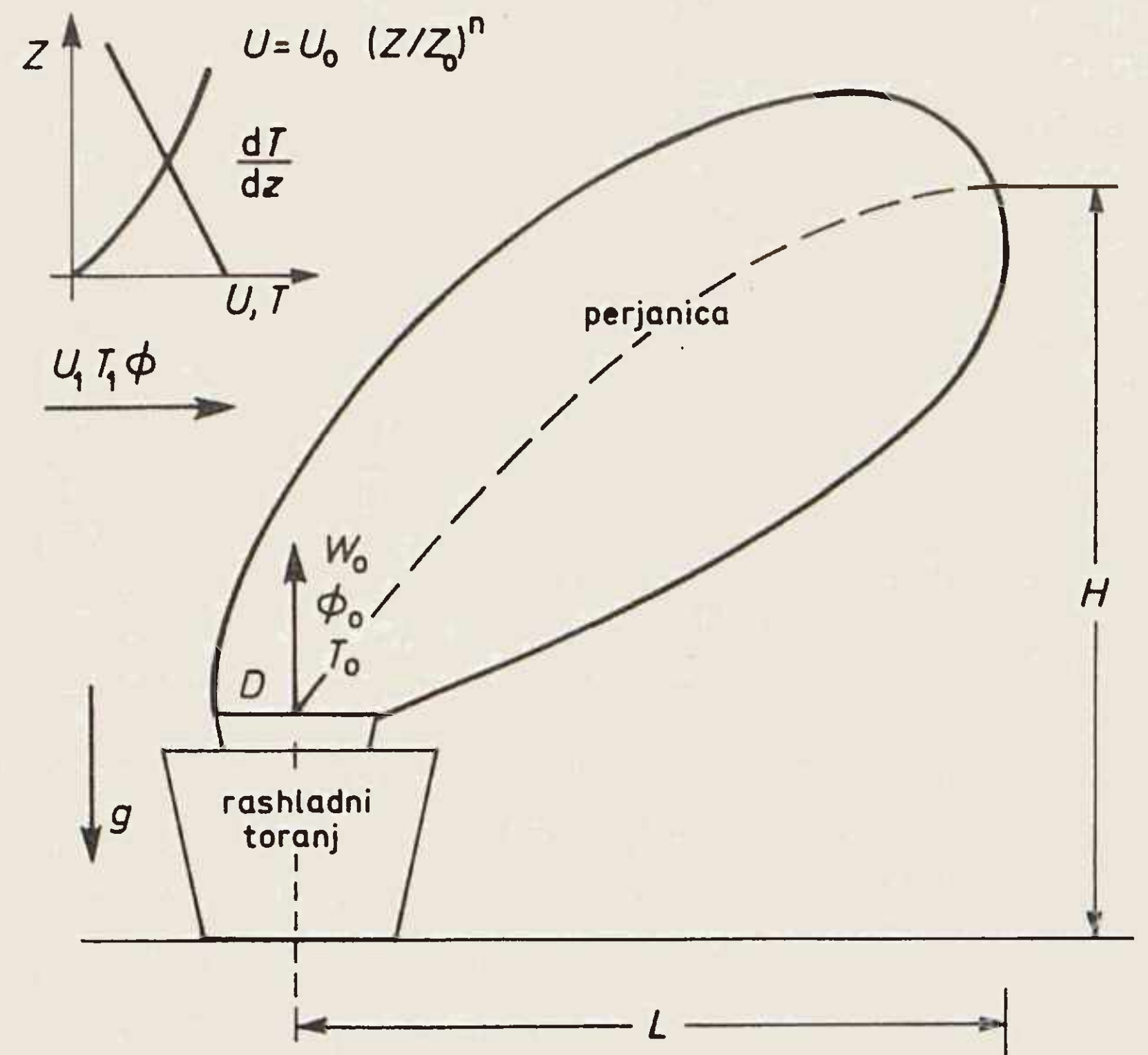
$$LP = \frac{k^2}{Ri} \left[\sqrt{1 + 2 (Ri/k) \cdot [(V/k)^{3/2} - 1]} - 1 \right]$$

- b) Bezdimenzionalni parametar visine (u korelaciji sa H)

$$HP = \frac{V}{\sqrt{k \cdot (V - 1) + 1}} - 1,$$

gdje je:

- Ri — Richardsonov broj
- k — omjer brzine vjetra i izlazne brzine medija iz tornja $k = U/W_0$.



Slika 2. Karakteristički parametri perjanice

Objašnjenje oznaka:

- D — izlazni promjer tornja
- W_0 — izlazna brzina vlažnog zraka iz tornja
- ϕ_0 — sadržaj vlage na izlazu iz rashladnog tornja
- T_0 — izlazna temperatura vlažnog zraka iz tornja
- U — brzina vjetra (srednja integrirana)
- T — temperatura okoline (srednja integrirana)
- ϕ — sadržaj vlage u okolini (srednji integrirani)
- g — gravitacija
- dT/dz — gradijent promjene temperature s visinom
- L — vidljiva dužina perjanice
- H — vidljiva visina perjanice
- V — volumen razrjeđenja do saturacije (to je onaj volumen kojem jedan m^3 zraka iz perjanice miješan s okolnim zrakom stvara upravo zasićenu mješavinu).

V se dobija iz sljedećeg implicitnog izraza:

$$(V - 1) \cdot \phi + \phi_0 = \phi_{\text{sat}} \cdot ((V - 1) \cdot T + T_0).$$

Objašnjenja ostalih oznaka dana su u sklopu slike 2.

»ANL« model, ovisno o LP i HP , razlikuje 45 vrsta perjanica. Na navedenim bezdimenzionalnim parametrima perjanice bazirani su svi ostali proračuni koje će biti opisani u osnovnim crtama.

Proračun vidljive perjanice

Detaljna teorija proračuna vidljive perjanice nalazi se u (19–13) i zasniva se na numeričkom rješavanju sistema običnih diferencijalnih jednadžbi glavnih karakteristika perjanice, kao što su maseni tokovi, temperature i sadržaji vlage u funkciji daljine duž trajektorije perjanice. Specifične vrijednosti određenih koeficijenata u tim jednadžbama izabrane su na bazi svih dostupnih podataka s mjerenja na realnim tornjevima pojedinih elektrana, kao i na bazi mjerenja na modelima rashladnih tornjeva u laboratorijskim uvjetima.

Na taj su se način dobiveni rezultati veličine vidljivih perjanica, za slučajeve kod kojih su izvršena i mjerenja, poklapali s mjerenim unutar faktora 2 u više od 77% slučajeva. To je u odnosu na ostale modele više nego dobro jer se njihovi rezultati za isti broj slučajeva nisu mogli poklopiti niti unutar faktora 5. Potrebno je napomenuti da program »ANL« za baterije rashladnih tornjeva s prisilnom cirkulacijom zraka određuje karakteristike zajedničke perjanice (svaka ćelija ima svoju perjanicu) po metodologiji Wu i Koh-a (l 15).

Proračun depozicije vodenih kapljica i krutih tvari sadržanih u njima

Proračun depozicije vodenih kapljica mnogo je kompleksniji nego proračun depozicije drugih čestica, koji se često provodi kod dimnjaka industrijskih postrojenja. Osnovni je razlog taj što kapljice vode u toku puta od rashladnog tornja do tla gube svoju masu zbog isparavanja. To, naravno, vrijedi samo onda kada je relativna vlažnost zraka manja od 100%. Promjena mase kapljice zbog isparavanja izračunava se modelom »ANL« po Masonu sljedećim izrazom:

dm/dt = - π · ∂ · (qd - qc) · D · ρ · Sh,

gdje je:

- ∂ — difuzioni koeficijent vodene pare, cm²/s
- qd — sadržaj vlage u tankom sloju uz kapljicu
- qc — sadržaj vlage u okolini
- D — promjer kapljice, cm
- ρ — gustoća zraka, g'/cm³
- Sh — Sherwoodov broj
- π — 3.14...

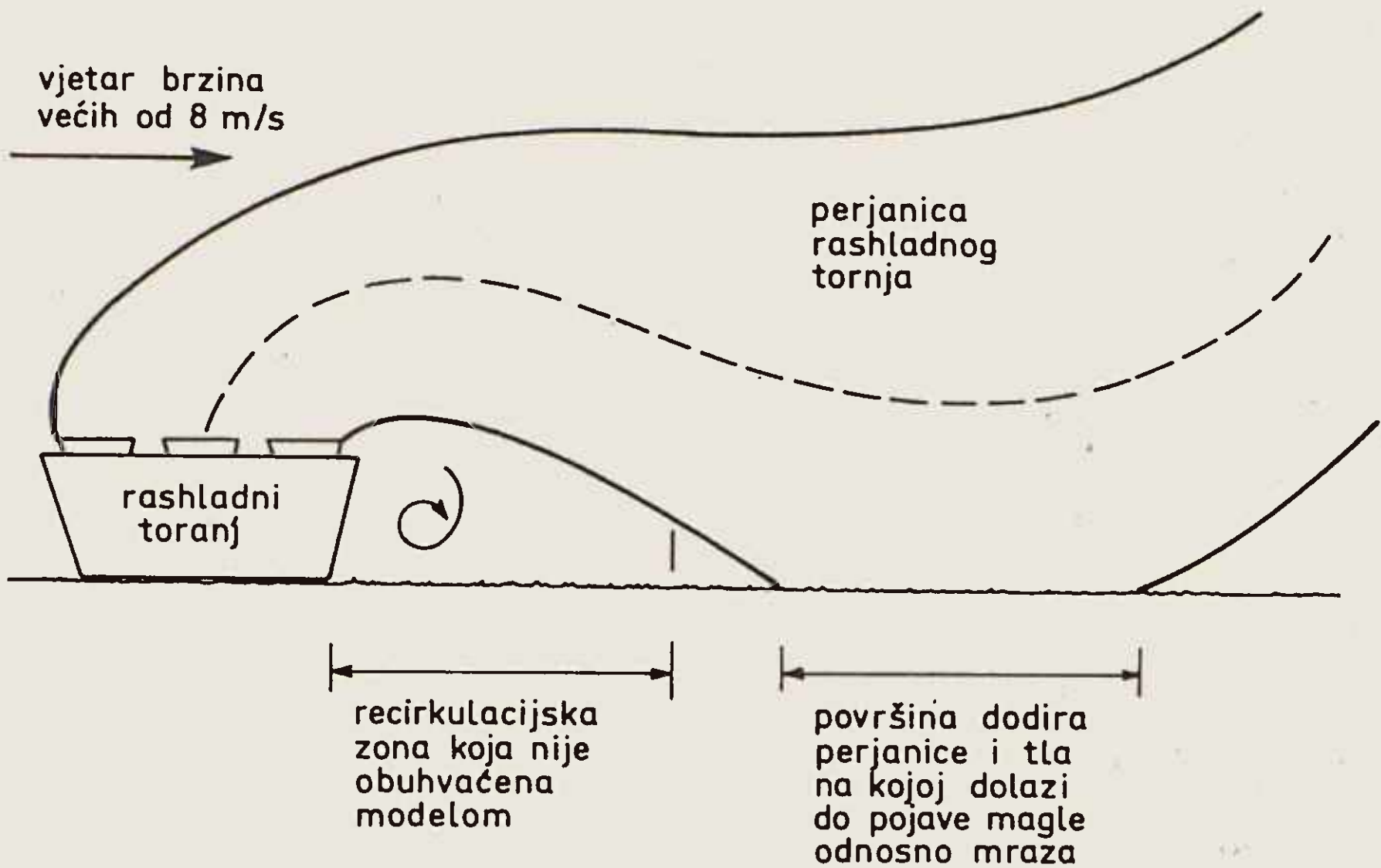
Udaljenosti od tornja na kojima se talože kapljice, a s njima i krute tvari koje one sadrže, zavise od nekoliko parametara, od kojih je promjer (veličina) kapljice svakako jedan od bitnijih. O veličini kapljice ovisi da li će ona ishlapiti prije nego što padne na tlo ili će zbog svoje male mase nošene turbulentnim vrtlozima dospjeti na veće udaljenosti od tornja, ili će, u obrnutom slučaju, zbog svoje velike mase po balističkoj putanji završiti u neposrednoj blizini tornja. Zbog navedenih razloga model »ANL« tretira depoziciju kapljica različitih veličina odvojeno. Mjerenje spektra veličina kapljica, koje emitira neki rashladni toranj, izuzetno je složeno. Za rashladne tornjeve NE Krško je zbog nedostatka bilo kakvih podataka te vrste pretpostavljeno da im je spektar veličina emitiranih kapljica identičan kao na sličnim tornjevima (ista vrsta tornjeva, isti proizvođač, približne dimenzije) u klasičnoj elektrani na mazut u Pittsburgu, (SAD), gdje su obavljena vrlo opsežna mjerenja. U tablici 3. dan je navedeni spektar veličina kapljica koji je primijenjen i za tornjeve NE Krško.

Tablica 3. Spektar veličina kapljica izmjeren u elektrani Pit-tsburg (SAD) s tornjevima sa prisilnom cirkulacijom zraka

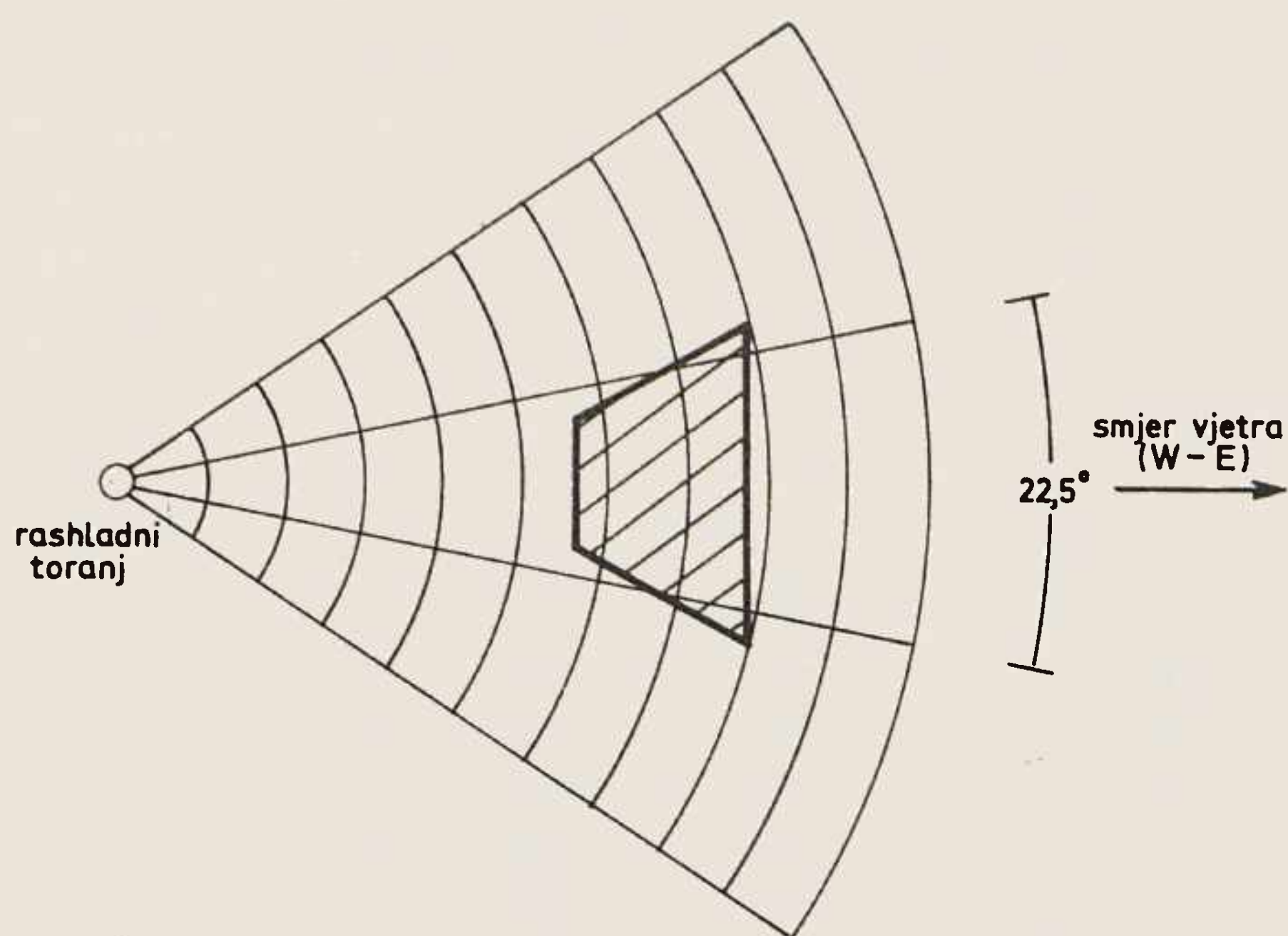
Promjer kapljice (μm)	Maseni udio (%)	Promjer kapljice (μm)	Maseni udio (%)
10 – 20	0,5	500 – 600	4,3
20 – 30	4,4	600 – 700	3,5
30 – 40	7,4	700 – 800	3,8
40 – 50	6,5	800 – 900	2,7
50 – 60	5,5	900 – 1 000	2
60 – 70	3,5	1 000 – 1 200	3,2
70 – 90	3,3	1 200 – 1 400	3,3
90 – 110	1,8	1 400 – 1 600	6,4
110 – 130	0,9	1 600 – 1 800	2,2
130 – 150	0,8	1 800 – 2 000	3,1
150 – 180	1,1	2 000 – 2 200	4
180 – 210	1,2	2 200 – 2 400	2,1
210 – 240	1,3	2 400 – 2 600	1,6
240 – 270	1,4	2 600 – 2 800	3
270 – 300	1,8	2 800 – 3 000	1,7
300 – 350	2,7	3 000 – 3 200	1,7
350 – 400	2,3	3 200 – 3 400	1,2
400 – 450	2,3		100 %
450 – 500	1,5		

Proračun utjecaja perjanica rashladnih tornjeva na stvaranje magle i mraza na tlu

Utjecaj perjanica rashladnih tornjeva na prirodne procese stvaranja magle ili leda (mraza) u području na kojem se nalaze je zanemariv [L 16]. Zbog toga je jedini slučaj kada perjanice tornjeva uzrokuju maglu odnosno mraz onaj kada vidljivi dio perjanica, zbog jakog vjetra (brzine vjetra iznad 8 m/s), dotiče zemlju. Taj slučaj je shematski prikazan na slici 3, a na slici 4. prikazan je oblik površine na tlu koju dotiče perjanica i na kojem se može javiti magla odnosno mraz. Za pojavu magle odnosno mraza na tlu je osim jakog vjetra nužan i određen nivo temperatura i vlažnosti zraka. Model »ANL« razlikuje deset slučajeva kod kojih može doći do magle ili mraza na tlu u ovisnosti o brzini vjetra, temperaturi i vlažnosti zraka. Svaki pojedini slučaj model tretira se uz određene specifičnosti. Ti su slučajevi prikazani u tablici 4. Ne-ki od njih su s obzirom na naše klimatske uvjete sa-mo teoretske prirode.



Slika 3. Scenario pojave magle ili mraza na tlu zbog utjecaja perjanice



Slika 4. Tlocrt površine koji zahvaća kperjanica u dodiru s tlom

Površina koju dodiruje perjanica u slučaju jakog vjetra (npr. iz zapadnog pravca) trapezoidnog je oblika, čiju površinu i položaj, u odnosu na rashladni toranj (površina oko rashladnog tornja podijeljena je na 16 smjerova i određeni broj udaljenosti), proračunava »ANL« model.

Tablica 4. Pregled slučajeva kod kojih može doći do pojave magle odnosno mraza u okolini rashladnih tornjeva koje razlikuje »ANL« model

Temperatura okoline (° C)	Brzina vjetra (m/s)	Relativna vlažnost (%)
< - 5	7,5 – 11	90 – 100
< - 5	> 11	90 – 100
< - 5	10 – 14	75 – 90
< - 5	> 14	75 – 90
< - 5	> 12,5	60 – 75
- 5 do 5	> 9	90 – 100
- 5 do 5	> 13,5	60 – 90
5 do 15	> 11	90 – 100
5 do 15	> 13,5	60 – 90
5 do 25	> 12,5	75 – 100

Proračun zasjenjenja perjanicom

Detaljna metodologija proračuna zasjenjenja tla perjanicom rashladnih tornjeva dana je u lit. 19. Pri proračunu zasjenjenja uzimaju se u obzir sljedeće utjecajne veličine, odnosno pretpostavke:

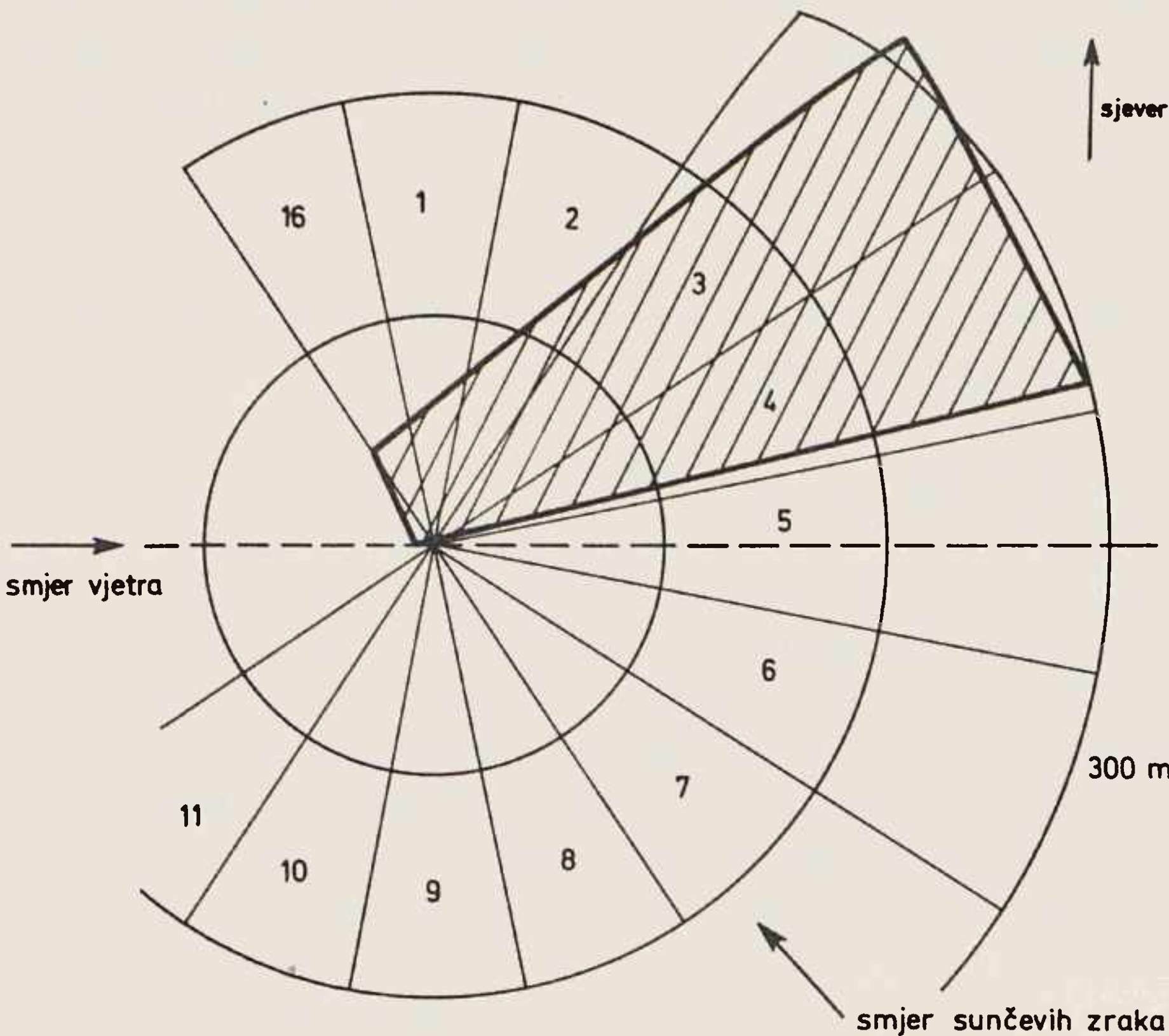
Utjecajne veličine:

- a) geografska širina i dužina lokacije rashladnih tornjeva (značajna zbog kuteva pod kojima dolaze sunčane zrake),
- b) točan datum i sat (važno zbog kutova pod kojima dolaze sunčane zrake)
- c) veličina i položaj perjanice čija se projekcija u smjeru sunčevih zraka određuje na tlu.

Pretpostavke

- a) gustoća perjanice je u svim njezinim dijelovima konstantna, te je i apsorpcija sunčevog zračenja jednaka u svim dijelovima perjanice,

b) zasjenjenje površine tla perjanicom ima oblik trapeza, kako je to za primjer prikazano na slici 5. Vrijeme zasjenjenja tla perjanicom rashladnih tornjeva ima kod NE Krško malo značenje je ono može djelovati negativno samo na razvoj poljoprivrednih kultura neposredno u blizini elektrane, tj. na smanjenje njihova prinosa.



Slika 5. Primjer sjene perjanice rashladnih tornjeva na tlu kako je proračunavao program »ANL«

5. REZULTATI PROGRAMA »ANL«

Rezultati programa »ANL« imaju sljedeću strukturu:

Tablični prikaz:

- a) Učestalost pojave perjanice po površini (sektori površine određeni su sa 16 smjerova vjetra i udaljenosti od tornja s koracima od 100 m u rasponu od 100 do 5 000 m)
- b) Učestalost pojave perjanice po visini (sektori su određeni sa 16 smjerova vjetra i visinom iznad tornjeva s koracima od 10 m u rasponu od 10 do 500 m)
- c) Sati zasjenjenja perjanicom (sektori su određeni sa 16 smjerova vjetra i udaljenosti od tornjeva u koracima od 200 m u rasponu od 200 do 8 000 m)
- d) Gubitak sunčeve energije (sektori površine s reduciranom količinom sunčeve energije određeni su sa 16 smjerova vjetra i udaljenosti od tornjeva s koracima od 200 m u rasponu od 200 do 8 000 m)
- e) Taloženje krutih tvari iz kapljica (sektori površine taloženja krutih tvari određeni su sa 16 smjerova vjetra i udaljenosti od tornjeva s koracima od po 100 m u rasponu od 100 do 10 000 m)
- f) Depozicija vodenih kapljica (sektori površine depozicije vodenih kapljica određeni su sa 16 smjerova vjetra i udaljenosti od tornjeva s koracima od po 100 m u rasponu od 100 do 10 000 m)
- g) Sati mraza zbog perjanice (sektori površine pojave mraza određeni su sa 16 smjerova vjetra i uda-

ljenosti od tornjeva s koracima od po 300 m u rasponu od 300 do 1 500 m)
Za 1983. godinu prema postojećim podacima nije utvrđen nijedan at mraza zbog utjecaja perjanice.

h) Sati magle zbog perjanice (sektori površine pojave magle određeni su sa 16 smjerova vjetra i udaljenosti od tornjeva s koracima od po 300 m u rasponu od 300 do 1 500 m)
Za 1983. godinu prema postojećim podacima nije utvrđen nijedan sat zbog utjecaja perjanice.

Grafički prikazi

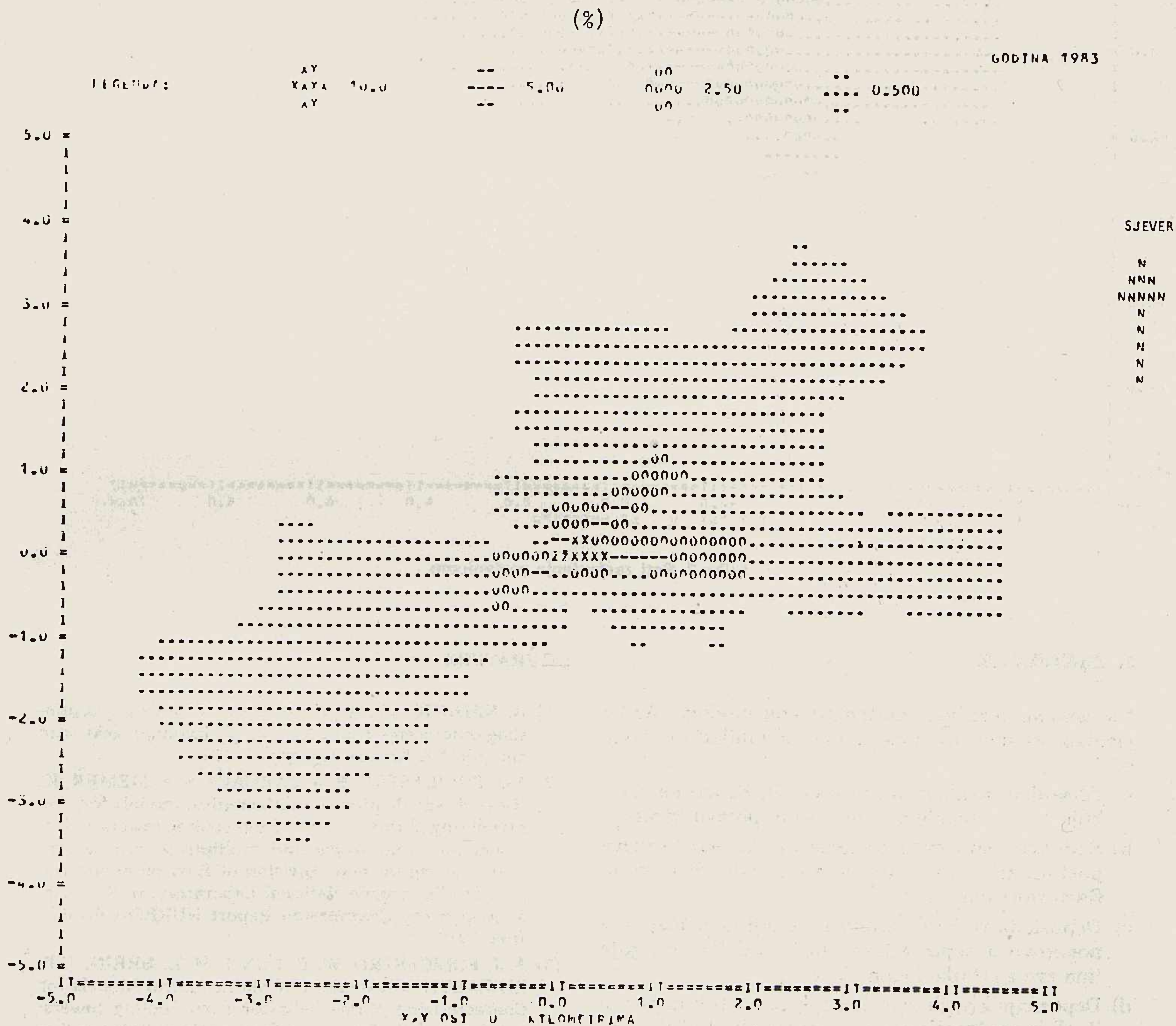
- a) Učestalost pojave perjanica po površini
- b) Sati zasjenjenja perjanicom

c) Gubici sunčeve energije na tlu
d) Taloženje krutih tvari iz kapljica
e) Depozicija vodenih kapljica

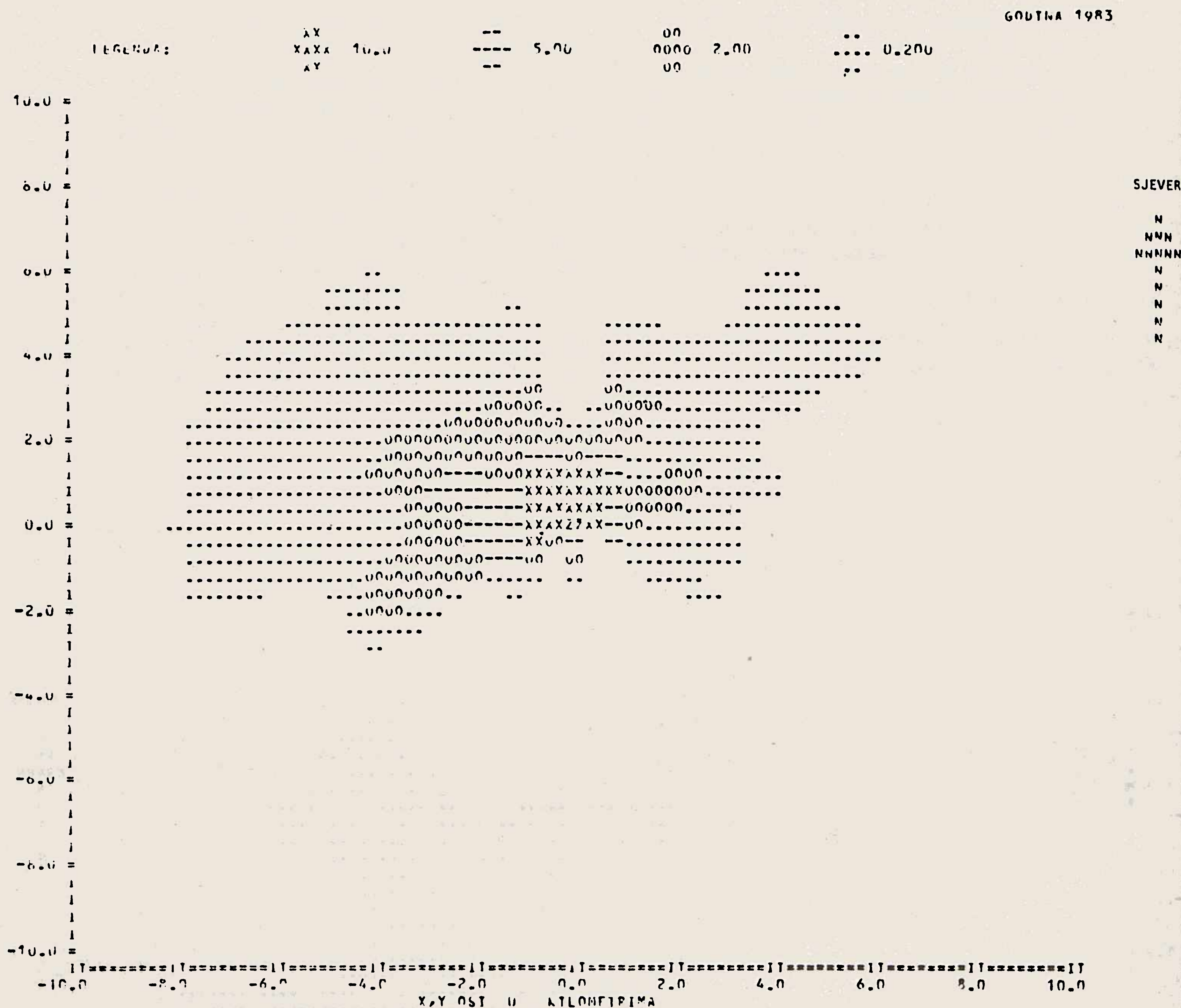
Na žalost, zbog nedostatka prostora, u okviru ovog članka dani su samo grafički prikazi rezultata programa »ANL« za 1983. godinu.

Kod grafičkih prikaza (slike 6 do 10) korištena je konturna tehnika, a područja prikaza su identična onima opisanim kod tabličnih prikaza.

Na kraju prikaza rezultata potrebno je ponovo napomenuti da su rezultati programa »ANL« onoliko dobri koliko je dobra baza podataka kojom se služi, a koja u ovom slučaju nije za svako razdoblje u godini bila ni potpuno kompletna ni podjednako kvalitetna.



Slika 6. Učestalost pojave perjanice po površini



Slika 7. Sati zasjenjenja perjanicom

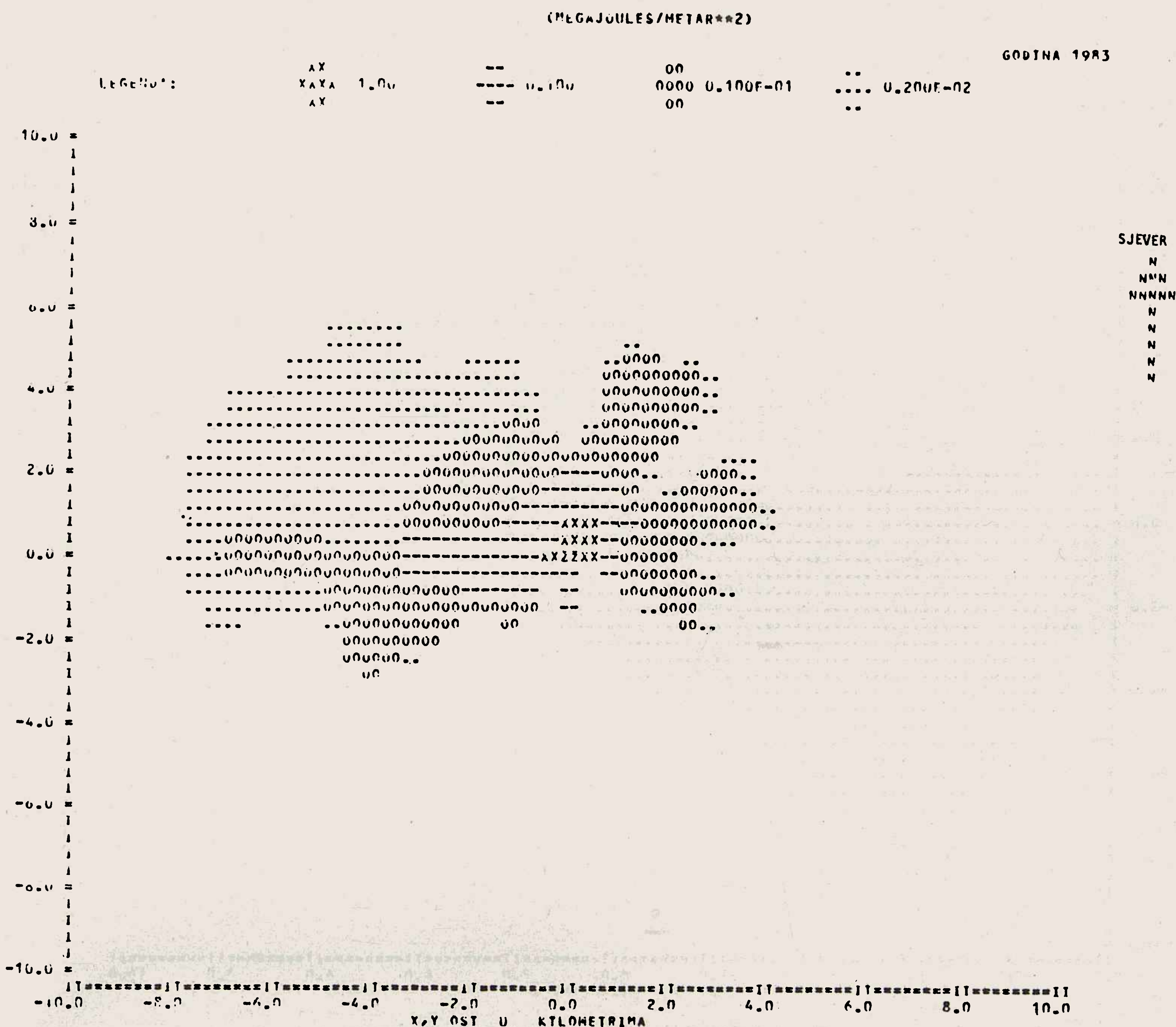
6. ZAKLJUČAK

Na temelju rezultata matematičkog modela »ANL« visokog stupnja složenosti mogu se donijeti ovi zaključci:

- Perjanica rashladnih tornjeva NE Krško ne uzrokuje pojavu magle pri tlu, kao ni pojavu mraza.
- Redukcija sunčevog zračenja na tlu oko tornjeva postoji, ali je njen utjecaj zbog reda veličine na floru zanemariv.
- Depozicija vodenih kapljica u okolinu značajna je pogotovo u neposrednoj blizini (od 500 m), gdje ima sve značajke lagane kiše.
- Depozicija krutih tvari iz kapljica u okolinu postoji, ali je značajnija samo u neposrednoj blizini (do 200 m), tj. u dometu krupnih kapljica s balističkim putanjima.

LITERATURA

- [1] B. NADINIĆ: »Proračun utjecaja dozvoljenog toplinskog opterećenja rijeke Save na proizvodnju električne energije NE Krško«, Energija 1, 1987.
- [2] A. J. POLICASTRO, R. A. CARHART, S. e. ZIEMER, K. HAAKE: »Evaluation of mathematical models for characterizing plume behavior from cooling towers. vol. 1. dispersion from single and multiple source natural draft cooling towers«. Division of Environmental Impact Studie. Argonne National Laboratory, U. S. Nuclear Regulatory Commission Report NUREG/CR-1581., June 1979.
- [3] A. J. POLICASTRO, W. E. CUNN, M. L. BREIG, J. P. ZIEBARTH: »Evaluation of Mathematical Models for Characterizing plume behavior from cooling towers. vol. 2. salt drift Deposition from natural draft Cooling towers«. Division of Environmental Impact Studies. Aargonne National Laboratory. U. S. Nuclear Regula-



Slika 8. Gubici sunčeve energije na tlu

tory Commission Report NUREG/CR-1581., February, 1979.

- [4] W. E. DUNN, G. K. COOPER, and P. M. GAVIN: »Evaluation of Mathematical models for Sharacterizing plume behavior from Cooling towers. vol. 3. Plume rise from Mechanical draft cooling towers«. Division of Environmental impact Studies. Argonne National Laboratory. U. S. Nuclear Regulatory Commission Report NUREG/CR-1581. December, 1979.

- [5] M. B. LaVERNE: »Oak Ridge fog and drift Program (orfad) user's manual«. Oak Ridge national Laboratory, Oak Ridge, Tennessee No. ORNL/TM-5021., 1976.

- [6] Environmental Systems Corporation: »The Kumuls Model for Plume and Drift Deposition Calculations for Indian Point No. 2.« Knoxville, Tennessee, 1977.

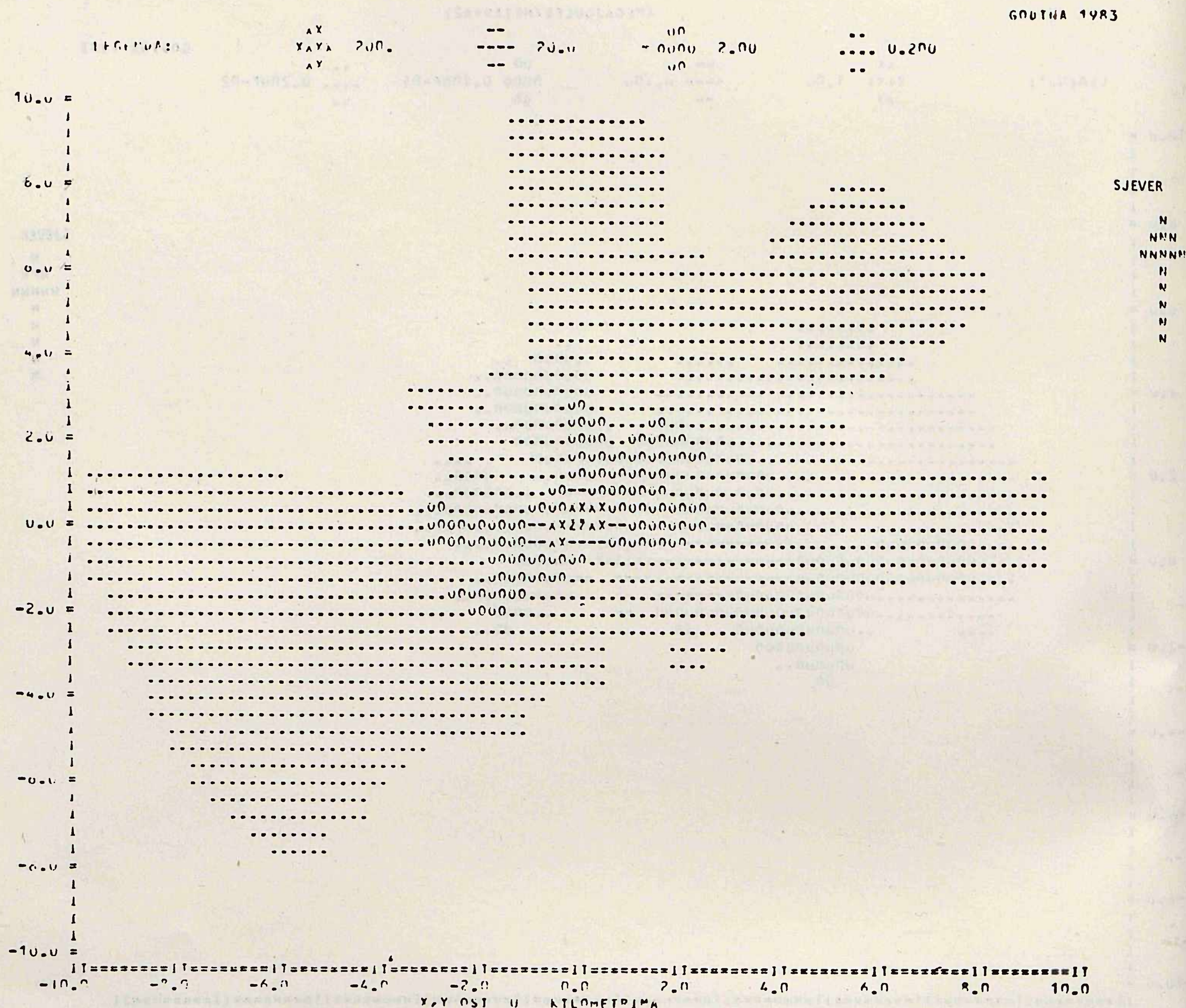
- [7] U. S. Environmental Protection Agency: »User's Manual for Singlesource (Crster) Model«. EPA-450/2-77-013. Office of Air Quality Planning and Stan-

dards. Research Triangle Park, North Carolina, July 1977.

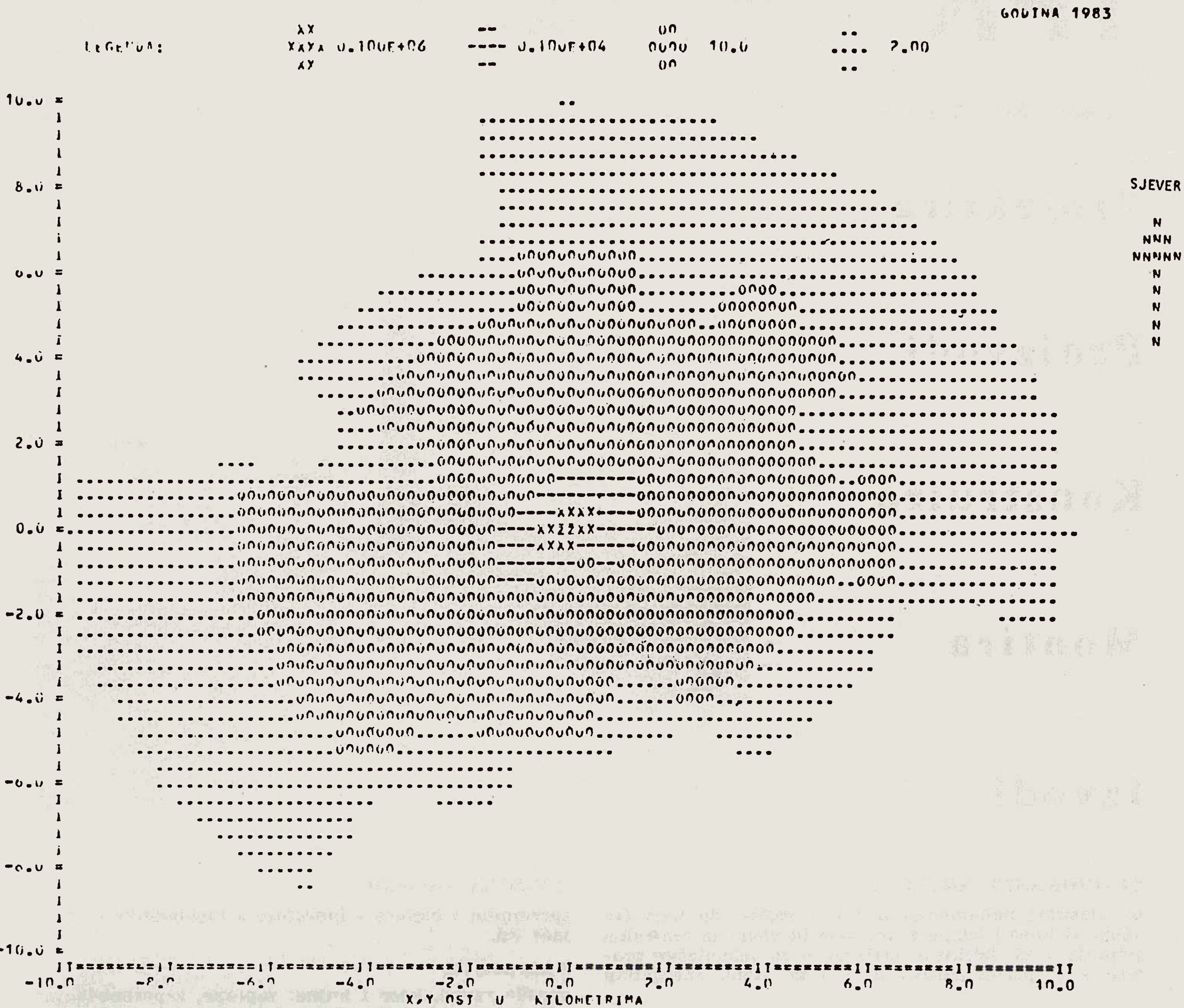
- [8] G. C. HOLZWORTH: »Mixing Heights, Wind Speeds, and Potential for Urban Air Pollution Throughout Contiguous United States«. Division of Meteorology Environmental Protection Agency. Office of Air Programs. Research Triangle Park, North Carolina, January, 1972.

- [9] A. J. POLICASTRO, W. CUNN, and R. CARHART: »Studies on Mathematical Models from Cooling Towers«. Executive Summary. EPRI Report No. EPRI CS-1683-54, April, 1981.

- [10] A. J. POLICASTRO and M. WASTAG: »Studies on Mathematical Models for Characterizing Plume and Drift Behavior from Cooling Towers. vol. 2. Mathematical Model for Single — Source (Single — Tower) Cooling Tower Plume Dispersion.« EPRI Report No. EPRI CS-1963. Volume 2, January, 1981.

Slika 9. Taloženje k. tvari iz kapljica (kg/km²/mjesec)

- [11] R. A. CARHART, A. J. POLICASTRO, S. ZIEMER, K. HAAKE, and W. DUNN: »Studies on Mathematical Models for Sharacterizing Plume and Drift Behavior from Cooling Towers. Vol. 2. Mathematical Model for single-source (Single-Tower) Cooling Tower Plume Dispersion«. EPRI Report No. EPRI CS-1963. Vol. 2. January, 1981.
- [12] W. E. DUNN, P. GAVIN, B. BOUGHTON, A. U. POLICASTRO, and J. ZIEBARTH: »Studies of Mathematical Models for Characterizing Plume and Drift Behavior from Cooling Towers. Vol. 3. Mathematical Models for Single-Source (Single-Tower) Cooling Tower Drift Dispersion«. EPRI Report No. EPRI CS-1963. Vol. 3., January, 1981.
- [13] A. J. POLICASTRO, R. A. CARHART, and M. WASTAG: »Studies on Mathematical Models for Characterizing Plume and Drift Behavior from Cooling Towers Vol. 4. Mathematical Model for Multiple-Source (Multiple-Tower) Cooling Tower Plume Dispersion«. EPRI Report No. EPRI CS-1963. Vol. 4., January, 1981.
- [14] A. J. POLICASTRO, W. E. DUNN, M. BREIG, and K. HAAKE: »Studies on Mathematical Models for Characterizing Plume and Drift Behavior from Cooling Towers. Vol. 5. Mathematical Model for Multiple-Source (Multiple-Tower) Cooling Tower Drift Dispersion«. EPRI Report No. EPRI CS-1683. Volume 5. January, 1981.
- [15] F. H. WU and R. C. KOH: »Mathematical Models for Multiple Cooling Tower Plumes«. W. M. Keck Laboratory for Hydraulics and Water Resources. Report KH-R-37. California Institute of Technology, July, 1977.
- [16] E. RYZNAR, D. BAKER, M. WEBER, D. KALIBAUM, and M. St. PETER: »An Investigation of the Meteorological Impact of Mechanical Draft Cooling Towers at the Palisades Nuclear Plant«. Department of Atmospheric and Ocean Science. University of Michigan, January 1980.
- [17] W. CASPAR and W. SCHARRER: Measurements of the Atmospheric Conditions and Observations of the Cooling Tower Plume IN: »Studies on a Natural Draft Wet



Slika 10. Pozicija vodenih kapljica (kg/km²/mjesec)

Cooling Tower». VDI Report. Vol. 15. No. 5. Ed. G. Ernst. pp 57-69, July, 1974.

[18] J. VOGEL: »Personal Communication«. Illinois State Water Survey. Champaign, Illiois, 1979.

[19] P. R. SLAWSON, T. L. CRAWFORD, C. H. GOODMAN, and E. R. CHAMPION: »Oservations of the Mechanical-draft Cooling Tower Plumes at Plant Gaston (data report)«
Environmental Fluid Mechanics Group. Department of Mechanical Engineering. University of Waterloo, and Southern Company Services Inc. Birmingham, Alabama, February, 1979.

APPROXIMATION OF NPP KRŠKO COOLING TOWERS IMPACT ON ENVIRONMENT

In the article is described an ANL model for approximation of NPP cooling towers impact on environment and is discussed about impact of NPP Krško on environment based on metheorological data of 1983 year.

BERECHNUNG DES EINFLUSSES DER KÜHLUNGSTÜRME DES KERNKRAFTWERKES KRŠKO AUF DIE UMWELT

In der Arbeit wird das ANL Modell für die Berechnung des Einflusses der Kühlungstürme auf die Umwelt nach den Phasen der Berechnung beschrieben. Hier wird dieser Einfluß berechnet und untersucht und zwar aufgrund der eingegangenen meteorologischen Daten aus dem Jahr 1983.

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ НА ОКРЕСТНОСТИ ГРАДИРЕН АЭС «КРШКО»

В работе описана модель АНЛ для оценки влияния градирен на окрестности по фазам расчета, а так же расчитывает и обсуждает влияние на окрестности АЭС «Кршко» на основании входящих метеорологических данных за 1983 год.

Naslov pisca:
mr Berislav Nadinić, dipl. inž.
Institut za elektroprivredu,
41000 Zagreb, Proleterskih b. 37
Jugoslavija

Uredništvo primilo rukopis
1986-04-31

TPK

INDUSTRIJA TERMOENERGETSKIH POSTROJENJA,
PROCESNE OPREME I KOTLOVA s n. sol. o. OOUR-a,
ZAGREB



Telefon: (041) 216-666

*

Telegram: TEPEKA — Zagreb

*

Telex: 21-319 YU TPK ZG

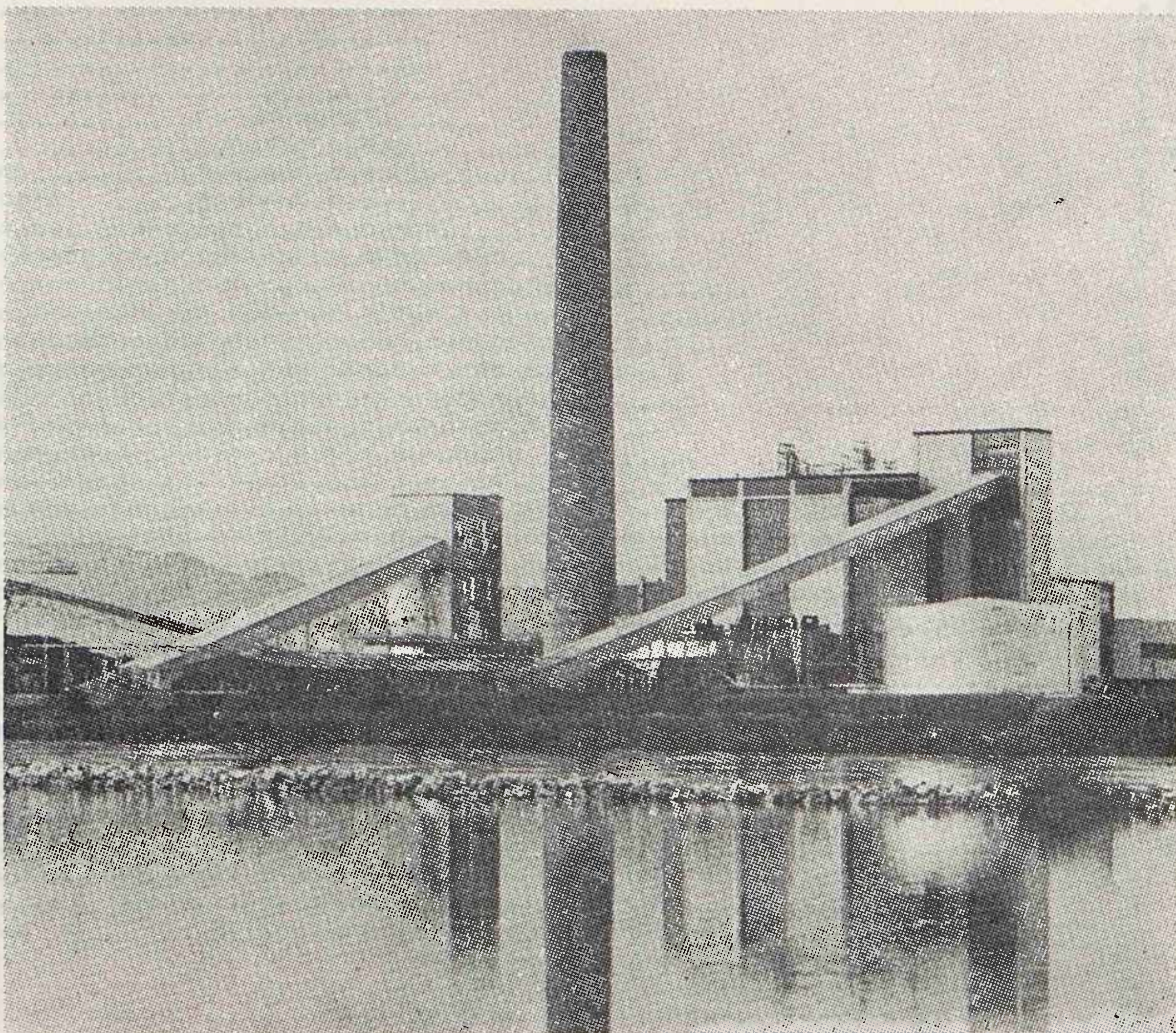
Projektira

Proizvodi

Konstruira

Montira

Izvodi



STACIONARNE KOTLOVE

po vlastitoj dokumentaciji i u suradnji do najvećih učina, tlakova i temperatura pare ili vode: za centralna grijanja • za daljinska grijanja • za tehnološke procese • za pogon parostrojeva • za baznu energetiku

BRODSKE KOTLOVE

po vlastitoj dokumentaciji i po licenci: glavne: • pomoćne: na naftu, na ispušne plinove, kompozitne itd.

ELEMENTE KOTLOVA

bubnjeve • cijevne sisteme • zagrijače vode • zagrijače zraka • pregrijače pare • čelične konstrukcije itd.

OPREMU KOTLOVNICA

uređaje za kemijsku pripremu vode • uređaje za toplinsku pripremu vode • cjevovode • hladnjake pare • spremnike goriva • razne posude pod tlakom • prečistače dimnih plinova • limene dimnjake • uređaje za transport goriva itd.

UREĐAJE ZA LOŽENJE

nepokretne roštilje • pokretne roštilje • mlinska ložišta • plinska ložišta • pneumatska ložišta • ložišta za drvenu piljevinu i otpatke • ložišta za ulja • ložišta za plin • drobilice i izbacivače šljake itd.

OPREMU ZA PROCESNU INDUSTRIJU

za petrokemijsku industriju • za farmaceutske industriju • za prehrambenu industriju • za industriju građevinskog materijala • za metalurgiju itd.

BRODSKU OPREMU

spremnike • bojlere • hidrofore • rashladnike • zagrijače itd.

ARMATURE

ventile ravne, kose i kutne: zaporne, zapornoodbojne, odbojne, regulacione, sigurnosne • hvatala nečistoće • glave za napajanje • termodinamička odvajala kondenzata • kondezne lonce • vodokaze • regulatore vodostaja • ispusne pipce • slavine • priрубnice za navarivanje itd.

ELEMENTE ENERGETSKIH UREĐAJA

posude pod tlakom • izmjenjivače topline • razne spremnike • podnice itd.

OPREMU ZA TEHNOLOŠKE PROCESSE

za zagrijavanje i toplinske obrade • za transport limova, profila i cijevi • pomoćnu za zavarivanje • za uvaljavanje cijevi itd.

PRIBORE

za pogonska ispitivanja vode • za utvrđivanje kvalitete radiograma • za toplinska mjerenja itd.

SERVISIRANJE ENERGETSKIH POSTROJENJA
REKONSTRUKCIJE ENERGETSKIH POSTROJENJA
LABORATORIJSKA ISPITIVANJA

defektoskopska • kemijska • metalografska • mehanička itd.

ATESTACIJU ZAVARIVAČA

RAZVOJNA ZNANSTVENA ISTRAŽIVANJA

MOGUĆNOSTI PROČIŠĆAVANJA DIMNIH PLINOVA U BUDUĆOJ PALIONICI OTPADA U ZAGREBU

mr Zlatko Milanović, Zagreb

UDK 697.34:696.4
PREGLEDNI RAD

U članku su navedeni različiti postupci pročišćavanja dimnih plinova, koji mogu doći u obzir za pročišćavanje dimnih plinova u spalionici otpada čija se izgradnja planira u Zagrebu.

Ključne riječi: otpaci, spaljivanje, pročišćavanje.

I. UVODNE NAPOMENE

U razvijenim zemljama problem likvidacije otpada nameće se danas kao osnovno pitanje očuvanja životne okoline. Kao što se početkom sedamdesetih godina nemetnula energetska kriza, tako se osamdesetih godina javila ekološka kriza. Od drugoga svjetskog rata paralelno s porastom standarda rastu količine otpada u domaćinstvima i industriji, a pogoršava se i kvaliteta proizvedenog otpada. Primjerice u Švicarskoj krajem šezdesetih godina računalo se sa oko 160 kg otpada po stanovniku, a krajem sedamdesetih godina sa čak 350 kg otpada po stanovniku godišnje. Pojedini gradovi u razvijenim državama Evrope danas proizvode i preko 400 kg otpada po stanovniku godišnje. Zagreb je u 1985. g. ostvario 230 kg otpada po stanovniku godišnje.

Lavina raznog otpada je eksplodirala nemilosrdno zagađujući našu okolinu (šume, jezera, rijeke, mora, podzemlje i sl.). Na slici 1. shematski je prikazana ukupna energetska i materijalna bilanca u prirodi odnosno ekosferi. Pokazuje se da je osnovna pokretačka poluga energija Sunca ili, točnije, energija. Dok god postoji pozitivan energetski tok, tj. dok god entropija sistema bude rasla, principijelno će priroda živjeti. To je nužan, ali ne i dovoljan uvjet našeg bivanja.

S druge strane, čovjek je u prirodi stvorio ekonomsko proizvodni sistem koji treba ljudima osigurati znatno veće mogućnosti potrošnje svih mogućih dobara, pa i nedobara. Ekonomski sistem temelji se na vječnoj želji velike većine ljudi da žive sve bolje. To pojednostavljeno znači da sve više troše, što opet znači da se sve više povećava proizvodnja. U odnosu na ekološki sistem, ekonomski ili umjetni sistem sve više i sve brže raste. Pri tome se sve više i sve brže proizvode i nove količine raznog otpada kao konačnog produkta ekonomskog sistema.

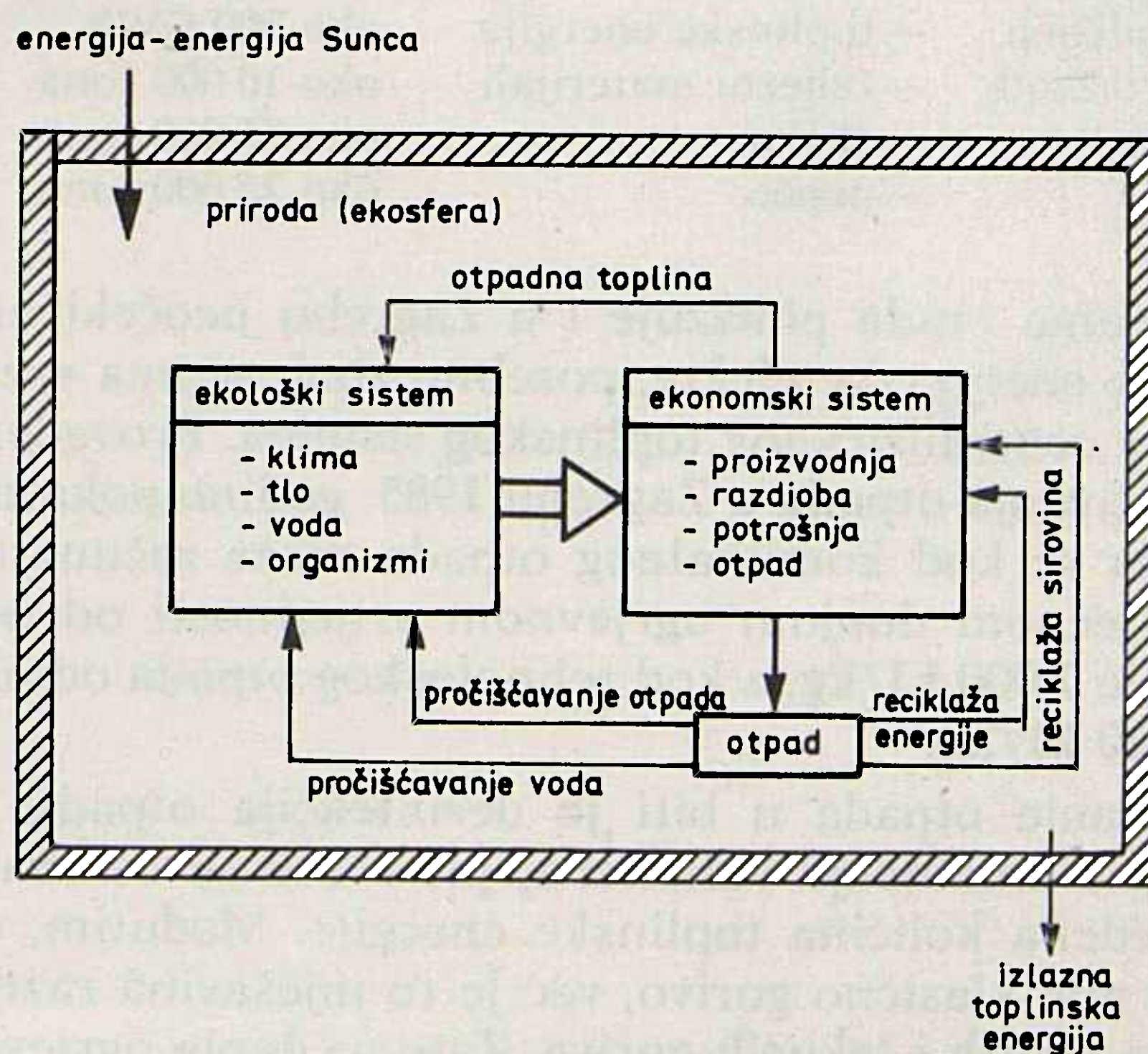
Otpad opet povratno djeluje na ekološki sistem, direktno ugrožavajući ekosferu i time čitav život u pri-

rodi. Zato je sigurno da nekontrolirani otpad donosi usporeni rast, društvene bolesti, umiranje i, na kraju, kolaps života. Ostaje samo pitanje kada će se to dogoditi, ali je sigurno da će biti to prije što se društvo bude brže razvijalo.

Želimo li se zaštititi od samouištenja, moramo brzo i kvalitetno prerađivati, likvidirati i deponirati sve vrste komunalnog i industrijskog otpada. Ne smijemo zaboraviti da stari lijekovi, otpadne boje, stare baterije, bočice spreja i sl. veoma opasno truju naš zrak, naše jelo i našu vodu.

Ispravno uništavanje otpada koji smo proizveli drugi je ključni uvjet našeg života na Zemlji. Svakim nekontroliranim odlaganjem otpada u prirodi mora se što prije prekinuti. Pri tome treba od samog početka paziti da se odstranjivanje otpada provede uz najveće moguće ekonomske efekte, ali uz minimalno zagađenje okoline.

I u Zagrebu je odstranjivanje komunalnog i tehnološkog (industrijskog) otpada složen problem koji se go-



Slika 1. Bilanca energetskih i materijalnih odnosa ekološkog (prirodnog) i ekonomskog (umjetnog) sistema

dinama akumulirao. Nameće se zaključak da je daljnji opstanak Zagreba uvjetovan cjelovitim rješenjem problema svih vrsta otpada.

Zato se posljednjih nekoliko godina u Zagrebu intenzivno istražuje optimalan način likvidacije otpada. Do sada su provedena brojna istraživanja, te izrađen niz studija, pri čemu se najveća pažnja posvetila ispitivanju količina i kvalitete komunalnog, tehnološkog i bolničkog otpada. Dosadašnje spoznaje pokazale su da je za Zagreb optimalno zajednički, integralno riješiti problem svih vrsta otpada na taj način da se otpad spali u posebnim kotlovima uz proizvodnju toplinske i električne energije. Istovremeno predlaže se provođenje programa maksimalne primarne reciklaže, tj. izdvajanje na licu mjesta svih korisnih sirovina i komunalnog i tehnološkog otpada.

Izrađena studija o TE-TO na otpad u Zagrebu 1985. godine pokazala je da se mogu očekivati sljedeće karakteristike postrojenja:

- a) koncepcija objekta:

izgaranje komunalnog, tehnološkog i bolničkog otpada Gradske zajednice općine Zagreb, uz proizvodnju električne i toplinske energije,
- b) količine otpada: (u 1995. god.)

— 320 000 tona godišnje (720 do 1 090 tona/dan) komunalni otpad

— 20 000 tona godišnje (45 do 65 tona/dan) tehnološki otpad

— 8 000 tona godišnje bolnički otpad
- c) energetska potencijal otpada:

— oko 700 GWh godišnje komunalni otpad

— oko 70 GWh godišnje tehnološki + bolnički otpad
- d) kapaciteti za spaljivanje:

3 × 15 t/h komunalni otpad

1 × 3,00 t/h tehnološki i bolnički otpad

(količina dimnih plinova 3 × 90 000 + 1 × 18 000 m³/h)
- e) energetska kapaciteti:

— električna snaga 18 MW

— toplinska snaga 85 MW
- f) moguća godišnja proizvodnja:

— električne energije oko 100 GWh

— toplinske energije oko 500 GWh

— željezni materijali oko 10 000 tona

— šljaka oko 75 000 tona

— pepeo oko 25 000 tona

Izgaranje otada pokazuje i u Zagrebu neočekivano velike energetske efekte, posebno zbog veoma razvijenog centraliziranog toplinskog sistema. Provedena istraživanja otpada u Zagrebu 1985. godine pokazala su da se kod komunalnog otpada može računati s prosječnom donjom ogrjevnom vrijednosti od najmanje 7 000 kJ/kg, a kod tehnološkog otpada od oko 12 000 kJ/kg.

Izgaranje otpada u biti je dezinfekcija otpada uz znatno smanjenje volumena, pri čemu se oslobađa određena količina toplinske energije. Međutim, otpad nije klasično gorivo, već je to mješavina raznih vrsta krutih i tekućih goriva. Zato se donja ogrjevna vrijednost komunalnog otpada u pravilu kreće između 4000 i 12 000 kJ/kg.

Izgaranjem ovakvog goriva, koje je ponekad dodatno zagađeno, dobivaju se dimni plinovi (od 5 500 do 6 000 m³N/toni otpada) koje je obavezno pročišćavati. Dimni plinovi iz palionice otpada mješavina su raznih plinova, vodene pare i čvrstih čestica pepela. Iskustva s radom palionica komunalnog otpada u svijetu pokazala su da se postižu na izlazu iz kotla vrijednosti iz tablice 1.

Tablica 1. Srednja emisija iz palionica komunalnog i tehnološkog otpada bez pročišćavanja dimnih plinova

	Komunalni otpad			Tehnološki otpad
	minim.	srednja vrijednost	maximalno	srednja vrijednost
HCl (mg/m ³ N)	150	800	3 000	4 000
HF (mg/m ³ N)	2	10	100	250
SO ₂ (mg/m ³ N)	200	400	900	2 000
leteći pepeo	2 000	4 000	5 500	8 000

Emisija štetnih plinova iz kotlova za izgaranje otpada pokazuje da je u nekim elementima (SO₂ i Nox) zagađenje čak i manje od zagađenja izgaranjem srednjeg i teškog loživog ulja. Međutim, neki štetni plinovi (HCl i HF prvenstveno), te posebno sadržaj letećeg pepela zahtijevaju ugradnju posebnih uređaja za pročišćavanje dimnih plinova prije njihova odvođenja u dimnjak.

Tehnologija pročišćavanja dimnih plinova i u svijetu je u razvoju. Zato će se za konkretan primjer palionice komunalnog i organskog tehnološkog otpada u Zagrebu razmotriti mogućnosti primjene poznatih, odnosno dostupnih varijanti pročišćavanja dimnih plinova. Ovaj problem je posebno značajan jer samo ispravno pročišćavanje dimnih plinova osigurava puno vrednovanje svih ekoloških prednosti palionice otpada. Troškovi izgradnje i eksploatacije uređaja za pročišćavanje dimnih plinova čine značajnu stavku ukupnih troškova palionice.

II. STANJE TEHNOLOGIJE ZA PROČIŠĆAVANJE DIMNIH PLINOVA IZ PALIONICA OTPADA

Do polovice sedamdesetih godina palionice otpada u pravilu su se gradile tako da su nakon kotlova za izgaranje otpada imale samo uređaje za odvajanje lebdećeg pepela. To je svakako bilo nužno jer se izgaranjem jedne tone komunalnog otpada dobije oko 25 kg lebdećeg pepela. Za odvajanje lebdećeg pepela koristili su se najviše elektrofiltri. Rjeđe su se koristili cikloni i vrećasti filtri. Danas se još uvijek velik broj starijih palionica otpada koristi samo filtrima za odvajanje lebdećeg pepela.

U toku sedamdesetih godina, porastom »ekološke svijesti« u svijetu, počeli su se razvijati takozvani »mokri« postupci pročišćavanja dimnih plinova. U daljnjem razvoju nastojali su se izbjeći osnovni ne-

dostaci mokrih postupaka, te su se pojavile razne varijante suhih i polusuhih postupaka, koji ne proizvode otpadne vode, već suh otpad. Također početkom osamdesetih godina pojavili su se mokri postupci sa suhim i polusuhim otpadom. Na osnovi današnjih spoznaja razlikujemo sljedeće postupke za pročišćavanje dimnih plinova iz palionica otpada:

- mokre postupke,
- suhe postupke
- polusuhe postupke.

a) Mokri postupci

Za pročišćavanje dimnih plinova, posebno od klorovodika i fluorovodika, najprije su se razvili takozvani mokri postupci. Pročišćavanje dimnih plinova iz kotlova za izgaranje otpada odvija se kod mokrih postupaka u sljedećim fazama:

- odvajanje krutih tvari u suhom odvajaju
- odvajanje štetnih plinova u mokrom peraču
- obrada otpadnih voda
- sušenje odnosno kristalizacija otpadnih tvari — voda sa ciljem da uređaj ne stvara otpadne vode
- ponovno zagrijavanje pročišćenih dimnih plinova prije ulaska u dimnjak.

U toku višegodišnjeg razvoja razne su firme stvorile različite varijante mokrog postupka. Razumljivo, što je pojedina varijanta mokrog postupka suvremenija, to su i konačni rezultati uglavnom i kvalitetniji. Pri tome treba uspoređivati samo postupke koji su i praktično izvedeni.

Zajedničko je za sve mokre postupke korištenje vode kao odlučujućeg medija za uspješno odvijanje procesa. Voda se koristi jer je:

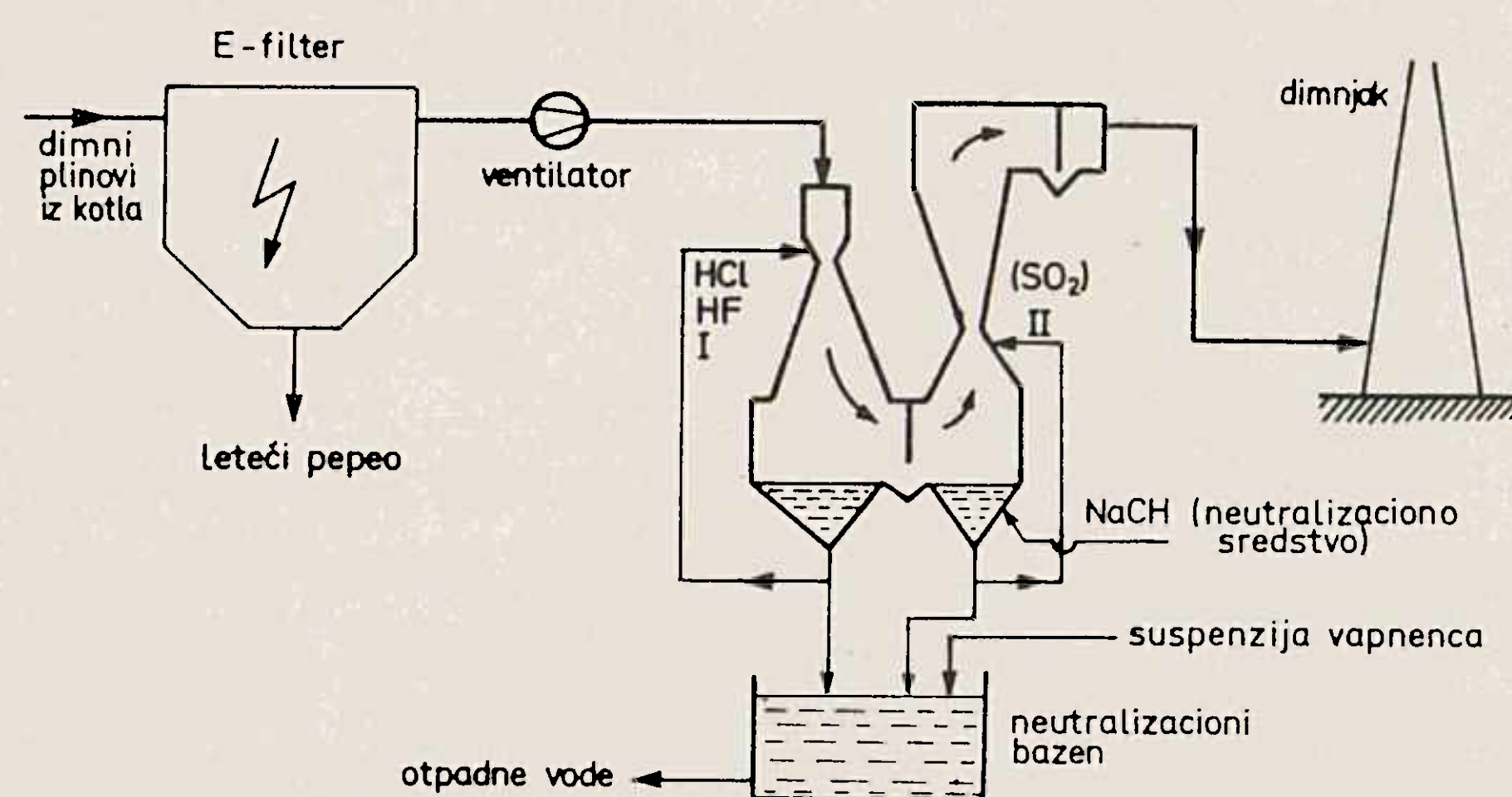
- dobro sredstvo za otapanje kiselih plinova (HCl, HF i SO₂), što stvara optimalne uvjete za korištenje neutralizacionog sredstva
- slabo sredstvo za omogućavanje kemijskih reakcija sa stvaranjem naslaga (npr. kalcijev sulfat)
- medij s velikom toplinom isparavanja.

Na osnovi korištenja vode kao odlučujućeg medija za sve mokre postupke, razvijeni su različiti postupci s različitim uređajima. Ipak, svi mokri postupci imaju ugrađen **perač dimnih plinova** koji može biti izveden kao:

- tavanski-kolonski perač
- venturi-perač
- radijalnostrujajući perač.

Perač mora s unutarnje strane biti antikorozivno zaštićen gumiranjem ili plastificiranjem.

Jedan već klasičan mokri postupak sa dva stupnja perača dimnih plinova i s otpadnim vodama prikazan je na slici 2. Dimni plinovi iz kotla za izgaranje otpada ulaze u elektrofilar, gdje se oslobađaju lebdećeg pepela. Pomoću ventilatora dimni se plinovi odvođaju zatim u perač sa dva stupnja. U prvom stupnju ispire se HCl (uz stupanj efikasnosti od 96 do 99 %) i HF. U drugom stupnju dodatno se ispire SO₂, uz stupanj efikasnosti 80 do 95 %. Pri tome se još i



Slika 2. Mokri postupak za pročišćavanje dimnih plinova, sa dva stupnja (lit. 1)

dodatno odvođa i leteći dio pepela koji je prošao elektrofilar, uz stupanj efikasnosti 90 %. (Elektrofilar se postavlja na početku procesa jer je rad elektrofiltra sa temperaturom dimnih plinova nižom od 180 °C problematičan. Isto tako, pogodno je prije samog pranja dimnih plinova izdvojiti čestice lebdećeg pepela.

Ovakav uređaj za mokro pročišćavanje može biti opremljen i dodatnim zagrijačem očišćenih dimnih plinova, koji zagrijava dimne plinove (prije ulaska u dimnjak) na 90 do 140 °C. Na izlazu iz perača dimni plinovi imaju temperaturu koja je veoma blizu rosišta (60 °C), što može kod određenih vrsta dimnjaka (npr. keramičkih dimnjaka) uzrokovati probleme. Dodatni zagrijač očišćenih dimnih plinova izvodi se tako da istovremeno hladi dimne plinove na ulazu u perač. Takav izmjenjivač topline dimnih plinova izložen je raznim korozivnim procesima, te u pravilu mora biti izrađen od specijalnih materijala (npr. stakla ili visokolegiranih metala), ili obložen posebnom plastikom. U svakom slučaju ugradnja ovakvog izmjenjivača donosi i probleme njegova redovnog čišćenja — pranja. Problem korozije dimnjaka, zbog niske temperature dimnih plinova, na izlazu iz uređaja za mokro pročišćavanje dimnih plinova, može se izbjeći u praksi još na sljedeće načine:

- ugradnjom ispred dimnjaka **dodatnog mješača** dimnih plinova i zagrijanog zraka (170 °C), čime se povećava temperatura dimnih plinova, ali se bitno povećava (oko 50 %) i volumen dimnih plinova, što opet zahtijeva veće presjeke dimnjaka
- izvedbom dimnjaka za »mokri pogon«, što znači da kvaliteta unutarnje obloge dimnjaka mora biti takva da rošenje odnosno kondenzacija dimnih plinova ne uzrokuje koroziju, tj. propadanje dimnjaka.

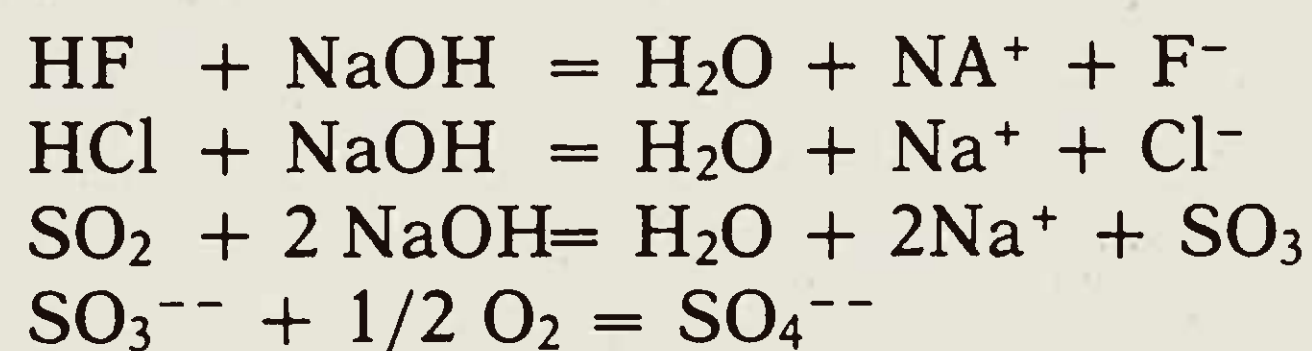
Krajem 1985. godine počelo se i kod postrojenja za izgaranje otpada razmišljati o korištenju latentne topline dimnih plinova. To se postiže pothlađivanjem dimnih plinova na temperaturu od 30 °C, što je znatno niže od temperature rosišta. Tako osušeni dimni plinovi zatim se mogu slobodno, i pothlađeni, odvoditi u dimnjak.

Iskustva s radom uređaja za mokro pročišćavanje dimnih plinova pokazala su da se okvirno postiže sljedeća čistoća dimnih plinova na ulazu u dimnjak:

- HCl oko 30 mg/m³N
 - HF oko 2 mg/m³N
 - prašina oko 25 mg/m³N
 - NO₂ oko 200 mg/m³N
 - SO₂ oko 300 mg/m³N
- kod jednog stupnja
 kod dva stupnja oko 100 mg/m³N.

Mokri postupci, dakle, omogućuju veoma sigurno i kvalitetno pročišćavanje dimnih plinova od štetnih tvari: HCl, HF i prašine. Bitno smanjenje prisutnosti SO₂ postiže se samo uz primjenu natrijeve lužine. Također se bitno smanjuje i udio oksida teških metala. Pri tome se ostvaruje gotovo optimalan (stehiometrijski) potrošak sredstva za neutralizaciju. Načelno se može računati s potroškom od oko 4,7 kg CaO za 1 tonu smeća, odnosno 0,8 kg CaO za 1 000 m³N dimnih plinova.

Kod mokrog postupka s natrijevom lužinom načelno dolazi do sljedećih kemijskih reakcija:



Dakle osnovni je princip pročišćavanja apsorpcija štetnih plinova u vodi odnosno specijalnoj tekućini, pri čemu se u pravilu dodaje neutralizaciono sredstvo (npr. NaOH ili Ca (OH)₂), koje još i dodatno povećava stupanj apsorpcije.

Međutim, mokri postupci iskazali su i jedan veliki nedostatak, proizvodnju relativno velikih količina otpadnih voda (oko 1 m³ otpadnih voda po toni otpada, odnosno 160 l/1 000 m³N).

Otpadne vode iz uređaja za mokro pročišćavanje dimnih plinova znatno su zagađene, i to posebno kloridima (6 000 mg/l), sulfatima (350 mg/l) i kalcijem (2 400 mg/l). Zato se ove otpadne vode, bez dodatnog pročišćavanja, ne mogu izravno ispuštati u okolinu.

To znači da je uz mokri postupak s otpadnim vodama potrebno ugraditi i dodatni uređaj za pročišćavanje otpadnih voda. Investicija u uređaj za pročišćavanje otpadnih voda nije nikako zanemariva. Isto tako treba računati s dodatnim troškovima eksploatacije.

Iskustva s radom uređaja za pročišćavanje otpadnih voda, iz uređaja za mokro pročišćavanje dimnih plinova, iz palionica otpada, pokazala su, da se dobivaju sljedeće otpadne količine:

- očišćena otpadna voda 130 – 180 l/toni smeća
- kolač iz filtra 4 – 7 l/toni smeća
- NaCl 4,8 l/toni smeća
- CaCl₂ 6,5 l/toni smeća.

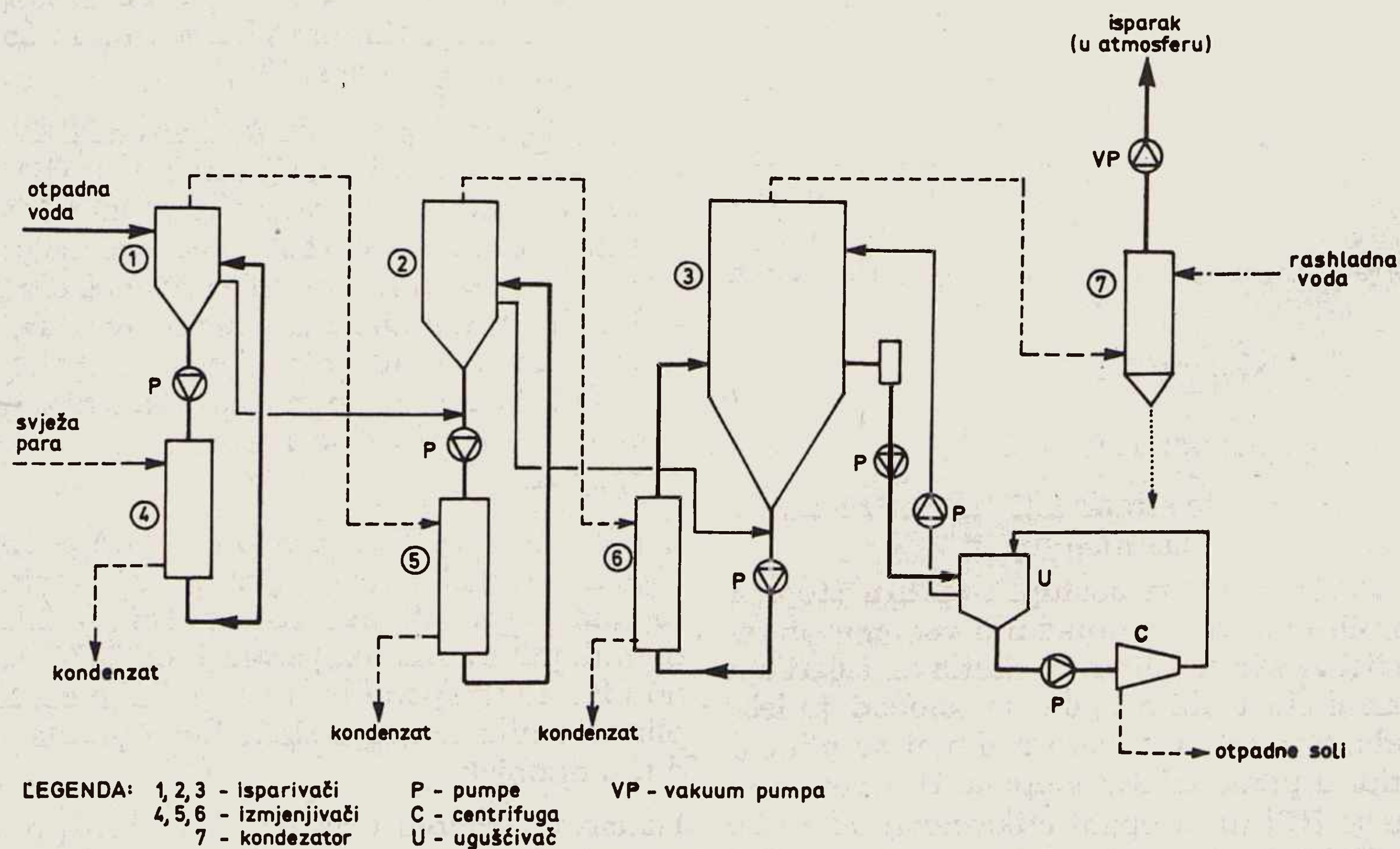
Umjesto uobičajenih uređaja za pročišćavanje otpadnih voda mogu se primijeniti i posebni uređaji za kristalizaciju soli iz otpadnih voda. U takvom uređaju kroz recirkulaciju voda se u potpunosti isparava, a soli se odvajaju centrifugiranjem.

Pojednostavljena shema jednog uređaja za kristalizaciju firme Lurgi, s trostepenim uparavanjem, prikazana je na slici 3.

Otpadna voda se najprije u isparivaču (1) zagrijava, isparava i koncentrira uz temperaturu od oko 100 °C. Toplina za zagrijavanje dovodi se pomoću svježe pare preko izmjenjivača topline (4). Pri tome se u izmjenjivaču topline ostvaruje velika brzina i time ograničeno zagrijavanje po jedinici protoka.

Isparak iz prvog isparivača odvodi se u drugi isparivač, a zatim i u treći isparivač, uz istovjetan proces. Isparak iz zadnjeg isparivača odvodi se u protustrujni kondenzator. Uz sniženi pritisak (vakuum) pomoću rashladne vode dolazi do kondenzacije uz temperaturu od oko 40 °C. Očišćeni kondenzat odnosno otpadne vode slobodno se odvođe.

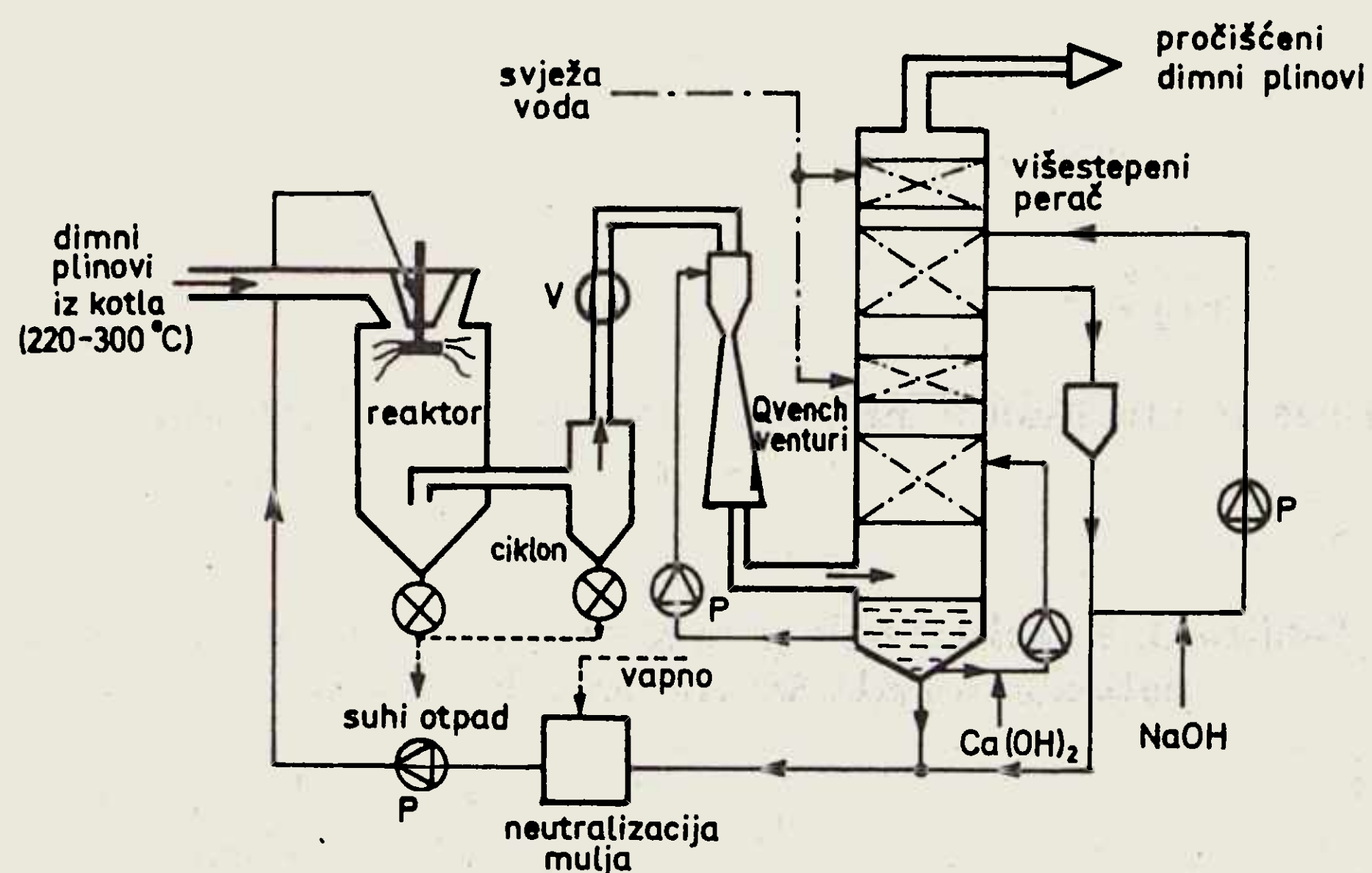
Koncentrat soli iz trećeg isparivača odvodi se u ugušivač, pa zatim u centrifugu, gdje se vrši konačno odvajanje soli.



Slika 3. Uređaj za kristalizaciju soli iz otpadnih voda (firma Lurgi)

Mokri postupci sa suhim otpadnim tvarima

Početkom osamdesetih godina pojavilo se nekoliko vrsta mokrih postupaka koji umjesto otpadnih voda proizvode ili potpuno suhi ili polusuhi otpad. Na slici 4. prikazana je shema »Ciba-Geigy« mokrog postupka sa suhim otpadnim tvarima. Taj postupak razvijen je kao jedna varijanta sistema »Ciba-Geigy« za pročišćavanje dimnih plinova iz palionice otpada.



Slika 4. Shema mokrog postupka sistema »Ciba-Geigy« bez otpadnih voda

Osnovna razlika, u odnosu na klasičan mokri postupak s otpadnim vodama, jest ugradnja reaktora odnosno isparivača — hladnjaka na samom početku procesa. U sušaču isparava prethodno vapnom neutralizirani mulj, koji se ubacuje u reaktor preko rotirajućeg diska. Na taj način proizvodi se suhi otpad, koji se izdvaja u samom sušaču i zatim suhom odvaža lebdećeg pepela (najčešće je to ciklon ili elektrofilar). U nastavku je proces pranja dimnih plinova identičan, samo što kod klasičnih mokrih postupaka nakon neutralizacije otpadnih voda dolazi uređaj za pročišćavanje otpadnih voda ili uređaj za kristalizaciju.

Ovdje treba istaći da su mokri postupci sa suhim otpadom jednako efikasni kao i mokri postupci s otpadnim vodama jer im je suštinski isti postupak odvajanja štetnih tvari. Posebno se to odnosi na izvanredno dobro odvajanje teških metala iz dimnih plinova. Upravo je visok stupanj odvajanja teških metala osobitost sistema »Ciba-Geigy«.

»Ciba-Geigy« postupak karakterističan je po mokro — mehaničkom odvajanju lebdećih tvari (aerosolno odvajanje) u drugom i trećem stupnju višestepenog perača dimnih plinova. Izdvajanje teških metala pri tome ovisi o:

- kondicioniranju dimnih plinova (temperatura, vlažnost, sadržaj HCl, turbulencije struje i sl.)
- primijenjenom načinu odvajanja lebdećih tvari mokrim putem, te korištenoj energiji
- primijenjenom načinu odvajanja kapljica tekućine iz pranja dimnih plinova.

Ispitivanja su pokazala da mokri postupak sistema »Ciba-Geigy« ostvaruje postotak izdvajanja teških

metala od 91,7% (Pb), odnosno 92% (Zn) do čak 99,9% za Cd ili 99,1% za Hg.

Dakle, posebnost je sistema »Ciba-Geigy« u sljedećem:

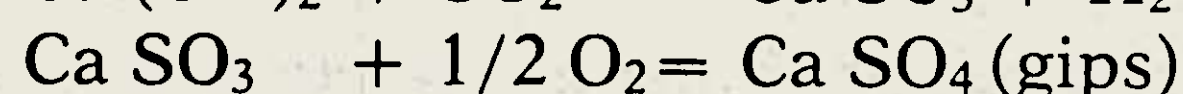
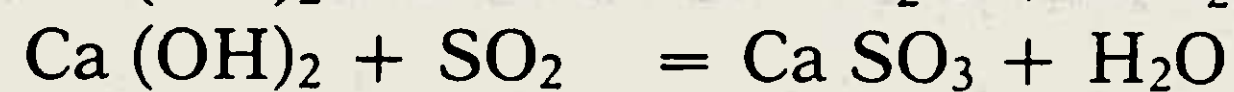
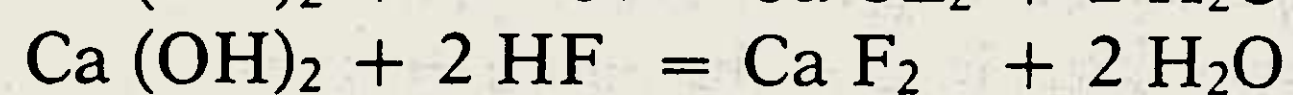
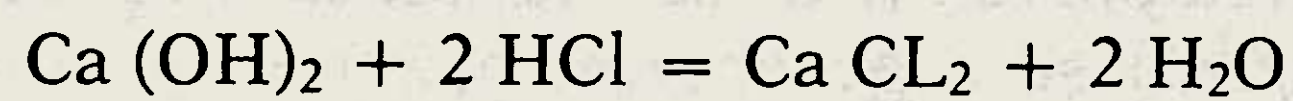
- uređaj nema elektrostatskih niti vrećastih filtera za izdvajanje lebdećeg pepela
- toplina dimnih plinova na izlazu koristi se za isparavanje efluenta i kondicioniranje suspendiranih čestica
- prisutna je recirkulacija otpadnog mulja, čime se smanjuje potrošnja kemikalija.

b) Suhi postupci

Krajem sedamdesetih godina razvili su se suhi postupci za pročišćavanje dimnih plinova, koji u odnosu na mokre postupke imaju dvije osnovne prednosti — ne proizvode otpadne vode i ne pothlađuju znatno dimne plinove.

Osnovni princip rada suhih postupaka jest adsorpcija štetnih tvari pomoću praškastog kalcijevog hidrata kao adsorbensa. Reakcija se u pravilu odvija u posebnom reaktoru, u koji se $\text{Ca}(\text{OH})_2$ dozira preko posebnih dizni ili preko rotirajuće ploče.

Pri tome dolazi do slijedećih kemijskih reakcija:



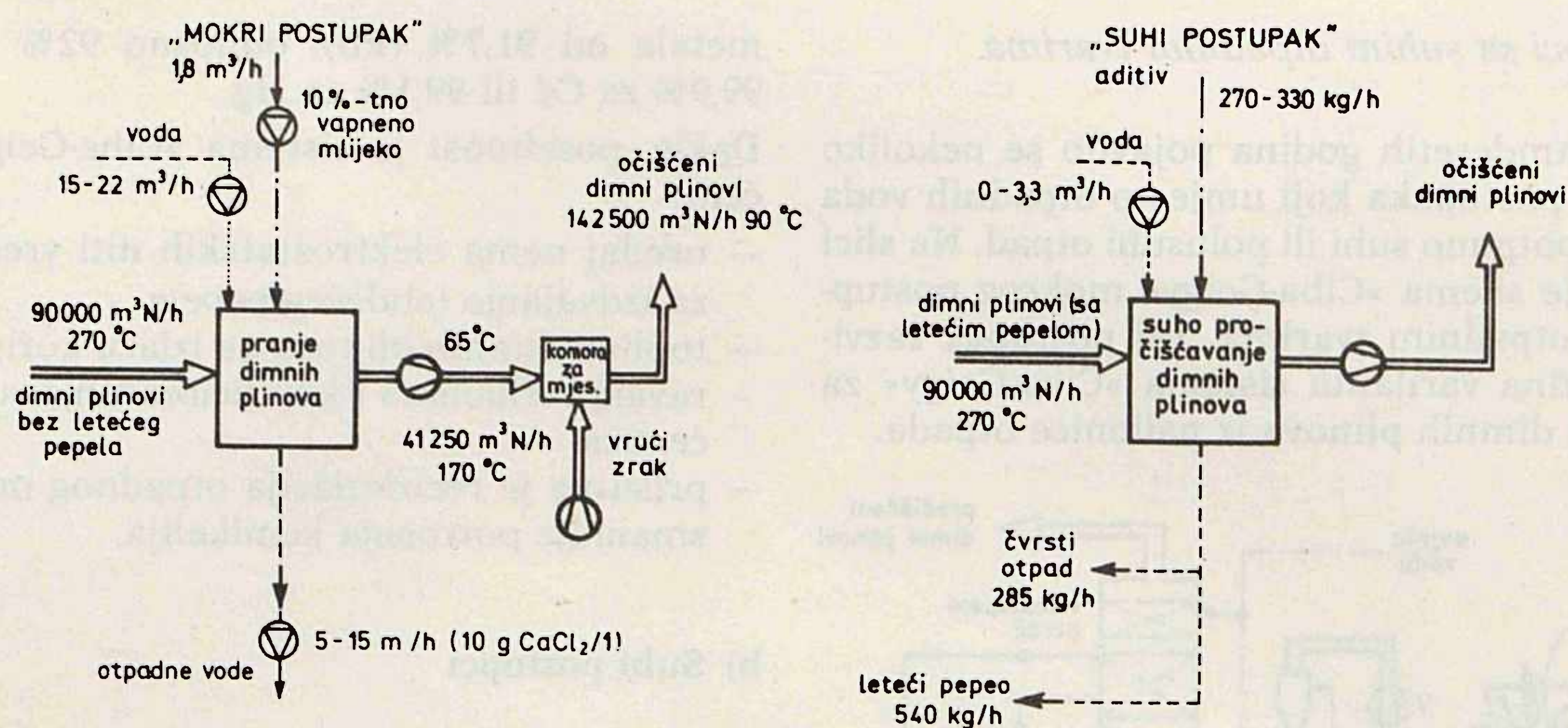
Pri suhom postupku proces adsorpcije odvija se u suhoj atmosferi, tako da se ostvaruje potrošak 3-4 puta veći od stehiometrijskog.

Usporedni pregled osnovnih shema mokrog i suhog postupka prikazan je na slici 5. Već na prvi pogled pokazuje se da je suhi postupak principijelno mnogo jednostavniji i u izvedbi i u eksploataciji. To znači da suhi postupci zahtijevaju manje specifične investicije, manje troškove održavanja, a najčešće i manje ukupne troškove održavanja. Budući da se pri suhim postupcima proces pročišćavanja odvija u suhoj atmosferi, nema opasnosti od korozije na postrojenju.

Suhi postupci ne pothlađuju dimne plinove u samom procesu čišćenja, te nema posebne opasnosti od korozije zbog rošenja u dimnjaku i dimovodnim kanalima. Zato, principijelno, pri suhom postupku elektrofilar može, i mora, biti ispred ulaza u dimnjak, tj. iza postupka pročišćavanja.

Na slici 6. shematski je prikaz suvremenog »suhog« postupka za pročišćavanje dimnih plinova s ekspanzirajućim, cirkulirajućim vrtložnim slojem koji je izvela firma Lurgi u palionici komunalnog otpada u Schwandorfu (SR Njemačka). U odnosu na druge »suhe« postupke, kod ovog postupka kao adsorpcijsni stupanj koristi se reaktor s cirkulirajućim vrtložnim slojem, a elektrostatski filtar sa žaluzinskim predodvajačem koristi se za izdvajanje lebdećeg pepela.

Osnovna karakteristika cirkulirajućeg vrtložnog sloja jest ostvarenje velike (maksimalne) razlike brzine



Slika 5. Usporedni pregled mokrog i suhog postupka za pročišćavanje dimnih plinova u palionici otpada (st. 858)

strujanja plina u odnosu na čvrste čestice. Po ovoj karakteristici cirkulirajući vrtložni sloj nalazi se između klasičnog vrtložnog sloja (male brzine strujanja i male razlika između brzina plina i čvrstih tvari) i transportirajućeg stanja (velike brzine strujanja sa veoma malom razlikom brzina plina i čvrstih tvari). Suhi postupak za pročišćavanje dimnih plinova u Schwandorfu pušten je u rad krajem sa 82. godine. U SR Njemačkoj se s posebnom pažnjom pratio rad ovog uređaja, koji je u radu ostvario rezultate iz tablice 2.

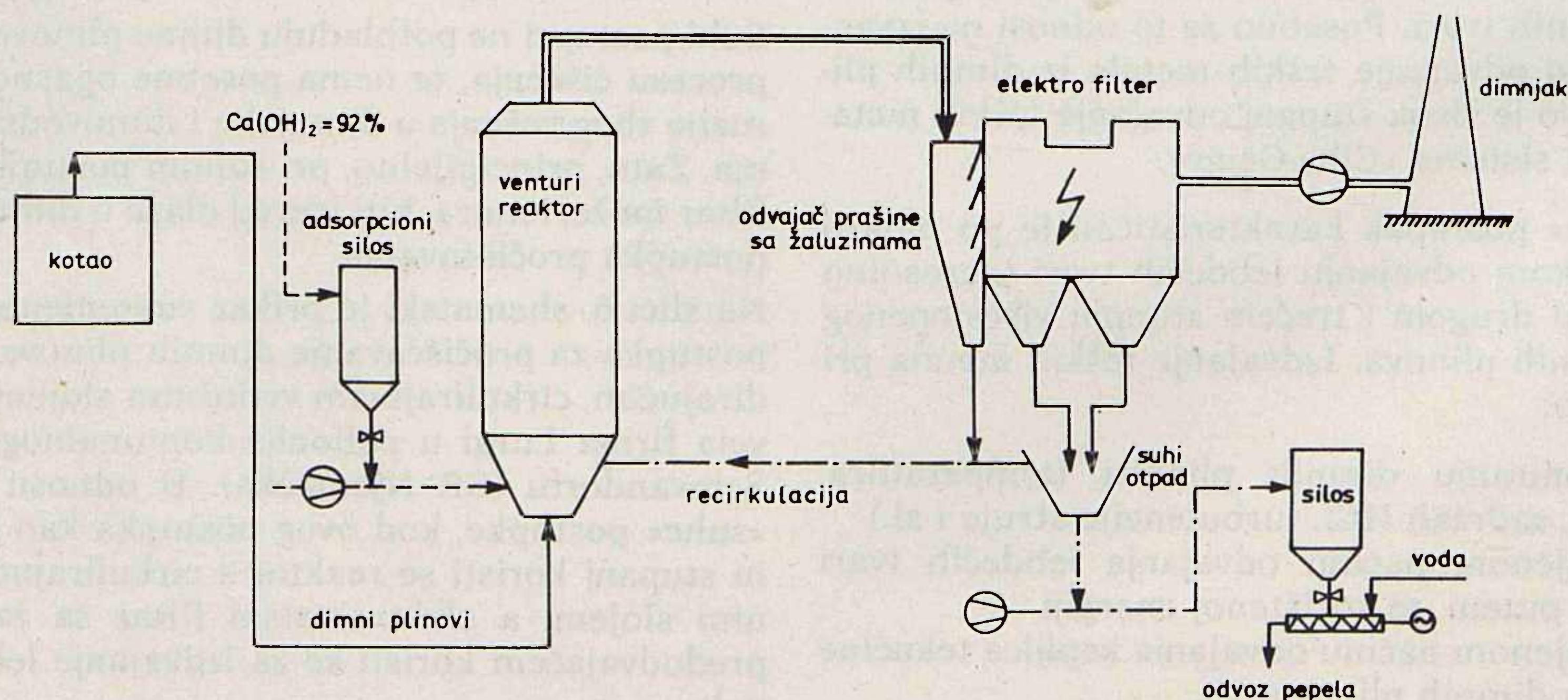
Potrošak 92%-tnog praškastog kalcijevog hidrata ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) iznosio je po uređaju između 300 i 330 kg. Preračunato, to je specifični potrošak od 16 do 20 kg $\text{Ca}(\text{OH})_2$ po toni otpada, odnosno 3,4 kg $\text{Ca}(\text{OH})_2$ / 1000 m³N dimnih plinova. U odnosu na mokre postupke potrošak kemikalija veći je 4 do 5 puta.

Specifična investicija u uređaj za pročišćavanje dimnih plinova iznosila je 44 DM/1000 m³N/h. Za svaki kotao kapaciteta 18,7 t/h komunalnog otpada investirano je u uređaj za pročišćavanje dimnih plinova 4,4 milijuna DM, što daje investicionu vrijednost od 235 000 DM/toni otpada/h.

Tablica 2. Rezultati suhog pročišćavanja dimnih plinova u palionici otpada Schwandorf (SR Njemačka)

	Izlaz iz kotlova		Izlaz čistih dimnih plinova	
1) količina dimnih plinova (Nm³/h)	97.000	—	—	—
2) temperatura dimnih plinova (°C)	220-240	240-270	—	—
3) HCl (mg/Nm³)	1 000	800-2 000	100	75
4) HF (mg/Nm³)	15	—	5	0,06-0,13
5) SO₂ (mg/Nm³)	500	300-600	—	150-200
6) prašina (mg/Nm³)	—	—	100	14-57
— od tog Klasa I (As, Be, Co, Ni)	—	20	0,76	
— Cr	—	—	5	0,23
— Cd	—	—	0,6	0,03
7) CO (mg/Nm³)	—	—	1 000	10-60

Potrošnja električne energije iznosi oko 350 kWh po uređaju za pročišćavanje dimnih plinova, što daje specifičan potrošak električne energije od 18,7 kWh/toni otpada, odnosno 3,6 kWh/1000 m³N.



Slika 6. Shema suhog pročišćavanja dimnih plinova u ekspanzirajućem cirkulirajućem vrtložnom sloju (firma Lurgi, palionica Schwandorf) (u pogonu od I/83. godine, izvedeno po TA-Luft) 1974. godine

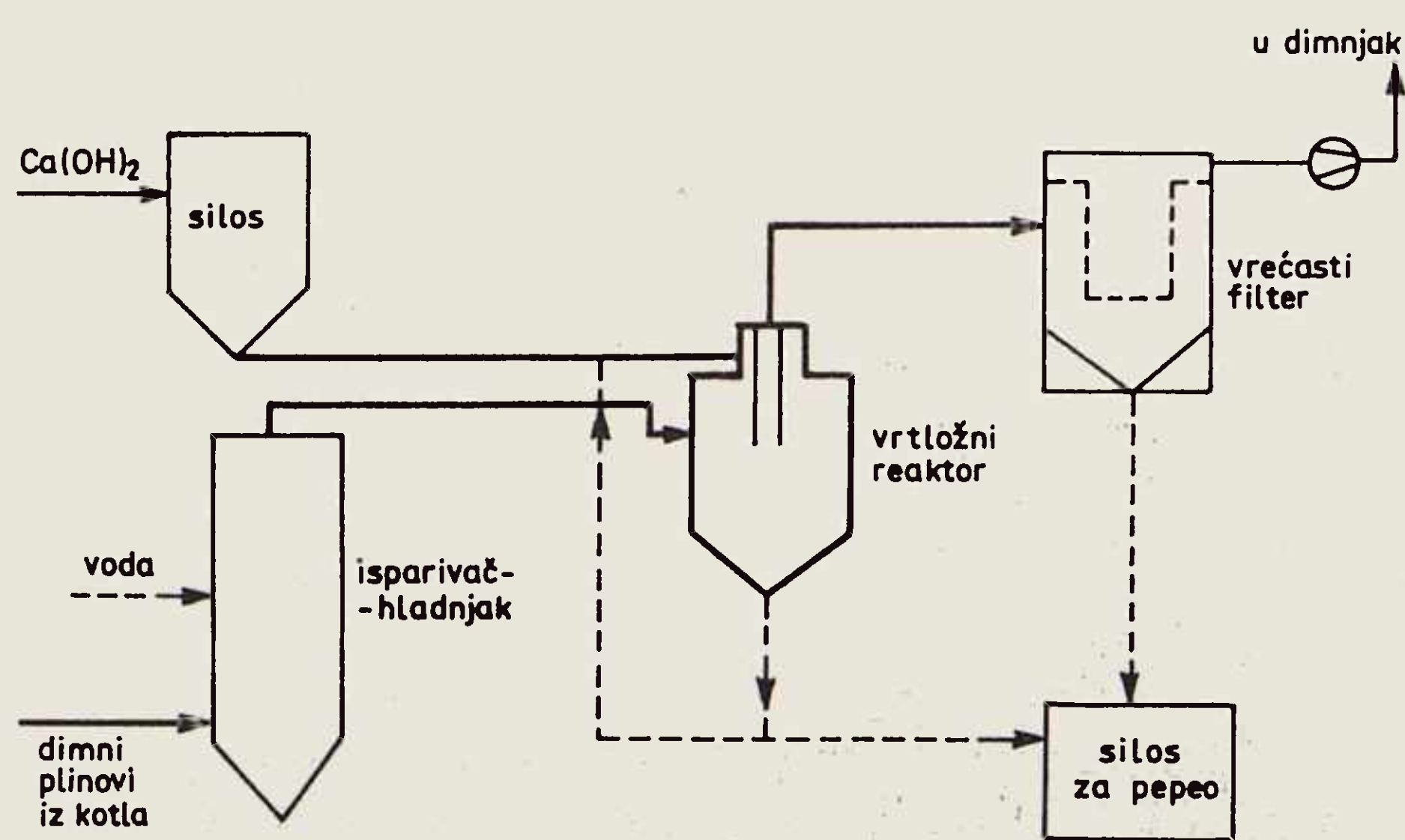
U eksploataciji palionice otpada Schwandorf suhi postupak za pročišćavanje dimnih plinova ostvario je sljedeće specifične troškove:

- kemikalije 2,32 DM/toni otpada (uz 130 DM/t $\text{Ca}(\text{OH})_2$)
- el. energija 2,00 DM/toni otpada (uz 0,1 DM/kWh el. energ.)
- održavanje 0,18 DM/toni otpada

Ukupni troškovi pročišćavanja = 4,5 DM/t otpada

Jedan složeniji suhi postupak, sistema Steinmüller, prikazan je na slici 7. Iskustva s radom suhih postupaka pokazala su:

- da stupanj odvajanja štetnih plinova raste uz povećanje sadržaja vlage dimnih plinova
- da djelotvornost postupaka raste primjenom fino samljevog kalcijevog hidrata (srednji promjer zrna oko 11 mikrona), koji usitnjen ima veću površinu (oko $14 \text{ m}^2/\text{g}$)
- da se porastom temperature reakcije, do određene mjere, može poboljšati stupanj odvajanja
- da produženo vrijeme reakcije ne utječe bitno na postupak.



Slika 7. Suhi postupak sistema »Steinmüller« (862)

Na osnovi tih spoznaja kod suhog postupka »Steinmüller, ispred reaktora ugrađen je poseban **isparivač — hladnjak**. U isparivač se ubrzgava voda, čime se osigurava kondicioniranje i regulacija temperature. Na taj način je, neovisno o promjeni tereta i onečišćenja kotlova za izgaranje otpada, konstantna (nešto snižena) temperatura dimnih plinova (oko 180°C). Istovremeno se povećava sadržaj vode u dimnim plinovima. Za ubrizgavanje vode u isparivač koriste se posebne dizne u kojima se pomoću zraka (tlaka oko 4 bara) voda raspršuje. Količina vode koja se ubrizgava regulira se prema izlaznoj temperaturi dimnih plinova.

Ohlađeni i ovlaženi dimni plinovi ulaze zatim tangencijalno u jedan **vrtložni — cilindrični reaktor**. Neposredno prije ulaska u reaktor izdvaja se dio dimnih plinova i miješa s pneumatski dodatim aditivom. Zatim se ovako aditivirani dio dimnih plinova uvodi na sam vrh reaktora.

U reaktoru se odvija već opisana adsorpciona reakcija. Izdvajanje očišćenih dimnih plinova aksijalno je

kroz poseban lijevak, tako da se dio letećeg pepela izdvaja već u reaktoru.

Čitava reakcija odvija se u suhoj atmosferi, tako da reaktor ne mora biti izrađen od posebnog materijala, odnosno ne mora biti gumiran.

Za mehaničko pročišćavanje lebdećeg pepela i produkata reakcije koristi se vrećasti filter, koji se čisti komprimiranim zrakom (Pulse-set-cijevni filter).

Od 1980. do 1982. godine probe sa suhim postupkom sistema Steinmüller pokazale su da se mogu postići sljedeće kvalitete pročišćavanja:

- HCl se može 90% odvojiti uz stehiometrijski faktor 5 (sa $700 \text{ mg}/\text{m}^3\text{N}$ na $70 \text{ mg}/\text{m}^3\text{N}$)
- HF se može 99% odvojiti već uz stehiometrijski faktor 1 (od $10 \text{ mg}/\text{m}^3\text{N}$ do ispod $1 \text{ mg}/\text{m}^3\text{N}$)
- SO_2 se može 60% odvojiti uz stehiometrijski faktor 5 (od prosječno $400 \text{ mg}/\text{m}^3\text{N}$ na oko $160 \text{ mg}/\text{m}^3\text{N}$)
- prašina se smanjuje sa $2-5 \text{ g}/\text{m}^3\text{N}$ na 70 do $90 \text{ mg}/\text{m}^3\text{N}$ sa elektrofiltrima, odnosno na svega 10 do $20 \text{ mg}/\text{m}^3\text{N}$ sa vrećastim filtrima
- sadržaj teških metala I klase (po TA-Luftu) održavao se između 7 i $9 \text{ mg}/\text{m}^3\text{N}$, što je ispod dopuštene granice od $20 \text{ mg}/\text{m}^3\text{N}$.

Dobra iskustva u probnom radu ovog postupka omogućila su njegovu primjenu u novoj palionici komunalnog otpada Würzburg (SR Njemačka) 1984. godine s kapacitetom $2 \times 65\,000 \text{ m}^3\text{N}/\text{h}$ dimnih plinova.

c) Polusuhi (kvazi suhi) postupak

Polusuhi postupci za pročišćavanje dimnih plinova razvili su se kao kombinacija mokrog i suhog postupka, sa željom da se objedine prednosti i istovremeno uklone nedostaci. Kod polusuhog postupka u reakciju se ubrizgava otopina neutralizacionog sredstva (najčešće zbog troškovnih razloga i deponiranja koristi se kalcijev hidroksid, ali može i natrijev hidroksid ili magnezijev hidroksid). Neutralizaciono sredstvo reagira s kiselim i štetnim plinovima. Količina i koncentracija otopine neutralizacionog sredstva dozira se tako da se ostvari potrebna pH vrijednost, da je toplina dimnih plinova u potpunosti dovoljna za isparavanje tekućina i da se ostvari potreban stupanj odstranjivanja — apsorpcije štetnih tvari. Na taj način iz procesa se izdvaja samo suhi otpad.

Na osnovi dosadašnjih spoznaja i iskustava polusuhi odnosno kvazisuhi postupci imaju sljedeće prednosti:

- ostvaruje se visoki stupanj izdvajanja toksičnih plinova i teških metala, jer se proces apsorpcije odvija u vlažnoj atmosferi (kao kod mokrog postupka)
- toplina dimnih plinova koristi se za dovodenje štetnih tvari i apsorpcionih dodataka u suho stanje, tako da se proizvodi samo suhi otpad (kao kod suhog postupka)
- nema potrebe da se ugrađuje dodatni zagrijač dimnih plinova ili poduzimaju druge mjere jer se temperatura dimnih plinova u procesu pročišćavanja bitno ne snižava (na izlazu iz apsorbera, uz

- ulaznu temperaturu od 250°C , positiže se temperatura dimnih plinova od 140°C)
- ostvaruje se relativno dobra apsorpciona efikasnost uz malu potrošnju apsorpcionog sredstva (potrošak kemikalija u odnosu na stehiometrijski odnos iznosi 1,5 do 1,75)
- pokazuje se velika fleksibilnost u radu, tako da se mogu pratiti bez većih problema promjene opterećenja (u omjeru 3 : 1) i temperature dimnih plinova
- u usporedbi s mokrim postupkom pokazuje se manji pad pritiska i manja potrošnja električne energije
- moguća je primjena vode slabije kvalitete, kao, primjerice, vode iz uređaja za pročišćavanje otpadnih voda.

U posljednje vrijeme navedene prednosti doprinijele su široj primjeni »polusuhih« postupaka. Pogotovo se to odnosi na nekoliko zadnjih godina korištenja ovog postupka u palionicama velikih gradova SR Njemačke (npr. München Nord, Düsseldorf, Frankfurt — rekonstruirana palionica puštena je u pogon 1985. godine).

Polusuhi postupak sistema »Düsseldorf«

Na slici 8. prikazan je jedan specifičan polusuhi postupak, posebno razvijen u palionici komunalnog otpada u Düsseldorfu. Taj postupak počeo se razvijati izgradnjom jednog malog probnog uređaja s protokom dimnih plinova od $4\,000\text{ Nm}^3/\text{h}$. Na malom uređaju ispitivao se sistem raspršivanja neutralizacionog sredstva i istraživali problemi strujanja. Kao neutralizaciono sredstvo koristilo se i natrijeva lužina i kalcijev hidroksid. Iako je korištenje natrijeve lužine (NaOH) pokazalo prednosti, posebno boljeg odvajanja klorovodika, prvenstveno zbog više cijene, odustalo se od korištenja NaOH.

Godine 1980. u Düsseldorfu je izveden drugi uređaj s kapacitetom od čak $80\,000\text{ Nm}^3/\text{h}$, koji je trebao u

potpunosti pročititi dimne plinove iz jednog kotla za izgaranje komunalnog otpada. Iako je prvi probni uređaj dobro radio, drugi uređaj pokazao je neke nedostatke. Prelazak sa uređaja od $4\,000$ na $80\,000\text{ Nm}^3/\text{h}$ pokazao se prebrzim. U samom pogonu drugog uređaja zato su postepeno uklanjali brojni problemi. Godine 1982. omogućeno je započeti izgradnju trećeg uređaja istog protoka od $80\,000\text{ Nm}^3/\text{h}$, koji je i prikazan na slici 8.

Posebnost polusuhog postupka sistema Düsseldorf jest korištenje sistema dizni za raspršivanje neutralizacionog sredstva. Razvoju vlastite dizne, na principu savinute cijevi, posvetila se posebna pažnja. Kao sredstvo za raspršivanje koristi se na dizni zrak pod pritiskom 3 — 4 bara. Sama dizna izrađena je od specijalnog materijala (V4A) i izvana presvučena slojem od termoplastike da se spriječi korozija. Na uređaju za protok dimnih plinova od $80\,000\text{ Nm}^3/\text{h}$ ugrađeno je 6 ovakvih dizni.

Osim o kvaliteti raspršivanja, efikasnost čitavog postupka ovisi o pripremi, i doziranju (regulacije dotoka) neutralizacionog sredstva.

U radu »polusuhog« postupka sistem »Düsseldorf« pokazalo se da se veći stupanj odvajanja štetnih plinova (posebno HCl) postiže korištenjem mokroga gašenog kalcijevog hidrata umjesto suhoga $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Uz stehiometrijski faktor (c) 3 postiže mokrim gašenim kalcijevim hidratom stupanj odvajanja:

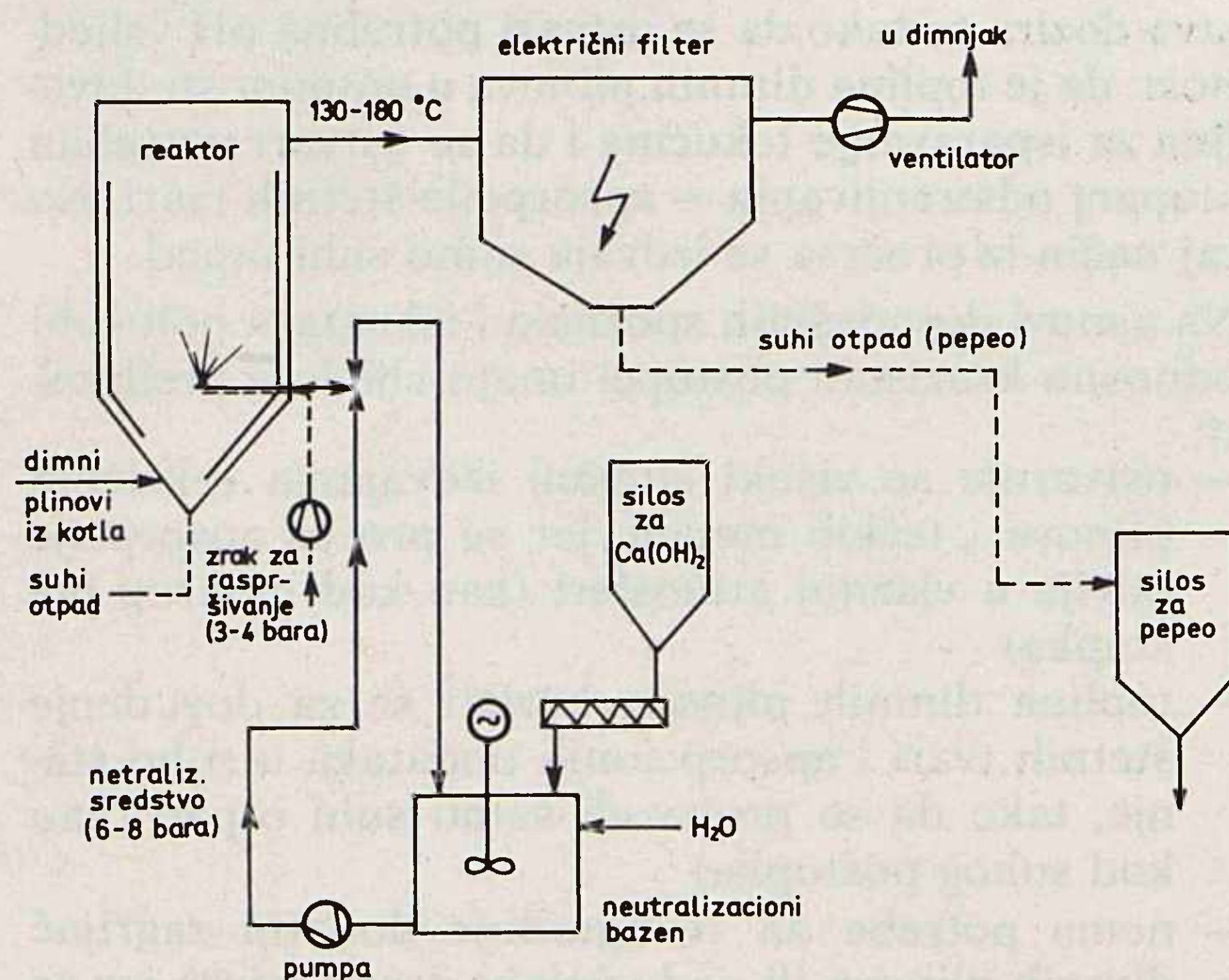
HCl od preko 90% (ispod $100\text{ mg}/\text{m}^3\text{N}$), HF gotovo 100% (redovito ispod $2,5\text{ mg}/\text{m}^3$) i SO_2 između 50 i 70% (150 do $200\text{ mg}/\text{m}^3\text{N}$). Sadržaj teških metala (Pb, Cd, Hg, Ni, Cr, Cu) ovim postupkom također se bitno smanjuje (stupanj odvajanja — 96,9%). Nakon elektrofiltra zaostaje oko $0,83\text{ mg}/\text{m}^3\text{N}$ teških metala (od toga 17% u obliku pare).

Ne računajući troškove probnih uređaja s polusuhim postupkom u Düsseldorfu, računa se da uređaj od $140\,000\text{ mN}^3/\text{h}$ stoji oko 4 milijuna DM. To daje specifičnu investiciju od $28,6\text{ DM}/\text{mN}^3/\text{h}$. Računa se da za posluživanje treba 1/2 radnika u smjeni. Potrošak električne energije iznosi oko 5 kW po toni otpada. Ukupni troškovi za ovaj postupak iznose u SR Njemačkoj $9,09\text{ DM}/\text{toni}$ otpada ($2,91\text{ DM}/\text{T}$ — troškovi kapitala), $2,52\text{ DM}/\text{toni}$ troškovi $\text{Ca}(\text{OH})_2$, $1,60\text{ DM}/\text{t}$ — troškovi održavanja, $0,75\text{ DM}/\text{t}$ — troškovi posade, $0,63\text{ DM}/\text{t}$ — el. energija, $0,49\text{ DM}/\text{t}$ — deponija, $0,19\text{ DM}/\text{t}$ — voda).

Polusuhi postupak sistema »Niro Atomizer«

Godine 1978. razvijen je »Niro Atomizer« postupak, koji je danas ugrađen u niz termoelektrana i palionica otpada. Osnovu tog sistema čini patentirani raspršivač »Niro Atomizer«, koji je smješten na vrhu apsorbera. Ovaj raspršivač izrađen je od materijala otpornog na koroziju, a osnovne površine gdje je prisutan protok tekućine izrađene su od tvrdih materijala otpornih na koroziju (npr. silicijev karbid).

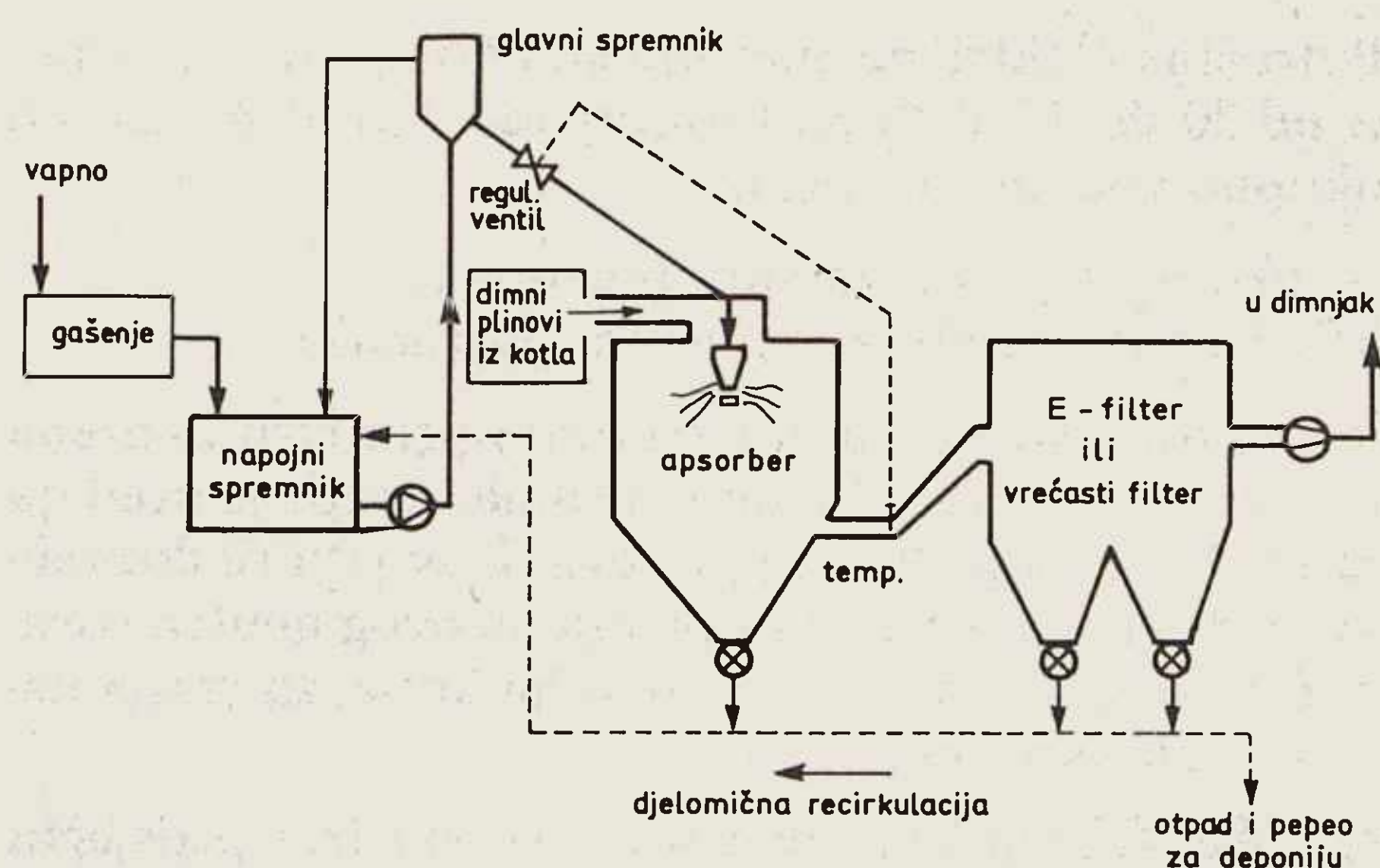
Uloga raspršivača je da se neutralizaciona tekućina maksimalno rasprši kako bi što veća površina tekući-



Slika 8. Polusuhi (kvazisuhi) postupak za pročišćavanje dimnih plinova (sistem »Düsseldorf«)

ne bila u dodiru s vrućim dimnim plinovima. Na taj način može se ostvariti puni efekt »prskajuće apsorpcije« kojom se omogućuje trenutno isparavanje dodanog neutralizacijskog sredstva i time smanjenje korozivnih procesa u apsorberu. »Niro Atomizer« omogućuje veoma dobro raspršivanje tekućine, tako da od 1 litre tekućine nastane 15 milijuna kapljica promjera oko 50 mikrona, što stvara ukupnu površinu raspršene tekućine od 120 m².

Na slici 9. prikazan je »polusuhi« postupak »Niro Atomizer«. Kiseli plinovi (npr. SO₂, SO₃, HF i HCl) apsorbiraju se neutralizacijskim sredstvom u alkalične kapljice koje se u struji vrućih plinova trenutno suše. Zato je jedna od regulacionih veličina za dotok neutralizacijskog sredstva temperatura na izlazu (120°C do 160°C) iz apsorbera. Važno je napomenuti da se apsorpciona reakcija mora provesti tako da ne nastane mokro stanje koje može uzrokovati koroziju apsorbera.



Slika 9. Polusuhi postupak »Niro Atomizer«

Zaostali produkt apsorpcije jesu sitne čestice otpada (uglavnom Ca SO₃, Ca Cl₂ i Ca Fe) koje se lako odvajaju u apsorberu i filtru ispred dimnjaka.

»Niro Atomizer« patentirao je i postupak djelomične recirkulacije proizvedenog otpada i pepela. Na taj način postiže se bolje iskorištenje neutralizacionog sredstva jer se eventualni alkalitet otpada iskorištava i smanjuje potrošak kemikalija. Recirkulacijom dovedene čestice otpada disperziraju na površini apsorbera i time povećavaju raspoloživu površinu za kemijsku reakciju. Također, postiže se jednostavnija regulacija jer se može održavati viša i konstantna količina suhe supstance, što je posebno važno pri promjeni količina plinova.

Polusuhi postupak pročišćavanja dimnih plinova proizvodi:

- kod kućnog otpada 80 – 90 kg suhog otpada/1 000 Nm³
- kod tehnološkog otpada 95 do 105 kg suhot otpada/1 000 Nm³.

Analiza ovog suhog otpada pokazala je sljedeću strukturu:

	Kod kućnog smeća	Kod tehnološkog otpada
— CaCl ₂	15-20 %	20-30 %
— CaSO ₃ + CaSO ₄	4-6 %	12-16 %
— Ca(OH) ₂	3-5 %	12-16 %
— pepeo i interni otpad	65-70 %	35-40 %
— voda	4-6 %	4-6 %

Mjerenja na uređajima s prskajućom apsorpcijom štetnih plinova pokazala su sljedeće vrijednosti:

	Dimni plinovi iz kotla	Očišćeni dimni plinovi	
		iz el. filtra	vrećasti filter
HCl (mg/m ³)	1 000 - 3 000	do 100	do 20
HF (mg/m ³)	25 - 75	do 0,3	do 0,3
SO ₂ (mg/m ³)	200 - 1 000	70 - 350	20 - 70
pepeo (mg/m ³)	2 400 - 5 500	20 - 40	5 - 10
teški metali (Hg, Pb, Cd, As)			
— ukupno (mg/m ³)	5 - 35	2 - 7	do 0,5
— u obliku pare	20 - 25 %	4 - 8 %	70 - 80 %
— u obliku čestica	75 - 80 %	92 - 96 %	20 - 30 %

U ovom pregledu interesantno je usporediti kavalitetu pročišćavanja dimnih plinova s elektrofiltrom u odnosu na rezultate nakon pročišćavanja vrećastim filtrom. Neosporno je da se primjenom vrećastih filtra postiže mnogo bolje odvajanje čestica — pepela iz dimnih plinova, što se najbolje uočava analizom izlaznih vrijednosti sadržaja teških metala i pepela. Iza elektrofiltra ukupni sadržaj teških metala viši je 4 do 14 puta nego sadržaj teških metala iza vrećastih filtra. Također je oko 4 puta bolje odvajanje lebdećih pepela vrećastim filtrom. Poznato je da su i u investiciji vrećasti filtri povoljniji, ali zato u eksploataciji uzrokuju mnogo više problema i troškova.

Potrošnja električne energije za polusuhi postupak »Niro Atomizer« iznosi ukupno od 20 do 25 kWh/toni otpada (od toga je oko 10 kWh/toni potrošnja na elektrofiltru i ventilatorima).

Potrošnja vode iznosi 40 do 60 kg/1 000 Nm³ dimnih plinova.

III. ISTRAŽIVANJE MOGUĆNOSTI PROČIŠĆAVANJA DIMNIH PLINOVA U TE-TO NA OTPATKE ZAGREB

Usporedimo li ostvarene rezultate opisanih postupaka za pročišćavanje dimnih plinova, uočava se da se u pravilu svim postupcima postižu vrijednosti koje zadovoljavaju stroge propise odnosno smjernice za emisiju štetnih plinova iz palionica komunalnog i tehnološkog otpada. U tabeli 3. dan je skraćeni pregled smjernica iz Švicarske.

S druge strane, još uvijek je u svijetu evidentan razvoj postupka za pročišćavanje dimnih plinova. Zato je pri odlučivanju o izboru pojedinog postupka gotovo odlučujuće dosadašnje praktično iskustvo sa sličnim postrojenjima.

Tablica 3. Švicarske smjernice za održavanje čistoće zraka pri izgaranju urbanih otpadaka

Za postrojenja s protokom smeće od više od 500 kg/h vrijede sljedeće granične vrijednosti emisija: prevedeno na 11 vol. % O₂:

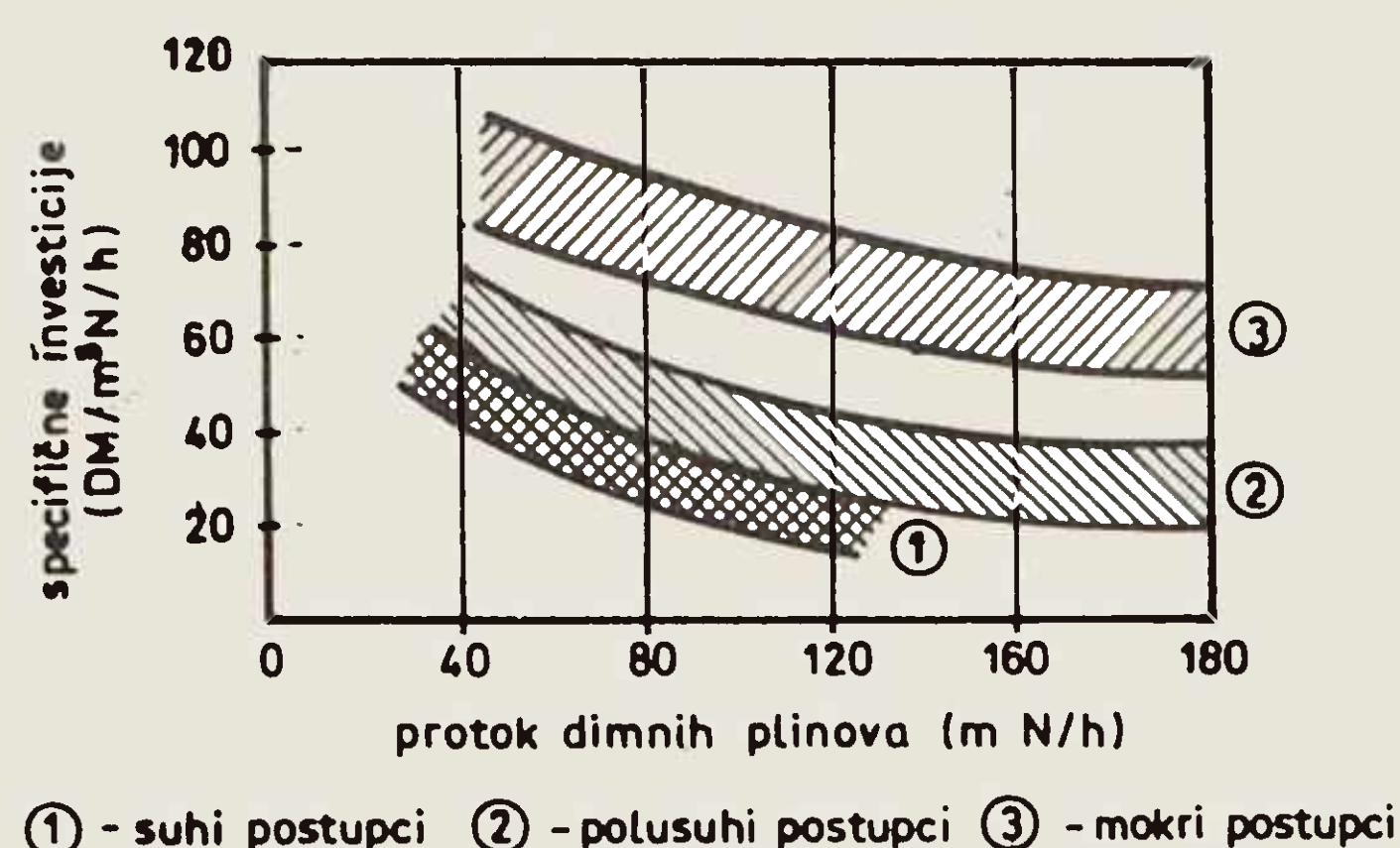
Prašina	mg/m ³	50		
Olovo i cink zajedno	"	5 (srednja vrijednost)		
Kadmij	"	0,1	"	"
Živa	"	0,1	"	"
CO/CO ₂	volumni odnos	0,002	"	"
Gubitak žarenjem emitiranih čvrstih čestica u čistom plinu	%	10		
Anorganski spojevi klora (kao Cl)	mg/m ³	100		
Anorganski spojevi fluora (kao F)	"	5		
Temperatura na izlazu iz dimnjaka		veća od 60 ° C		

U ovom času za izbor postupka pročišćavanja postoje 3 osnovna sistema (mokri, suhi i polusuhi), svaki sa barem dvije različite varijante (npr. mokri postupak s otpadnim vodama, mokri postupak sa suhim otpadom, zatim polusuhi postupak s elektrostatskim ili vrećastim filtrom i sl.). Tome još treba dodati različite proizvođače (projektante) istog osnovnog postupka.

Zato je danas pravilo da se kod svakog novog postrojenja konkretno razmotre ponuđeni sistemi uređaja za pročišćavanje dimnih plinova. Tek nakon detaljne analize ponuda treba se donijeti konkretna odluka. Takav nas postupak vjerojatno očekuje i kod definiranja postrojenja buduće TE-TO na otpatke Zagreb. Da bi se bolje pripremilo za raspisivanje natječaja i radi lakše kasnije analize, u nastavku će se istražiti jedno moguće dobro postrojenje za pročišćavanje dimnih plinova iz palionice komunalnog otpada u Zagrebu.

Na slici 10. dana je usporedba specifičnih investicija u uređaje za pročišćavanje dimnih plinova. Pokazuje se da za kapacitet dimnih plinova od 90 000 m³N/h, kako je planirano u Zagrebu, uređaj za suho pročišćavanje dimnih plinova dostiže specifičnu investiciju od 20 do 40 DM/m³N/h. Uređaji za polusuho pročišćavanje dimnih plinova zahtijevaju već 40 do 55 DM/m³N/h, a uređaji za mokro pročišćavanje do 60 do gotovo 90 DM/m³N/h. Nameće se zaključak da je potrebno izabrati suhi postupak za koji se pretpostavlja da bi u palionici Zagreb koštao 3 × 3,6 = 10,8 milijuna DM. Za polusuhi postupak na sličan se način pretpostavlja da bi trebalo izdvojiti 3 × 4,3 = 12,9 milijuna DM. Dakle, u investiciji polusuhi postupak zahtijeva oko 20% veći izdatak.

U eksploataciji treba, na temelju stvarnih iskustava sličnih postrojenja, računati da »suhi« postupci dostižu potrošnju kemikalija, i to suhog hidratiziranog vapna Ca(OH)₂ od 20 kg/toni komunalnih otpadaka. Za uređaj u Zagrebu to maksimalno iznosi 3 × 300 kg Ca(OH)₂/h. Za planirani godišnji kapacitet palionice otpada u Zagrebu od koji bi iznosio 320 000 tona komunalnog smeća utrošilo bi se 6 400 tona Ca(OH)₂.

**Slika 10. Usporedba specifičnih investicija za razne postupke pročišćavanja dimnih plinova**

Kod polusuhih postupaka troši se kao kemikalija kalcijev oksid (CaO) u količini od 10 do 12 kg/toni komunalnog otpada. Maksimalno bi se za komunalni otpad trošilo 3 × 175 tona CaO. Ukupna godišnja potrošnja CaO za planiranu količinu komunalnog smeća u Zagrebu iznosila bi 3 500 tona.

Potrošnja električne energije kod oba postupka iznosi od 20 do 24 kWh po toni otpada, što bi za Zagreb ukupno godišnje iznosilo:

- oko 6 400 kWh (za suhi postupak)
- oko 8 000 kWh (za polusuhi postupak).

Posebno je važno na konkretnom primjeru Zagreba istražiti, problematiku deponiranja otpada iz uređaja za pročišćavanje dimnih plinova. U svijetu se dozvoljava i uspješno organizira primjena ovog neutraliziranog otpada, kao i šljake iz roštilja kotla, za razna nasipavanja, posebno prometnica.

Na osnovi izvještaja ostvaruju se sljedeći prosječni troškovi pročišćavanja dimnih plinova:

- a) palionica komunalnog otpada Schwandorf (SR Njemačka) — suhi postupak 9 DM/toni otpada,
- b) palionica komunalnog otpada Düsseldorf/SR Njemačka — polusuhi postupak 9,09 DM/toni otpada.

Iz tih izvještaja proizlazi da polusuhi postupak može u praksi ostvariti gotovo iste troškove pročišćavanja kao i suhi postupci.

U tablici 4. prikazana je struktura troškova pročišćavanja dimnih plinova polusuhim postupkom. Uočava se da su troškovi investiranja i kemikalija najveći, što znači da bi tome trebalo dati priorite u odabiru najpovoljnije varijante za Zagreb.

Tablica 4. Struktura troškova pročišćavanja dimnih plinova (polusuhi postupak) u SR Njemačkoj (po toni komunalnog otpada)

— troškovi kapitala	2,91 DM/t	(32 %)
— troškovi kemikalija Ca(OH) ₂	2,52 DM/t	(28 %)
— troškovi održavanja	1,60 DM/t	(18 %)
— troškovi posade	0,75 DM/t	(8 %)
— troškovi el. energije	0,63 DM/t	(7 %)
— troškovi deponije	0,49 DM/t	(5 %)
— troškovi vode	0,19 DM/t	(2 %)
Ukupno	9,09 DM/t	(100 %)

Prema nekim drugim podacima pokazuje se da su troškovi deponije od 0,49 DM/t preniski. Zato ih treba prihvatiti s oprezom.

Okvirno, za izgaranje planiranih 320 000 tona komunalnog otpada godišnje treba računati sa oko 1,98 milijuna DM troškova eksploatacije. To treba uvećati za investicione godišnje troškove, koji na sličnom postrojenju u SR Njemačkoj iznose 930 000 DM.

IV. ZAKLJUČAK

U svijetu se tehnologija pročišćavanja dimnih plinova u posljednjih nekoliko godina brzo razvija. U tome prednjače ekonomski najrazvijenije zemlje u svijetu (SAD, Japan, SR Njemačka). Iako će se narednih godina pojaviti novi uređaji za pročišćavanje dimnih plinova, sigurno je da današnji nivo tehnologije osigurava izvanredno kvalitetno pročišćavanje dimnih plinova iz palionica otpada.

To je naročito važno jer se palionice otpada u pravilu lociraju unutar urbanih sredina.

Isto tako nameće se zaključak da potencijalni domaći proizvođači mogu dodatnim ulaganjima u eksperimentalna istraživanja dostići i pratiti svjetska dostignuća ove tehnologije. Naša industrija ima neke polazne prednosti, što je naročito važno za buduću TE-TO na otpatke Zagreb. Vjerojatno je zato moguće postići da domaća industrija u potpunosti isporuči kvalitetne uređaje za pročišćavanje dimnih plinova iz palionice otpada u Zagrebu do 1992. godine.

LITERATURA

- [1] K. J. THOME-KOZMANSKY: »Müllverbrennung und Rauchgasreinigung« E. F. Verlag für Energie — und Umwelttechnik GmbH, Berlin, 1983.

- [2] H. MOSCH: »Entscheidungskriterien für Müllverbrennungsanlagen« VGB Kraftwerkstechnik 85, Heft 12;
 [3] B. KASSEBOHM: »Rauchgasreinigung in Fernheizwerken mittels quas — trockenem Verfahren — System Düsseldorf« Stadwerk, Düsseldorf, AG;
 [4] V. FATTINGER: »Effluent — free Flue Gas Scrubbing Process to Separate the Fine Dust and the Noxious Gases from Waste Combustion Plants« International Recycling Congress, Berlin, 1979.

POSSIBILITIES FOR THE CLEANING OF FLUE GASES IN PLANNED WASTE BURNING PLANT IN ZAGREB

In the article is discussed about several methods for cleaning of flue gases, that can be applied in the planned waste burning plant in Zagreb.

MÖGLICHKEITEN DER RAUCHGASREINIGUNG IN DER ZUKUNFTIGEN MULL-VERBRENNUNGSANLAGE IN ZAGREB

Im Artikel werden verschiedene Methoden der Rauchgasreinigung angeführt die für die Reinigung der Rauchgase in der zukünftigen Mull-Verbrennungsanlage in Zagreb in Betracht kommen.

ВОЗМОЖНОСТЬ ОЧИСТКИ ДЫМОВЫХ ГАЗОВ В БУДУЩЕЙ УСТАНОВКЕ ДЛЯ СЖИГАНИЯ ОТХОДОВ В. Г. ЗАГРЕБЕ

В статье приводятся способы очистки дымовых газов, которые могут быть учтены для очистки дымовых газов, выделяемых установкой для сжигания отходов, сооружение которой планируется в г. Загребе.

Naslov pisca:

mr Zlatko Milanović, dipl. inž.
 »Elektrana-toplana« Zagreb
 41000 Zagreb, Zagorska 1
 Jugoslavija

Uredništvo primilo rukopis
 1986 — 04 — 28

ELEKTROPRIVREDA ZAGREB

OOUR Elektroprenos

ZAGREB

Obavlja u okviru svoje osnovne djelatnosti:

prijenos električne energije, izrađuje studije, razvoj i projektiranje, izgradnju i nadzor izgradnje elektroprijenosnih postrojenja i telekomunikacionih uređaja

OOUR ELEKTROPRENOS - ZAGREB
Proleterskih brigada 37 - Tel.: 513-822 i 511-455

VIJESTI IZ ELEKTROPRIVREDE

SLAVLJE U KNINU — OBILJEŽAVANJE DANA ELEKTROPRIVREDE

Zajednica jugoslavenske elektroprivrede i RO »Elektroprivreda Dalmacije« — OOUR »Hidroelektrene na Krki i Zrmanji« obilježili su Dan Elektroprivrede Jugoslavije, 130. godišnjicu rođenja Nikole Tesle i 80. godišnjicu postojanja i rada hidroelektrane Manojlovac nizom svečanih i radnih manifestacija u Kninu 10. srpnja 1986. Program proslave otvoren je svečanom Skupštinom delegata JUGEL—a kojoj su prisustvovali i predstavnici društveno-političkih organizacija, elektroprivrednih poduzeća i drugih privrednih organizacija. Skupštinu je otvorio pozdravnim govorom predsjednik Skupštine općine Knin. Generalni direktor JUGEL—a održao je prigodni referat o razvoju i današnjem stanju naše elektroprivrede. Direktor OOUR—a »HE na Krki i Zrmanji« osvrnuo se na uspješan rad HE Manojlovac u 80 godina postojanja i rada.

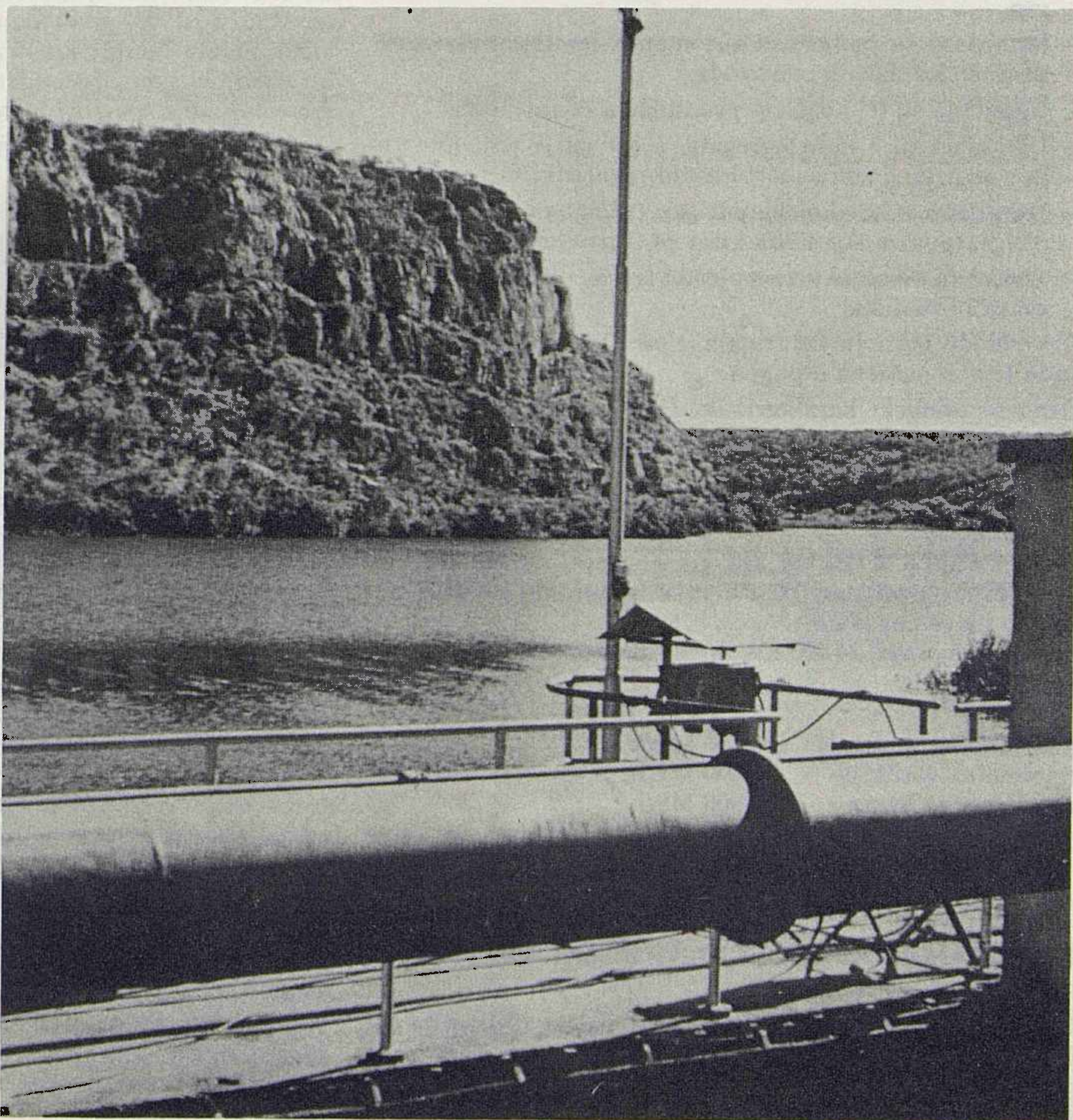
Uručena su i priznanja zaslužnim kninskim električarima«, tzv. »Posebna povelja«, koja se prvi put dodjeljuje jednom kolektivu te vrste u zemlji, a pojedincima su predane zlatne značke. Osim toga, dodijeljene su i plakete radnim kolektivima u elektroprivredi i izvan nje, te zlatne značke zaslužnim bivšim i sadašnjim članovima hidroelektrane. Isto ta-

ko, u povodu 80. obljetnice rada te hidroelektrane brojnim radnicima i umirovljenicima uručena su priznanja za njihov doprinos u radu. Na kraju svečanosti predsjednik Radničkog savjeta položio je u ime delegacija republika i pokrajina kamen temeljac na izvoru rijeke Krke za gradnju nove hidroelektrane »Krčić«.

Sudionici skupštine posjetili su i razgledali postrojenje HE Manojlovac.

Značaj HE Manojlovac

HE Manojlovac počinje s proizvodnjom električne energije 1906. godine. O toj hidroelektrani teško je govoriti a da se ne spomene ime Nikole Tesle, koji je svoja genijalna otkrića na području višefaznih sistema patentirao 1887. godine. Osam godina kasnije ostvaren je prijenos električne energije iz hidroelektrane izgrađene na Nijagari do grada Buffala. Teslina otkrića višefaznih izmjeničnih sistema omogućavaju proizvodnju i prijenos energije na velike udaljenosti. Do tada se elektrifikacija temeljila na istosmjernoj struji i na izvorima energije koji su bili smješteni u centrima potrošača. Samo deset godina kasnije, tj. 1906. godine, potekla je izmjenična struja iz HE Manojlovac do tvornice karbida,



HE Manojlovac — ulazni uređaj dovodnog tunela

kasnije tvornice ferolegura kraj Šibenika. Korištenjem električne energije iz HE Manojlovac počinje na tom prostoru industrijski razvoj. Razvija se crna, a kasnije i obojena metalurgija koja danas zapošljava nekoliko tisuća radnika.

Obnova hidroelektrane

Odmah nakon oslobođenja razmatrane su mogućnosti rekonstrukcije stare i izgradnja nove hidroelektrane veće snage koja bi se izgradila na većem padu. Poratne prilike i oskudica električne energije bile su presudne u pogledu daljnje sudbine HE Manojlovac. Tada je zaključeno da se temeljito obnovi i rekonstruira postojeća hidroelektrana.

Pedesetih godina nastavlja se s radom na obnovi hidroelektrane. U taj zahvat uključeni su isključivo naši projektanti i proizvođači opreme: RO »Elektroprojekt« Zagreb, tvornice »Rade Končar«, »Litostroj« i »Metalna«.

Izvedeni su sljedeći radovi:

- Izvedeno je nadvišenje brane za 85 cm, što je povećalo akumulaciju s 75.000 m³ na 375.000 m³ i omogućilo stvaranje akumulacije za dnevno izravnanje.
- Ugrađeni su novi segmenti zatvarača na ulaznom uređaju s elektromotornim pogonom.
- Očišćen je dovodni tunel (skidanje debelih naslaga sadre), što je omogućilo projektirani protok od 24 m³/sek.
- Rekonstruirana je vodna komora i demontirani segmentni zatvarači, te ugrađena tri nova tlačna cjevovoda zavarene izvedbe, dok je četvrti djelomično rekonstruiran
- Montirani su pomoćni i automatski leptirasti zatvarači na početku tlačnih cjevovoda.
- Ugrađena su tri kuglasta predturbinska zatvarača.
- Ugrađena su 3 nova agregata, a četvrti je temeljito rekonstruiran s novim turbinskim regulatorom.
- Izgrađeno je novo rasklopno postrojenje za 6 kV, 10 kV i 35 kV, te nova komanda i nov preljerni kanal-brzotok,
- Izgrađeni su objekti za smještaj pomoćnih pogona, radionica i skladišta.

Obnova HE Manojlovac trajala je od 1952. do 1956. godine, kada je ona puštena u pogon.

Osnovne tehničke karakteristike HE Manojlovac su:

energetska vrijednost korisnog volumena akumulacije 0,092 GWh,
hidroelektrana — bruto pad 105 m, konstruktivni pad turbine 102 m,
turbine — nove 36 700 kW, rekonstruirana 1 × 4 500 kW,
generatori — novi 3 × 6 400 kW, rekonstruirani 1 × 4 400 kW,
faktor snage cos ϕ 0,8,
instalirana snaga 24 000 kW, instalirani protok 24 m³/sek.

Proizvodnja:

maksimalna godišnja	148 500 MWh,
minimalna godišnja	95 800 MWh,
prosječna godišnja	122 900 MWh.

I. Radman

PROGRAM RAZVOJA ELEKTRONIKE DO 1990.

Prihvaćen je »Program razvoja elektroničke industrije SR Hrvatske za razdoblje 1986. do 1990. godine«. Osnovica usvojenog programa uzeta je iz studije »Elektronička industrija kao jedan od razvojnih pravaca SR Hrvatske«, a uzeti su u

obzir i pojedinačni planovi radnih organizacija elektroničke djelatnosti koje su prošle uobičajeno usklađivanje rada na srednjoročnom planu.

Program je vrlo ambiciozan. Tako se u razdoblju od 1986. do 1990. godine predviđa ukupni rast proizvodnje elektroničke industrije po godišnjoj stopi 20,4, a društvenog proizvoda 25,4 posto. Brži rast društvenog proizvoda u usporedbi s rastom proizvodnje govori da se od programa očekuju i znatne kvalitativne strukturne promjene u proizvodnji i poslovanju, moderniziranjem već uvedenih programa, ali i razvojem novih.

Razvoj elektronike u SR Hrvatskoj od 1986. do 1990. godine temelji se na šes osnovnih elemenata:

- tehnološkom
- komunikacijskoj opremi
- računarsko-informatičkoj opremi
- opremi za automatizaciju
- Elektroničkim uređajima i
- elektromedicinskoj opremi.

Neki su od tih elemenata u proteklom razdoblju znatno unapređivali, primjerice proizvodnja komunikacijske opreme i opreme za automatizaciju proizvodnje koja već ima znatno proizvodno iskustvo, kapacitete i kadrove.

Zacrtanim programom razvoja elektronike do 1990. godine velika pažnja poklonjena je izvozu koji je usklađen sa zahtjevima svjetske elektroničke industrije.

Hrvatska je u 1985. godini izvezla za 120 milijuna dolara elektroničkih proizvoda, a u 1990. izvoz bi dosegao 345 milijuna dolara. To je 40 posto vrijednosti ukupne proizvodnje.

Da bi se takav razvoj uspješno odvijao, u idućim godinama, od 1986. do 1990, predviđaju se znatna ulaganja u elektroničku industriju od oko 45 milijardi dinara (cijene 1985) U investiciji bi s najviše sredstava sudjelovali elektronička industrija, zatim bankovni krediti i sredstva sudjelovali elektronička industrija, zatim bankovni krediti i sredstva od zajedničkih ulaganja.

Program predviđa i rast zapošljavanja u elektroničkoj industriji stopom 5,9 posto, dakle još 5 000 zaposlenih, od čega 50 posto s visokom stručnom spremom.

Program ne zanemaruje ni razvoj stručne kadrovske osnove. Predviđaju se znatna ulaganja u proširenje i modernizaciju Elektrotehničkog fakulteta u Zagrebu i Fakulteta elektronike, strojarstva i brodogradnje u Splitu. U idućim godinama očekuje se da oni školuju veći broj kvalitetnih inženjerskih kadrova.

I. R.

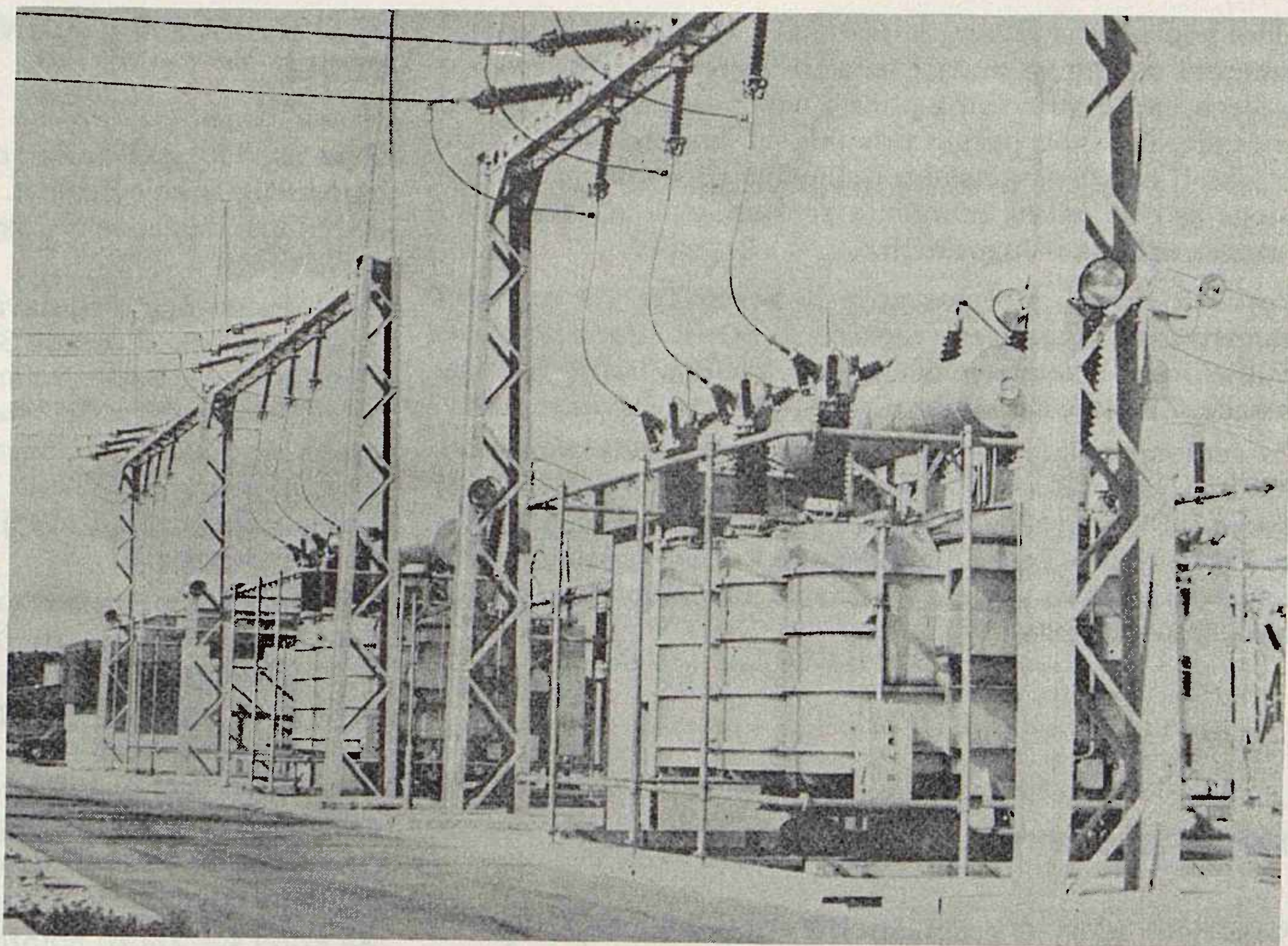
TRIDESET GODINA RADA »ELEKTROPRENOSA« SPLIT

Kolektiv OOUR-a »Elektroprenos« Split proslavio je 20. srpnja 1986. 30 godina postojanja. Ovaj jubilej obilježen je svečanom sjednicom Radničkog savjeta kojoj su prisustvovali članovi kolektiva, predstavnici elektroprivrednih organizacija iz svih republika i pokrajina, poslovni partneri, kao i predstavnici društveno-političkih organizacija.

Na svečanosti su uručene plakete i priznanja zaslužnim radnicima i umirovljenicima »Elektroprenosa«. Priznanja su dobile i mnoge organizacije iz elektroprivrede i poslovni partneri.

»Elektroprenos« Split osnovan je 1. siječnja 1956. U svom 30-godišnjem radu »Elektroprenos« je doživljavao određene organizacijske promjene. U sklopu poduzeća danas djeluje 9 radnih jedinica, a unutar radnih jedinica razvijene su i druge specijalnosti.

Dva od četiri transformatora
220/110 MVA u TS 220/110/30
kV Bilice



Na početku svog djelovanja OOUR »Elektroprenos« imao je samo 72 radnika (danas ih ima 312) s veoma nepovoljnom kvalifikacijskom strukturom, u kojoj je bio samo jedan VKV radnik, a danas ih ima 103. S visokom stručnom spremom bilo je 3 radnika, a danas ih ima 32, dok sa višom stručnom spremom nije bio ni jedan radnik, a danas ih ima 23. Ciljevi kadrovske dimenzije tako su uspješno ostvarivani da su bili presudni za izvršenje svih zadataka koji su od društvene zajednice postavljeni prijenosnoj organizaciji.

Rast sredstava rada od 1956. do 1985. godine imao je izuzetno veliku dinamiku. Broj transformatorskih stanica rastao je od 4 na 18, instalirana snaga transformatora od 140 MVA na 2 655 MVA (devetnaest puta više), dalekovodi od 300 km na 1 562 km (5,2 puta više), a godišnji prijenos u GWh porastao je od 510 na 4 351 (8,5 puta više). Vodovi visokih i najviših napona, transformatorska i rasklopna postrojenja, uređaji telekomunikacija, relejne zaštite i mjerenja te radnici koji osiguravaju visoku pogonsku spremnost tih postrojenja i uređaja sačinjavaju temelj privrednog i ukupnog života u Dalmaciji i sastavni dio jedinstvenog prijenosnog društvenog interesa za čitavu zajednicu. Prema tome, između neznatnih početnih sredstava rada do rezultata postignutih u 30 godišnjem razvoju djelatnosti prijenosa električne energije postoji velika razlika jer se radi o divovskim koracima i skokovima.

I. R.

GRADNJA TE-TO KOLUBARA B

Plan izgradnje elektroenergetskih objekata u Jugoslaviji do 1990. godine predviđa i gradnju TE-TO »Kolubara B«. U prvoj fazi izgradit će se dva bloka od po 350 MW i prateći ugljenokopa »Tamnava — Zapadno polje« kapaciteta 6 milijuna ugljena godišnje.

Prvi blok trebao bi da se završi 1991, a drugi godina dana kasnije.

Lokacija TE-TO »Kolubara B« je u neposrednoj blizini ugljenokopa Tamnava, gdje su procijenjene rezerve veće od 370 milijuna tona.

Na uzvodnom toku rijeke Kolubare gradit će se akumulacija za potrebe TE-TO i potrošača u REIK »Kolubara«.

Ukupne investicije prema cijenama iz 1985. godine iznose oko 128 milijardi dinara. Najveći dio investicija utrošit će se za nabavu domaće opreme (oko 70 milijardi) i uvozne (18 milijardi).

Domaća strojogradnja i elektroindustrija za TE-TO »Kolubaru B« isporučit će kompletno postrojenje za kombiniranu proizvodnju električne i toplinske energije.

Tvornica »Jugoturbina« Karlovac isporučit će turbogeneratorsko postrojenje koje će izraditi po licenci švicarske tvrtke »Brown Boveri«. RO »Minel« Beograd ugovorila je proizvodnju kotlovskog postrojenja, a SOUR »Rade Končar« proizvest će glavni dio elektroopreme.

U isporukama druge opreme sudjelovat će velik broj domaćih poduzeća iz svih naših republika.

I. R.

ZNANSTVENI SKUP »ENERGIJA I RAZVOJ«

U povodu 130. godišnjice rođenja Nikole Tesle u Zagrebu od 29. rujna do 3. listopada 1986. održan je Međunarodni znanstveni skup »Energija i razvoj« koji je organizirala Jugoslavenska naučna tribina. Znanstveni skup posvećen je korištenju energije u suvremenom društvu, te njezinoj efikasnijoj ulozi u razvijanju nacionalnih i svjetske ekonomije.

U referatima obrađena su zbivanja u području energetike u prošlosti, a razmatrane su i mogućnosti budućeg tehnološkog razvoja i njihov doprinos ekonomskom napretku.

Međunarodnom znanstvenom skupu prisustvovalo je više od 200 domaćih i stranih znanstvenika i stručnjaka. Pozdravne riječi sudionicima skupa uputili su dr Mato Mikić, predsjednik Skupštine grada Zagreba, dr Božidar Matić, predsjednik Saveznog komiteta za nauku i tehnologiju, i drugi.

Uvodni referat podnio je Xie Qimei, podsekretar Ujedinjenih naroda. U referatima i diskusijama obrađen je materijal iz područja energetike. Održane su rasprave o temat-

skim područjima »Energija i nauka« i »Energija i društvo«. Izneseni su mnogi podaci, analize i procjene proizvodnje ugljena, nafte, prirodnog plina i nekonvencionalnih izvora energije. Posebnu pažnju privukla su izlaganja naših stručnjaka o hidroenergetskom potencijalu Jugoslavije, značaj uloge kao vrijednog energenta prirodnog plina, te ležišta i rezerve ugljena u Jugoslaviji.

Poseban okrugli stol posvećen je Nikoli Tesli, a domaćin znanstvenog skupa bio je zagrebački SOUR »Rade Končar«. Sudjelovali su znanstvenici iz SAD, SSSR-a, Italije, SR Njemačke, Kanade, Rumunjske, Austrije i Jugoslavije.

Za sudionike skupa organizirani su posjeti privrednim objektima, elektranama i rodnom mjestu Nikole Tesle. Muzej posvećen tome velikanu priredio je posebnu izložbu o životu i radu Nikole Tesle. Jugel i »Rade Končar« postavili su izložbu na kojoj su se gosti upoznali s jugoslavenskim dostignućima u energetici.

I. R.

POČETNI RADOVI HE DUBRAVA

Građevni radovi na gradilištu HE »Dubrava«, koji su počeli 3. travnja 1986, odvijaju se uspješno po utvrđenim planiranim rokovima. U kolovozu je završen jedan značajan posao — okončan je iskop građevne jame strojarnice. Izvadač radova je građevni kombinat »Medimurje« — OOUR »Niskogradnja« Čakovec. Posao je izveden u roku zahvaljujući činjenici što se gotovo mjesec dana radilo u dvije smjene.

Ukupno je iskopano i odvezeno 370 tisuća prostornih metara šljunka, pijeska i drugog materijala.

Predstoji drenaža jame strojarnice salonit-cijevnima, odnosno podloznom betoniranjem, dakle gradnjom betonskog dna strojarnice.

Programirao je da će treća dravska hidroelektrana na području SR Hrvatske početi davati električnu energiju u naš elektroenergetski sistem (prosječno 410 milijuna kWh godišnje) u trećem tromjesječju 1990. godine.

Treba naglasiti da je već osigurana i ugovorena kompletna opreme domaćih proizvođača. Glavni isporučioči su »Rade Končar«, Litostroj, Metalna i drugi domaći proizvođači strojogradnje i elektroopreme.

I. R.

U POGONU HIDROELEKTRANA MAVIČIĆE

Početkom kolovoza 1986. godine na Savi kod Kranja puštena je u rad hidroelektrana »Mavičiče«, instalirane snage 2×19 MW, s prosječnom godišnjom proizvodnjom 83 GWh električne energije. Novosagrađena hidroelektrana ubraja se među najsuvremenija postrojenja te vrste, a radit će samo danju u vrijeme špice potrošnje električne energije. Elektrana radi bez posade, a njome se upravlja kompjutorom. Ova elektrana će pozitivno utjecati na protok rijeke Save, a time će se ostvariti i bolje korištenje postojeće HE »Medvode«, kao i budućeg lanca 17 hidroelektrana koje se planiraju izgraditi na Savi. Glavni dio opreme za hidroelektranu isporučili su domaći proizvođači strojogradnje i elektroindustrije. Za opremu i građevne radove investirano je oko 8 milijardi dinara.

I. R.

PROSLAVA 130 GODINA ROĐENJA NIKOLE TESLE

U počast 130. godišnjice rođenja znanstvenika, rodoljuba i humaniste Nikole Tesle 4. i 5. srpnja 1986. održane su prigodne manifestacije u Gospiću, Brušanima i rodnom mjestu Smiljanu.

U sklopu trajnog obilježavanja imena i djela Nikole Tesle u Gospiću je ispred zgrade Srednjoškolskog centra otkriveno poprsje Nikole Tesle. Na središnjoj proslavi u Smiljanu, koja je održana pod pokroviteljstvom Sabora SR Hrvatske, otvoreni su obnovljeni i novosagrađeni objekti u užem dijelu spomen-područja »Nikola Tesla«, čime je ostvaren dio programa trajnog obilježavanja imena i djela našeg znanstvenika svjetskog glasa.

Svečanosti je prisustvovao velik broj gostiju iz Federacije, Republike, JNA, Elektroprivrede i Zajednice PTT Jugoslavije, a o Teslinom životnom putu i bogatom stvaralaštvu govorio je dr Velimir Sriča, predsjednik Republičkog komiteta za znanost, tehnologiju i informatiku.

Obnovljena je i rodna kuća Nikole Tesle (rekonstruirana prema fotografiji iz 1904. godine i raspoloživoj dokumentaciji), a pokraj nje sagrađen je gospodarski objekt od brvana pokriven slamom.

Na kraju svečanosti položen je temeljni kamen za poštu koju grade Zajednica PTT Jugoslavije i Poštanska štedionica. Tehničku će opremu osigurati tvornica »Nikola Tesla« iz Zagreba.

I. R.

PONUDE ZA NUKLEARKE

Na raspisani natječaj za gradnju nuklearnih elektrana u Jugoslaviji stiglo je devet stranih ponuda i jedna domaća. Naši stručnjaci proučit će prispjele ponude, a zatim će izvještaj dostaviti Saveznom izvršnom vijeću.

Natječaj za gradnju nuklearnih elektrana raspisan je u skladu s Društvenim dogovorom koji je potpisalo pet republičkih i jedna pokrajinska elektroprivreda. Natječajem je uvjetovano da se izabera jedinstvena nuklearna tehnologija za sve buduće nuklearke koje bi se gradile u našoj zemlji. Osim toga, jedan od uvjeta u natječaju bio je obavezno uključivanje jugoslavenske industrije u gradnju.

Ponude za gradnju nuklearke poslale su poznate tvrtke iz Kanade, Sjedinjenih Američkih Država, Francuske, Sovjetskog Saveza, Velike Britanije, Japana, Savezne Republike Njemačke, te tvrtka »Westinghouse« u suradnji s talijanskom tvornicom ANSALDO. Od naših poduzeća javila se »Jugoturbina« u suradnji s kolektivom »Rade Končar«.

Gdje i kada će se početi graditi nuklearke, još nije odlučeno. O tome će se voditi široka rasprava, pa će se tek onda donijeti odluka o gradnji nuklearke u Jugoslaviji.

I. R.

HE VIŠEGRAD — UGOVORENA OPREMA

Radovi na gradnji prve bosansko-hercegovačke hidroelektrane na Drini HE »Višegrad« teku po dogovorenoj dinamici. Istovremeno s građevnim radovima na pojedinim objektima završen je velik posao oko ugovaranja opreme. Investitor se odlučio da dvije tvrtke iz Japana isporuče tri turbine, tipa Kaplan, snage po 115 MW.

Tvornica »Rade Končar« ugovorila je isporuku triju generatora, a kolektivi Litostroj iz Ljubljane i Metalna iz Maribora izgradit će veći dio hidroenergetske opreme i dvije mostovske dizalice.

Ulaganja u uvoznu opremu iznosit će oko 30 milijuna dolara. Programirano je da HE »Višegrad« proradi krajem 1989. godine. Ova drinska hidroelektrana na području SR Bosne i Hercegovine, instalirane snage 315 MW, imat će godišnji kapacitet proizvodnje oko 1,1 milijardu kWh električne energije.

Elektroprivreda SR Bosne i Hercegovine i Srbije vode pregovore o mogućnostima većeg korištenja hidroenergetskog potencijala porječja Drine. Izradit će se program gradnje drinskih hidroelektrana i riješit će se pitanje zajedničkog financiranja objekata koji se trebaju graditi do kraja 2000. godine. U taj sporazum uključit će se i elektroprivreda SR Crne Gore.

I. R.

POVOLJNA ELEKTROENERGETSKA SITUACIJA

Jugoslavenska elektroenergetska situacija u razdoblju od siječnja do srpnja 1986. godine vrlo je povoljna. U tom razdoblju naše hidroelektrane i termoelektrane ostvarile su

proizvodnju 44,9 milijardi kWh, ili 5,2 posto više nego u isto vrijeme prošle godine.

Potrošači su preuzeli 40,3 milijarde kWh, što je 3,5 posto više nego 1985. godine. S obzirom na vrlo povoljne hidrometeorološke uvjete, sadašnje mogućnosti proizvodnje električne energije znatno su veće od potreba potrošnje. Vraćeni su i dugovi, a stanovite količine električne energije deponirane su u Italiju, a djelomično prodane Švicarskoj, Austriji i Rumunjskoj.

Ukupno je u proteklom razdoblju uvezeno 700 milijuna kWh električne energije, a izvezeno oko 1,8 milijardi.

Proteklo sedmomjesečno razdoblje u znaku je hidroelektrana koje su proizvodile 45 posto ukupnih količina struje. Termoelektrane i NE Krško proizvele su 26 milijardi kWh.

Termoelektrane su ostvarile 90 posto planiranih količina, što je i normalno jer su hidroelektrane radile punom snagom.

Za ovu godinu je karakteristično da ne ulazi u pogon nijedna elektrana veće snage. Tek u prvom polugodištu 1987. očekuje se puštanje u probni rad TE »Kakanj«, instalirane snage 230 MW, a dolazi u obzir još i HE »Đerdap II«. Kakve će posljedice imati spora izgradnja elektroenergetskih objekata, nije teško naslutiti, ali inflacija i nesigurni izvori financiranja uvijek su u ovoj grani izazivali velike teškoće.

I. R.

IN MEMORIAM



U srijedu 26. studenoga ostavio nas je Ranko Škarica, jedan od pionira prijenosa električne energije u našoj zemlji.

Rodio se 1911. godine u Kaštel-Starom. Srednju školu završio je u Splitu, a Elektrostrojarski fakultet 1937. godine u Zagrebu. Sav svoj radni vijek proveo je doslovno uz dalekovode. Na tom poslu radio je u Saveznom ministarstvu elektroprivrede u poslijeratnom razdoblju. Taj posao nastavio je na mjestu šefa Projektnog biroa u poduzeću »Dalekovod« i na mjestu savjetnika u »Elektroprenosu« Zagreb, gdje je doživio i mirovinu.

Nema kuta ove zemlje gdje nije pozvan, gdje nije pomogao i gdje nije nesebično prenosio znanje na mlađe kadrove.

Kao izvrstan stručnjak bio je aktivan član Nacionalnog komiteta CIGRE, jedan od osnivača Studijskog komiteta 22 za dalekovode. Predložen je i prihvaćen za člana istog komiteta međuna-

rodne CIGRE, gdje je uspješno zastupao stavove i interese jugoslavenske elektroprivrede.

Naročito koristan bio je njegov doprinos u izradi Propisa za gradnju nadzemnih vodova.

Od izgradnje prvog prijenosnog dalekovoda 110 kV u našoj zemlji pa do izgradnje 400 kV mreže »Nikola Tesla« Ranko je bio uvijek među najaktivnijim sudionicima.

Neka mu je slava!

ŠIROM SVIJETA

MALE ELEKTRANE NA VJETAR U DANSKOJ

Vrlo brzo nakon naftne krize, početkom sedamdesetih godina, u Danskoj je poduzeta akcija oko razvoja i upotrebe malih elektrana na vjetar.

Iskustva su već postojala, pa su od 1977. godine država i elektroprivreda zajedno poticale razvoj iskorištenja vjetra za dobivanje električne energije. Standardizirana je vjetrenjača 55/11 kW. Uređaj ima 2 generatora. Veći, od 55 kW, s mogućnošću prebacivanja pogona na generator 11 kW, ako je vjetar slab. Visina tornja iznosi 18 do 24 m, a promjer krila 15 m. Danas u Danskoj na proizvodnju vjetrenjača radi 25 tvrtki sa oko 2 000 radnika.

Danske se vjetrenjače mnogo izvoze u SAD. Potkraj 1984. godine u zemlji je bilo u pogonu oko 1 000 malih elektrana na vjetar. Od toga 600 ih je bilo priključeno na javnu mrežu, a oko 200 služilo je za grijanje stanova. Računa se da ukupna snaga takvih privatnih elektrana priključenih na javnu mrežu oko 25 MW, a onih u vlasništvu elektroprivrede samo 1 MW.

Uvjeti za postavljanje vjetrenjača postoje praktički u cijeloj zemlji, no ponajviše na zapadnoj obali. Srednja proizvodnja navedenog tipa elektrane kreće se oko 100 000 kWh/god, a na posebno povoljnim mjestima i do 200 000 kWh/god. Grade se i tzv. »parkovi vjetrenjača«. U gradnji je grupa od 5 x 750 kW i grupa od 20 x 55 kW.

Razvoj iskorištenja energije vjetra obilno potpomaže država. Za te je svrhe dala 1984. godine 225 milijuna danskih kruna. Od toga je oko 60% utrošeno za razvoj malih elektrana. Posebni državni institut daje upute i savjete vlasnicima i potencijalnim vlasnicima vjetrenjača. Država sa 20% dotira potrebne investicije, a elektroprivreda sa 35% troškove priključka na javnu mrežu. Posebno su precizno definirani uvjeti i tarife električne energije koju preuzima mreža od privatnika.

Ukupna cijena standardiziranog uređaja s priključkom i porezima iznosi 600 000 danskih kruna. Smatra se da su ovakve male elektrane s privatnog gledišta danas ekonomične, ali s društvenog, državnoekonomskog aspekta još nisu. No nastojanja idu u tom pravcu da iskorištenje vjetra postane općenito rentabilno.

Dozvole u vezi s izgradnjom elektrana na vjetar u nadležnosti su općina. Među ostalim se traži da vjetrenjača bude od susjeda i javnih putova udaljena najmanje 100 m. Elektrane vezane na javnu mrežu podliježu posebnim propisima u pogledu priključka i pogona. Smatra se nadalje da unatoč spomenutim dotacijama i poticajima do 1995. elektrana na vjetar neće moći pokrivati više od 10 do 15% potrošnje električne energije.

Elektrizitätswirtschaft 84/1985/, br 20

Mrk.

TOK PROMJENE CIJENA ARAPSKE NAFTE OD 1970. DO 1985. GODINE

Naglo povećanje cijene nafte u toku sedamdesetih i početkom osamdesetih godina, tzv. naftni udari, imalo je goleme

privredne i političke reperkusija u svijetu. Zanimljivo je stoga pogledati kronološki tok kretanja cijena nafte posljednjih petnaestak godina. Vrlo preglednu sliku daje stepenasti dijagram kompanije ESSO, gdje su upisani datumi promjene cijena i odgovarajuće cijene u US dolarima po barelu i njemačkim markama po toni arapske nafte /slika/.

Energie 38/1986/, br. 4

Mrk.

		\$/Barrel	DM/t
1970	1. Jan.	1,39	37,05
	1. Juni	1,34	35,70
	30. Nov.	1,41	37,55
1971	15. Febr.	1,68	42,65
	1. Juni	1,74	44,20
	1. Okt.	1,79	45,45
1972	1. Jan.	1,75	40,75
	20. Jan.	1,87	43,55
	17. Juni	1,91	44,45
1973	1. Jan.	2,-	46,70
	10. Jan.	2,10	49,05
	1. April	2,19	45,40
	1. Juni	2,29	43,15
	1. Juli	2,33	39,65
	1. Aug.	2,55	45,05
	4. Okt.	2,70	47,50
	16. Okt.	3,65	64,20
1974	1. Nov.	3,70	69,70
	1. Dez.	3,60	65,65
	1. Jan.	8,32	170,65
	1. März	9,30	177,65
	17. März	9,60	172,40
	19. Sept.	9,80	190,30
	3. Okt.	10,15	191,90
	1. Nov.	10,40	192,40
1975	1. Okt.	11,51	216,75
1977	1. Jan.	12,09	213,60
	1. Juli	12,70	211,70
1978		12,70	186,35
1979	1. Jan.	13,34	180,15
	1. April	14,15	200,75
	1. Juni	18,-	247,05
	1. Nov.	24,-	311,85
1980	1. Jan.	26,-	326,45
	1. April	28,-	382,20
	1. Aug.	30,-	392,-
	1. Nov.	32,-	448,50
1981	1. Okt.	34,-	496,80
1982		34,-	603,15
1983	1. Febr.	30,-	532,20
	1. März	29,-	492,60
1984		29,-	603,35
1985	1. Febr.	28,-	672,45

Tok promjene cijene arapske nafte 1970 — 1985 (dijagram ESSO)

GRIJANJE STANOVA U SR NJEMAČKOJ

Od ukupno 24,7 milijuna stanova u SR Njemačkoj grije se:

- 48 % naftom ili derivatima,
- 26 % plinom,
- 9 % ugljenom,
- 9 % električnom energijom,
- 8 % toplanama.

Energie 37/1985/, br. 10

Mrk.

PRVI ISTOSMJERNI PRIJENOS ELEKTRIČNE ENERGIJE U KINI

Narodna Republika Kina naručila je kod njemačkih tvrtki BBC-a i Siemens-a usmjerivačke stanice za istosmjerni prijenos električne energije između hidroelektrane Čangjang i Šangaja /oko 1 000 km/. Prijenosni će napon biti 500 kV, a prijenosna snaga 1 200 MW. Vrijednost narudžbe iznosi 190 milijuna DM. To je prvi istosmjerni prijenosni visokonaponski uređaj izgrađen u Kini, a ostali vjerojatno slijede. Puštanje u pogon predviđeno je za početak 1988. godine.

ETZ 106/1985/, br. 10

Mrk.

JEDNA OD NAJVEĆIH KOMPENZACIJSKIH STANICA SVIJETA

U transformatorskoj stanici La Vérendrye, u kanadskoj provinciji Qnebec, instalirala je švedska tvrtka ASEA 2 od 4 naručena statička kompenzatora jalove snage. Oni se sastoje od tiristorski upravljane prigušnice i kondenzatora, predviđene za rad u temperaturnom rasponu od -50°C do $+40^{\circ}\text{C}$. Uređaj će biti priključen na mrežu 735 kV, 60 Hz. Jalova snaga svake jedinice može se regulirati od 115 MVAR induktivno do 330 MVAR kapacitivno. Zadatak je kompenzatora da stabilizira napon u mreži 735 kV elektroprivrednog poduzeća Hydro-Qnebec, kojom se prenosi energija iz područja La Grande Rivière u zaljevu James-Bay u području Montreala.

ETZ 106/1985/br. 10

Mrk.

SOLARNA ELEKTRANA U ŠPANJOLSKOJ JE ZADOVOLJILA

Solarna stanica »Plataforma Solar de Almeria«, koju je u južnoj Španjolskoj sagradio Njemački zavod za istraživanje i ispitivanje zračnih i svemirskih letova /DFVLR/, pokazala je zadovoljavajuće rezultate. Potkraj 1985. godine predana je španjolskom institutu za istraživanja »Energias Renovables«. Institut će dalje voditi pogon kao internacionalni evropski centar za istraživanje solarne tehnike.

Uređaj je poznat pod imenom Small Solar Power System /SSPS/, a obuhvaća tzv. solarnu farmu, gdje su sagrađene dvije elektrane jednake snage sa zrcalima i grijanjem različitog tipa.

Jedan tip ima niz žljebastih zrcala u čijem su žarištu cijevi u kojima struji ulje. Ono se ugrijava na visoku temperaturu i

u izmjenjivaču predaje toplinu vodi, čijom se parom pokreću turbine vezane na generator.

Drugi tip ima mnogo zrcala koja sunčane zrake koncentriraju na kotao koji se nalazi na tornju. Ugrijani tekući natrij na temperaturi od 630°C predaje toplinu dalje u postrojenje za dobivanje električne energije. Obje elektrane imaju jednaku snagu od 500 kW.

U toku pokusnog rada pokazalo se da uređaj ne može razumno raditi ispod snage sunčanog zračenja od 300 W/m^2 . U Sredozemlju prilike ispod te granične vrijednosti traju 2 700 sati godišnje.

Prema rezultatima mjerenja, iskorištenje postrojenja sa žljebastim zrcalima iznosilo je za vedrog dana 5,4%. Međutim, DFVLR smatra da bi se moglo povećati na 9% ili 10%.

Iskorištenje elektrane s tornjem bilo je 8%, ali se vjeruje na mogućnost povećanja na 18%. No i ovdje, na jugu Španjolske, mora se računati na oko 10 dana prekida pogona zbog lošeg vremena.

U pogonu se kao praktički problem pokazalo zaprašivanje zrcala, a time i smanjenje stupnja refleksije. On pada dnevno oko 0,3%, pa se zrcala moraju čistiti svaka tri tjedna.

Što se tiče cijene proizvedene električne energije, može se reći da je ona viša nego u termoelektranama na ugljen, ali niža od onih na naftu. No treba istaknuti da to vrijedi za ovu elektranu koja je podignuta na najpovoljnijem sunčanom dijelu Evrope.

ETZ 107/1986/, br. 3

Mrk.

SUNCE HLADI AUTO

Električna energija iz solarnih ćelija danas stoji 3 do 5 DM po kWh, pa se može primjenjivati samo u posebnim prilikama. Jedna od mnogih mogućnosti je hlađenje automobila.

Auto koji ima mnogo stakla jako se zagrijava na suncu, a zbog »efekta staklenika« znatno se ugrije i pri oblačnom nebu. Tvrtka Telefunken-electronic predlaže da se u luksuzna kola namijenjena izvozu u južne zemlje ugradi ventilator za izmjenu zraka na pogon solarnim ćelijama. Ćelije bi bile ugrađene na krovu, snage 15 W, i što bi sunce jače zračilo, ventilator bi se brže okretao. Baterija ne bi bilo, već bi ćelije bile direktno vezane na ventilator.

ETZ 106/1985/, br. 22/23

Mrk.

ITAIPU NAJVEĆA HIDROELEKTRANA NA SVIJETU

U listopadu 1984. puštena su u pogon prva dva agregata hidroelektrane Itaipu. Stavljanje daljnjih agregata je u toku, pa kad 1988. godine proradi svih 18 agregata, elektrana će imati snagu 12 600 MW. To će biti najveća hidroelektrana na svijetu. Izgrađena je na rijeci Parami, graničnoj rijeci između Brazila i Paragvaja.

Srednji protok vode iznosi $8\,500\text{ m}^3/\text{s}$. Duljina glavne brane je 1 234 m, a visina 190 m. Duljina svih pregrada iznosi 7 700 m. Uspon vode čini jezero od $1\,460\text{ km}^2$.

Svaki od agregata ima snagu 700 MW. Najveće jedinice koje su izrađene. Polovica ih je građena za frekvenciju 50 Hz, a polovica za 60 Hz. Prividna snaga generatora prve grupe je 823,6 MWA /cos fi 0,85/, a druge 766 MWA /cos fi 0,95/.

Građevinske su radove izvele tvrtke iz Brazila i Paragvaja. Opremu je dobavio internacionalni konzorcij u kojemu su uz brazilske tvrtke sudjelovali dobavljači iz Njemačke, Francuske i Švicarske. Usmjerivački uređaj za istosmjerni prijenos dobavila je tvrtka ASEA-Promom, Švedsko-brazilski konzorcij.

Svi generatori imaju transformatore prijenosnog odnosa 18/525 kV, a generatori koji rade sa 60 Hz još i transformaciju 500/765 kV. Iz elektrane su predviđena tri dalekovoda 765 kV za ukupni prijenos od 6 894 MVA.

Druga polovica agregata /50 Hz/ vezana je vodovima 500 kV /2,5 km/ na transformatorsku stanicu na teritoriju Paragvaja. Tu se dio snage odvodi vodovima 220 kV za potrebe Paragvaja. Mnogo veći dio električne energije prenosi se sa 4 dalekovoda /8 km/ u stanicu Foz do Iguacu na teritoriju Brazila. Taj dio energije još danas nije potreban Paragvaju, pa se putem usmjerivačke stanice prenosi istosmjernim vodom u 800 km udaljeni Sao Paulo. Za taj su prijenos predviđena dva dvopolna istosmjerna dalekovoda koji će moći prenositi snagu od 6 300 MW uz napon prema zemlji od ± 600 kV. To je danas najviši istosmjerni napon u svijetu. Svaki od polova može u slučaju potrebe raditi posebno. Ova je mogućnost iskorištena prilikom etapnog stavljanja u pogon. Najprije je jedan prijenosni sistem radio pod naponom ± 300 kV. S punim naponom vod je ušao u pogon u jesen 1985. Drugi bi istosmjerni sistem morao biti dovršen do polovice 1987. godine. Kompenzacija jalove snage provedena je u polaznoj stanici generatorima elektrane /50 Hz/ koji su dimenzionirani za faktor snage 0,85. U prijemnoj Staciji u Sao Paulu /stanica Sao Roque/ ugrađena su 4 sinhrona kompenzatora snage 300 MVar. Tu se energija presmjeruje i napaja mrežu 345 kV.

ETZ 106/1985/ br. 6

Mrk.

VISOKONAPONSKI LABORATORIJ FAKULTETA ZA ENERGETIKU U BUKUREŠTU

Podaci o opremljenosti Fakulteta za energetiku u Bukureštu posebno su za nas zanimljivi zbog usporedbe s više nego skromnom opremljenošću naših elektrotehničkih fakulteta. Visokonaponski laboratorij u Bukureštu ima dvije velike laboratorijske dvorane. U prvoj su dvorani smještene sljedeće aparature:

- Udarni generator 3 500 kV, snage 90 kW; generator može proizvesti impulsne napona 1,2/50 ns. 100/1 000 ns i 1 000/10 000 ns
- transformator 50 Hz, 2 × 600 kV, 1 200 kVA
- djelitelj napona 3 000 kV
- kuglasto iskrište promjera 1 500 mm
- uređaj za umjetnu kišu
- impulsni generator 750 kV, 4 kW

Druga je dvorana opremljena:

- visokonaponskim impulsnim generatorom 1 200 kV, 12 kW
- transformatorom 50 Hz, 2 × 200 kV, 200 kVA
- kaskadnim istosmjernim generatorom 2 × 150 kV, 30 mA
- kuglastim iskrištem promjera 750 mm
- djeliteljem napona 1 000 kV.

Osim uređaja u dvorani, laboratorij raspolaže prostorom od 2 050 m, gdje je smještena treća kaskada transformatora 600 kV, kondenzatori, uređaji za ispitivanje korone i ispitni nadzemni vod dug 230 m. Mogućnosti ispitnog napona sežu do 750 kV. Treba još dodati da laboratorij ima još 5 labora-

torijskih prostorija različito opremljenih za različite namjene. Laboratorij je predviđen za znanstveno-istraživačke svrhe.

Elektrizitätswirtschaft 85/1986/br. 7

Mrk.

KINA PUSTILA U POGON ELEKTRANU NA PLIMU I OSEKU

U istočnoj kineskoj provinciji Chekiang puštena je u pogon elektrana snage 10 MW koja koristi energiju plime i oseke. Elektrana je slična francuskoj elektrani La Rance. Turbine su kineske koncepcije i proizvodnje.

Elektrizitätswirtschaft 85/1986/br. 11

Mrk.

NJEMAČKA ŽELI PRERADITI UGLJEN NA TEKUĆE GORIVO

Ministarstvo za istraživanja i tehnologiju SRNjemačke izdalo je studiju o procjeni tehničkih posljedica prerade njemačkog kamenog i mrkog ugljena u tekuća goriva. Pošlo se od pitanja kakav bi bio učinak ako bi se u 2 000 godini 10 % prema predviđanju iskopanog ugljena preradilo u benzin ili metanol. Navedenih 10 % bio bi višak ugljena koji bi nestao zbog ulaska u pogon novih nuklearnih elektrana. Osim pogonsko-ekonomskog efekta obuhvaćen je navodno-gospodarski efekt i posebno djelovanje na okoliš. Promatrano je osam različitih tehnologija prerade i provedene opsežne analize. Svaka od navedenih tehnologija ispitivana je dulje vrijeme u pilot-postrojenjima, što je omogućilo donošenje konkretnih tehničko-ekonomskih zaključaka. Na kraju je utvrđeno da istraživanja prerade ugljena u tekuće gorivo pokazuju da su mogući uvjeti u kojima takva prerada u SR Njemačkoj može biti ekonomična, no u sadašnjem trenutku to nije slučaj. U ministarstvu je s velikom pažnjom sve pripremljeno da se donese odluka o najpovoljnijoj tehnologiji prerade ugljena čiji bi razvoj poduprla država.

Elektrizitätswirtschaft 85/1986/br. 11

Mrk.

KOLIKO MORA RADITI RADNIK DA ZARADI 1 kWh

Njemački je radnik 1938. godine morao raditi 14 minuta da zaradi 1 kWh. Potrebno radno vrijeme stalno je padalo, pa je 1958. iznosilo 5 minuta, a 1984. samo 1 minutu. Na ovakvo pojeftinjenje električne energije djelovala je pedesetih i šezdesetih godina racionalizacija i naglo povećanje potrošnje električne energije. Prosječni potrošak energije goriva od 100 % za proizvodnju su gubici u mreži više nego prepolovljeni. Time je racionalizacija u proizvodnji i razdiobi električne energije iscrpljena. U međuvremenu je ulazak u pogon nuklearnih elektrana znatno utjecao na sniženje cijene.

Elektrizitätswirtschaft 85/1986/, br. 11

Mrk.

OSUĐENA VJETRENJAČA

U Schleswigu (SR Njemačka) htio je liječnik, vlasnik kuće, u svom dvorištu sagraditi malu elektranu na vjetar za grijanje stana. Krila vjetrenjače trebala su biti montirana na stupu 14 m visine. Na temelju tužbe susjeda sud je gradnju zabranio. Kolo vjetrenjače od ukupno 16 krila činilo bi već pri srednjoj brzini vjetra nedopustivo veliki šum koji bi smetao susjede čije su kuće udaljene 13 do 21 m.

Elektrizitätswirtschaft 85/1986/, br. 11

Mrk.

VJETRENJAČE U ŠKOTSKOJ

Stalni oštri vjetar karakteristika je atlanskog otoka Orkneya, sjeverno od Škotske. Na Glavnom otoku sagradile su dvije britanske tvrtke po jedan uređaj za iskorištenje energije vjetra. Vjetrenjače su postavljene na mjesto gdje je srednja brzina vjetra 10 m/s. Generatori daju snagu od 550 kW. Za 1986. godinu planirana je izgradnja velike vjetrenjače s promjerom rotora od 60 m.

Energie 37/1985/, br. 9

Mrk.

ENERGIJA MORSKIH VALOVA

O korištenju morskih valova za energetske svrhe bilo je uvijek mnogo ideja, ali malo znanja o njihovoj hidrodinamici i mogućnosti realizacije. U razdoblju 1974—1983. proveo je u Velikoj Britaniji vrlo opsežna istraživanja Energy Technology Suport Unit (ETSU). Razrađene su teorijske studije i praktična ispitivanja na obali i na otvorenom moru. Ovaj opsežan rad završen je projektiranjem elektrana velike snage. No, rad na ovom programu neće se produžiti jer nisu ispunjena očekivanja o praktičnoj primjeni.

Za Veliku Britaniju, zemlju u kojoj vladaju vrlo povoljne prilike za korištenje morskih valova, takav je rezultat razočaravajući. Troškovi učinjenih istraživanja ipak su opravdani jer su se tek na taj način mogli donijeti pouzdani zaključci.

Mjerenja su pokazala da srednja snaga morskih valova pred obalama Velike Britanije iznosi oko 120 kW/m, premda pri velikim valovima može doseći i 1 000 kW/m. S obzirom na zaštitu otoka Irske i gubitaka u konverziji energije, procijenjena je trajna električna snaga morskih valova uz obalu od 6 000 MW uz moguću proizvodnju od 50 TWh.

Kako za pretvorbu energije valova u mehaničku energiju ima mnogo mogućnosti, u spomenutoj studiji proučeno je od 300 različitih ideja, a 12 ih je pobliže istraženo. Devet sistema obrađeno je u izvještaju. U osnovi se razlikuju dva principa iskorištenja. Djelovanje valova na plutajuća tijela i stvaranje stlačenog zraka udaranjem valova. Projektima su razrađene elektrane takvih mogućnosti da mogu u 5 % vremena u godini davati barem 2 000 MW u električnu mrežu.

Taj je pak uvjet tražio snage elektrana 2 100 MW do 2 900 MW. Srednja bi godišnja snaga bila oko 425 MW s proizvodnjom od 3,7 TWh. Svaka bi se elektrana sastojala od nekoliko stotina golemih usidrenih armiranobetonskih plovila (slična cilindrima), pa bi se takva elektrana protegnula 40 km do 130 km uz obalu na daljini od 25 do 100 km od obale. Uređaj je, dakle, silno glomazan, izložen nevremenu i strujama i teško pristupačan u zimskom razdoblju.

Poseban je problem prijenos energije. Osim električnog prijenosa razmišljalo se o pretvorbi energije u vodik ili prijenos tehničke energije. Električna bi se energija proizvodila u trofaznim generatorima, pretvarala u istosmjernu struju i kabelima prenosila na kopno.

Ukupna iskoristivost takvog uređaja, računajući od energije valova do ulaska energije u prijenosni sistem, iznosila bi oko 20 %.

Ekonomski su računi pokazali da je električna energija iz energije valova 2 do 4 puta skuplja od energije iz nuklearnih i klasičnih termoelektrana, a skuplja je također i od one iz vjetrenjača.

Ova vrlo opsežna britanska studija, kao i studije rađene u Japanu, Norveškoj i Švedskoj, nedaju dovoljno nade u energetsko iskorištenje valova u velikom opsegu. Smatra se da u obzir dolaze samo mali uređaji u specijalnim prilikama.

Treba naglasiti da se svi navedeni zaključci odnose na more oko Velike Britanije, dok npr. za prilike kakve vladaju na njemačkom dijelu sjevernog mora uopće ne dolaze u obzir.

Elektrizitätswirtschaft 84/1985/, br. 24

Mrk.

STRUJA IZ MORSKIH VALOVA MALOKAD JE RENTABILNA

U studenom 1985. ušla je u pogon bližu Bergena prva Norveška elektrana na pogon morskim valovima. Ona radi na principu klinastog žlijeba. Val udara u žlijeb koji se sve više sužuje. Voda se na taj način podiže 3 m iznad morske površine i ulijeva u bazen, a iz njega se kroz turbine vraća ponovo u more. Računa se da će elektrana postići snagu 350 kW do 400 kW. Uređaj treba služiti kao prototip, kako bi se stekla iskustva o korištenju energije morskih valova.

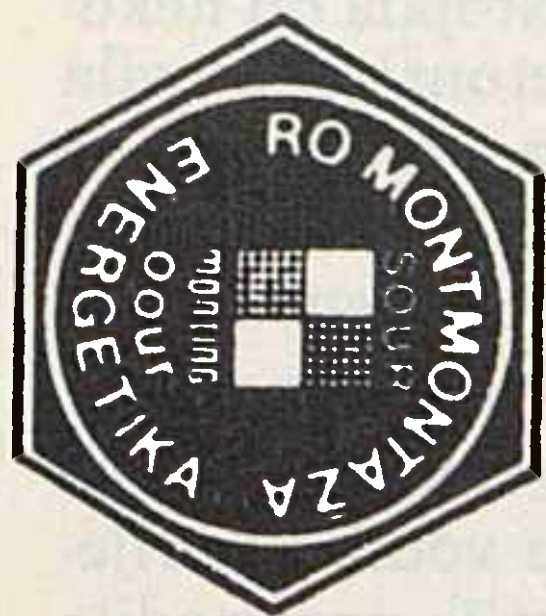
Druga se pak elektrana izgrađuje zapadno od Bergena, na hridi koja pada okomito 60 m ispod morske površine. Ovdje valovi sa zapada udaraju nesmetano u obalu. Mjesto je idealno jer stijena ima ulogu reflektora snage.

Elektrana je izgrađena u stijeni. Horizontalni kratki tunel smješten je 3,4 m ispod površine mora, a iznad njega izgrađeno je okomito okno, na početku promjera 50 m². Nad oknom je čelični toranj u koji je 15 m iznad mora ugrađena zračna turbina. Kad valovi udaraju, dižu i spuštaju vodu u oknu. Voda ima ulogu stapa koji zgušćuje i siše zrak i na taj način pokreće zračnu turbinu. Maksimalna snaga turbine iznosi 1 MW ili srednja snaga 500 kW, a fleksibilnom vezom pokreće generator 600 kVA. Računa se da bi proizvodnja elektrana mogla iznositi 1,5 milijuna kWh godišnje.

ETZ 107/1986/, br. 3

Mrk.

SOUR »MONTING« RO »MONTMONTAŽA«



**OOOUR »ENERGETIKA«
ZA IZGRADNJU I MONTAŽU
OBJEKATA I ENERGETSKIH
POSTROJENJA**

ZAGREB

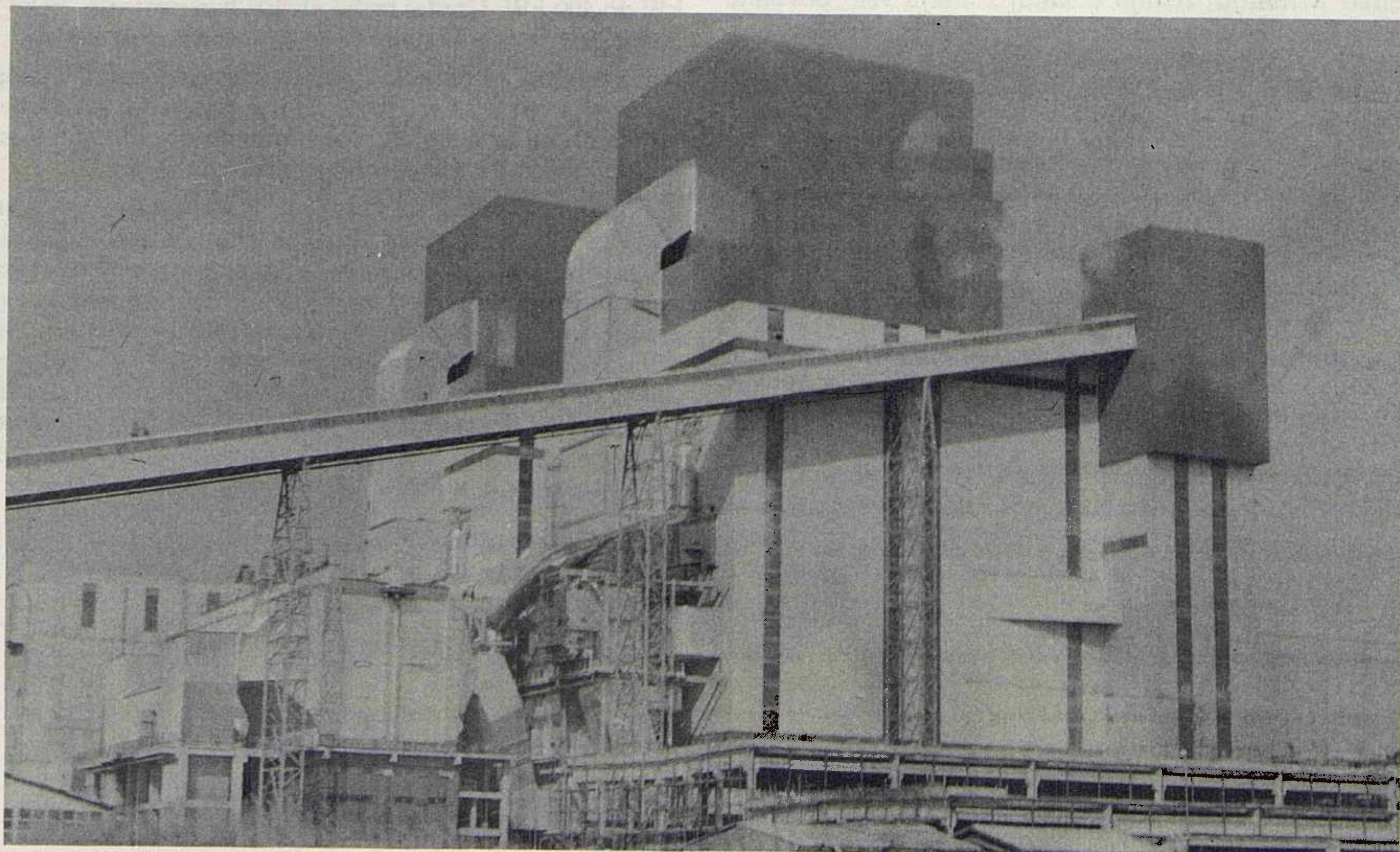
DIMITROVLJEVA 2 — 6

VRŠI MONTAŽU:

- termoelektrana, toplana, energana, hidroelektrana, nuklearnih elektrana, te u njihovom sklopu montira sva pripadajuća postrojenja: kotlovska, turbinska, postrojenja za tretman industrijskih voda, mazutna gospodarstva i drugu pripadajuću opremu.
- izrađuje i montira čelične konstrukcije, unutrašnji i vanjski razvod svih medija unutar termoelektrana, toplana nuklearnih, hidroelektrana i drugih energetskih postrojenja
- vrši remonte i održavanje termoelektrana, hidroelektrana, nuklearnih elektrana, kotlovskih i turbinskih postrojenja, postrojenja za tretman industrijskih voda, mazutnih gospodarstva s rezervoarima, te remont i održavanje unutrašnjih razvoda
- projektira, izrađuje i montira, u suradnji s Institutom za drvo — Zagreb, predsušionice i sušionice za drvo, različitih tipova i za različite režime sušenja

PROIZVODI:

- Čelične konstrukcije, cijevne mostove, stepeništa i galerije, različitih tipova i za različite namjene,
- predfabricira cjevovode svih dimenzija i kvaliteta, izrađuje fazonske dijelove za energetska i druga postrojenja,
- posude, rezervoare, gasometre raznih tipova, namjena i za različite medije,
- projektira u suradnji sa Institutom za drvo — Zagreb, i proizvodi predsušionice i sušionice za drvo, različitih tipova i za različite režime sušenja,
- raznu specijalnu ne standardnu energetska opremu za različite svrhe i namjenu.



Termoelektrana »Kosovo — B« 2 × 339 MW

Direktor OOUR-a, telefon dir. 512-071

centr. 518-900

Tehnička služba dir. 514-435

Financijska služba 512-070

Kadrovska služba dir. 513-848

telex 21 476 yu mont

Komercijalna služba dir. 214-960

Kesterčankova br. 1 222-499

222-508

centr. 217-700

telex 21 473 yu mont

STATISTIČKI PREGLED

ELEKTROPRIVREDE SR HRVATSKE U SKLOPU ELEKTROPRIVREDE JUGOSLAVIJE

OSNOVNI PODACI

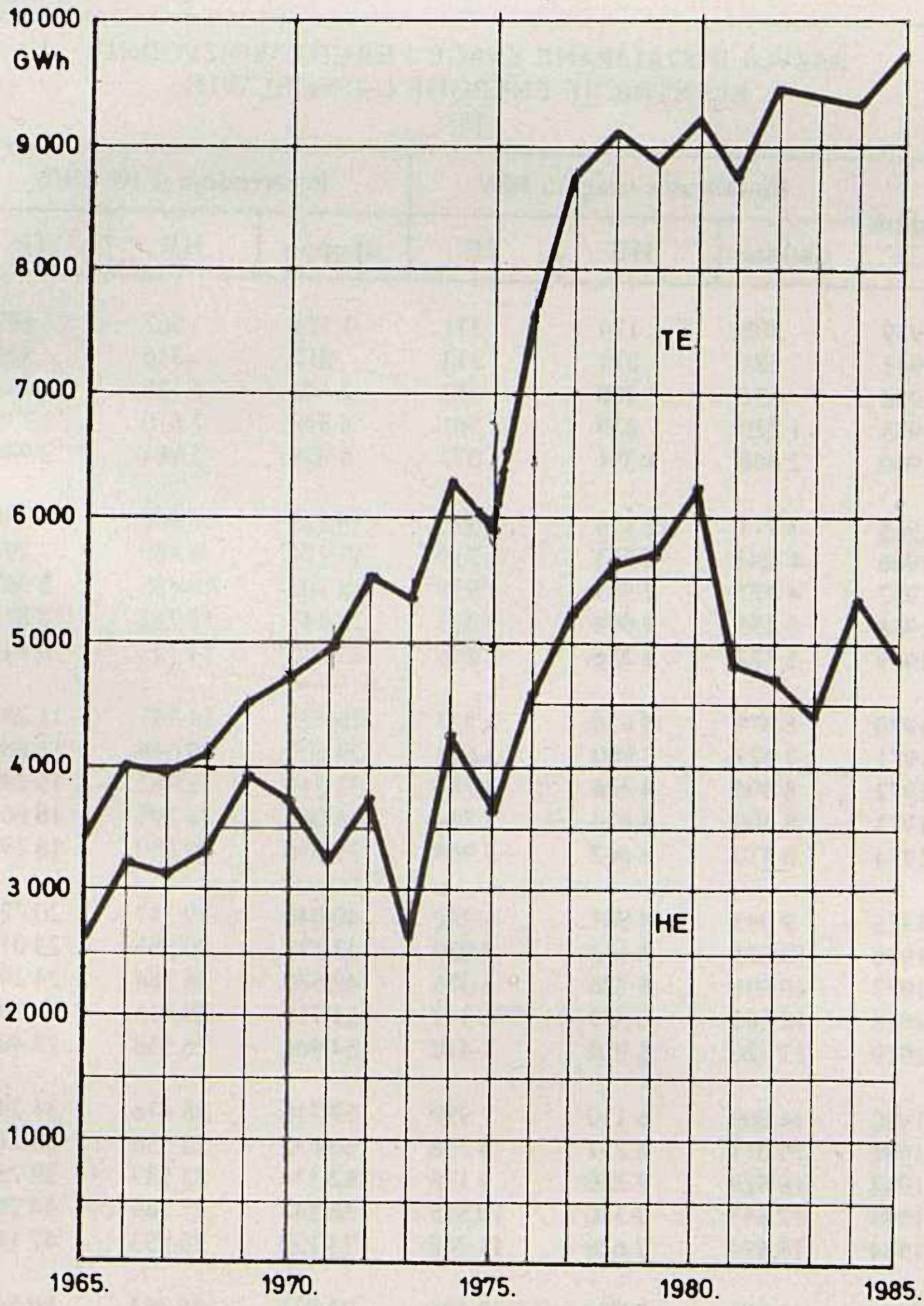
Tablica 1

OSNOVNI PODACI ELEKTROPRIVREDE HRVATSKE
po stanju od 31. XII 1985.[3]*

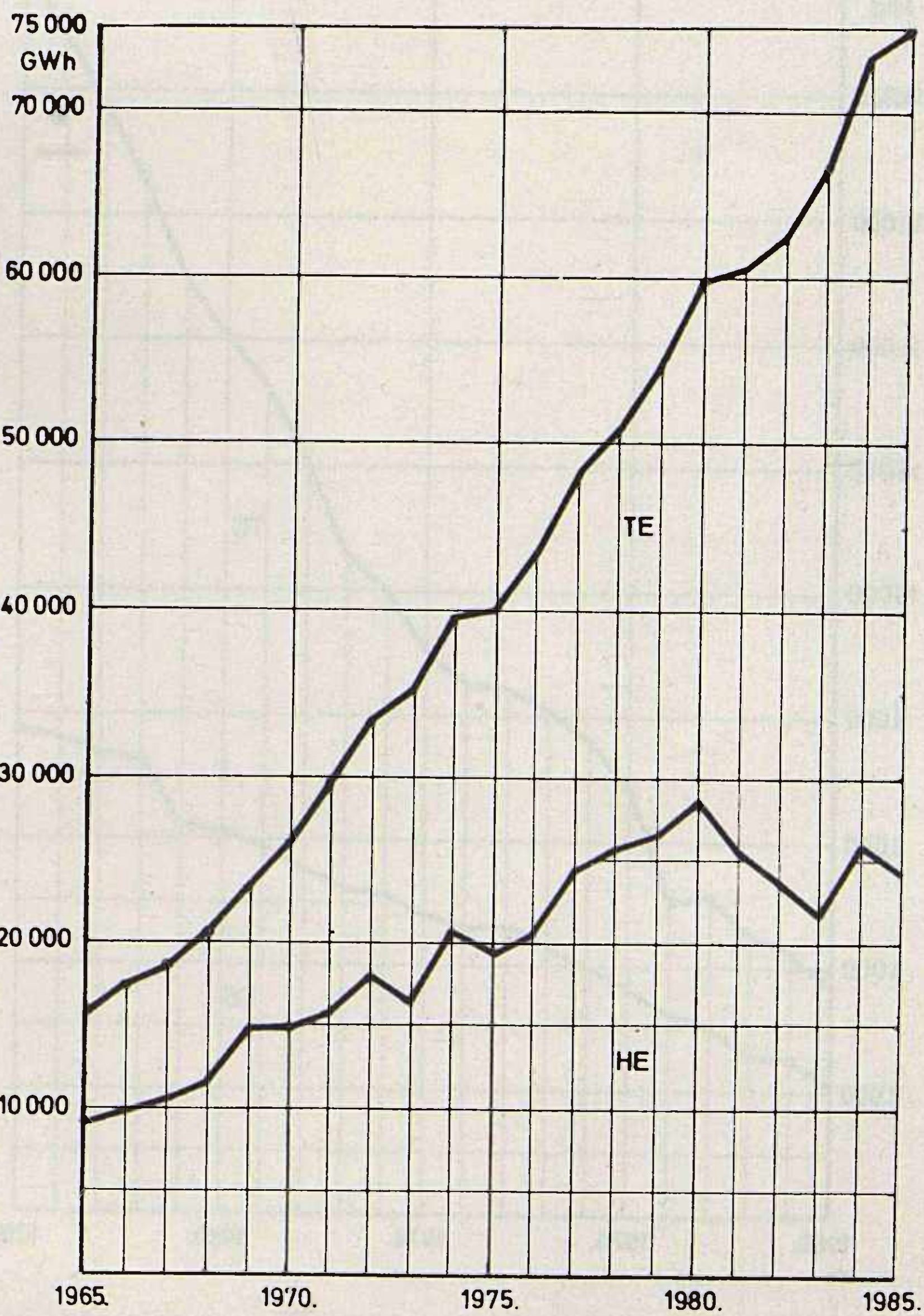
Naziv postrojenja		1975.	1976.	1977.	1978.	1979.	1980.	1981.	1982.	1983.	1984.	1985.*
Hidroelektrane	broj	20	21	21	22	21	20	19	21	22	55	—
	snaga MW	1310	1200	1200	1302	1448	1558	1577	1665	1676	1942	1951
	od toga Udružene MW	1213	1185	1185	1284	1431	1542	1557	1645	1669	1925	1931
Termoelektrane	broj	41	41	41	43	35	39	32	33	33	56	—
	snaga MW	836	887	877	1177	1202	1299	1345	1677	1677	1866	1722
	od toga Udružene MW	800	771	720	720	1090	1093	1240	1572	1572	1617	1617
Ukupno elektrane		MW	2146	2087	2077	2479	2650	2641	2922	3342	3353	3673
Transformatorske stanice:												
380/110 kV	broj stanica	—	—	—	1	2	2	2	4	4	4	—
	broj transformatora	—	—	—	2	3	4	4	6	6	8	—
	snaga MVA	—	—	—	600	900	1200	1200	2000	2000	2800	3100
220/110 kV	broj stanica	6	6	6	6	6	8	8	9	9	9	—
	broj trasformatora	11	12	12	14	14	16	17	19	18	20	—
	snaga MVA	1600	1800	1450	2050	2350	2100	2250	2550	2550	2550	2700
110/35kV	broj stanica	50	71	59	57	57	59	71	70	86	98	—
	broj trasformatora	86	137	114	105	108	110	135	133	165	179	—
	snaga MVA	2140	3118	3018	3121	3217	3672	4119	4148	4638	5023	5117
35/10kV	broj stanica	286	280	245	258	260	264	311	423	318	335	—
	broj trasformatora	520	497	476	509	500	280	587	592	623	—	—
	snaga MVA	2130	2104	2172	2308	2400	2553	2943	3087	3146	3648	4504
Dalekovodi:												
380 kV	km	—	—	271	389	612	612	732	733	733	746	744
220 kV	km	1251	1065	1125	1005	996	1019	967	1020	1139	1067	1033
110 kV	km	2539	3384	3143	2560	3049	3152	3309	3347	3566	3922	3600
50 – 30 kV	km	3814	3682	3297	3451	4152	4023	4631	6582	8049	4452	4504
10 – 3 kV	km	20546	21050	18913	18383	21036	22758	25152	21647	23786	25992	25992
niski napon 0,4 kV	km	38415	43750	36403	38325	43072	43318	42011	44191	49380	53602	53602
Vršno opterećenje SRH	MW	1576	1595	1673	1744	1864	2003	1988	1985	2062	2268	2553

* Prethodni podaci, [] Upotrijebljena literatura (popis na kraju)

PROIZVODNJA I INSTALIRANE SNAGE



Sl. 1. Ukupna proizvodnja električne energije u Hrvatskoj

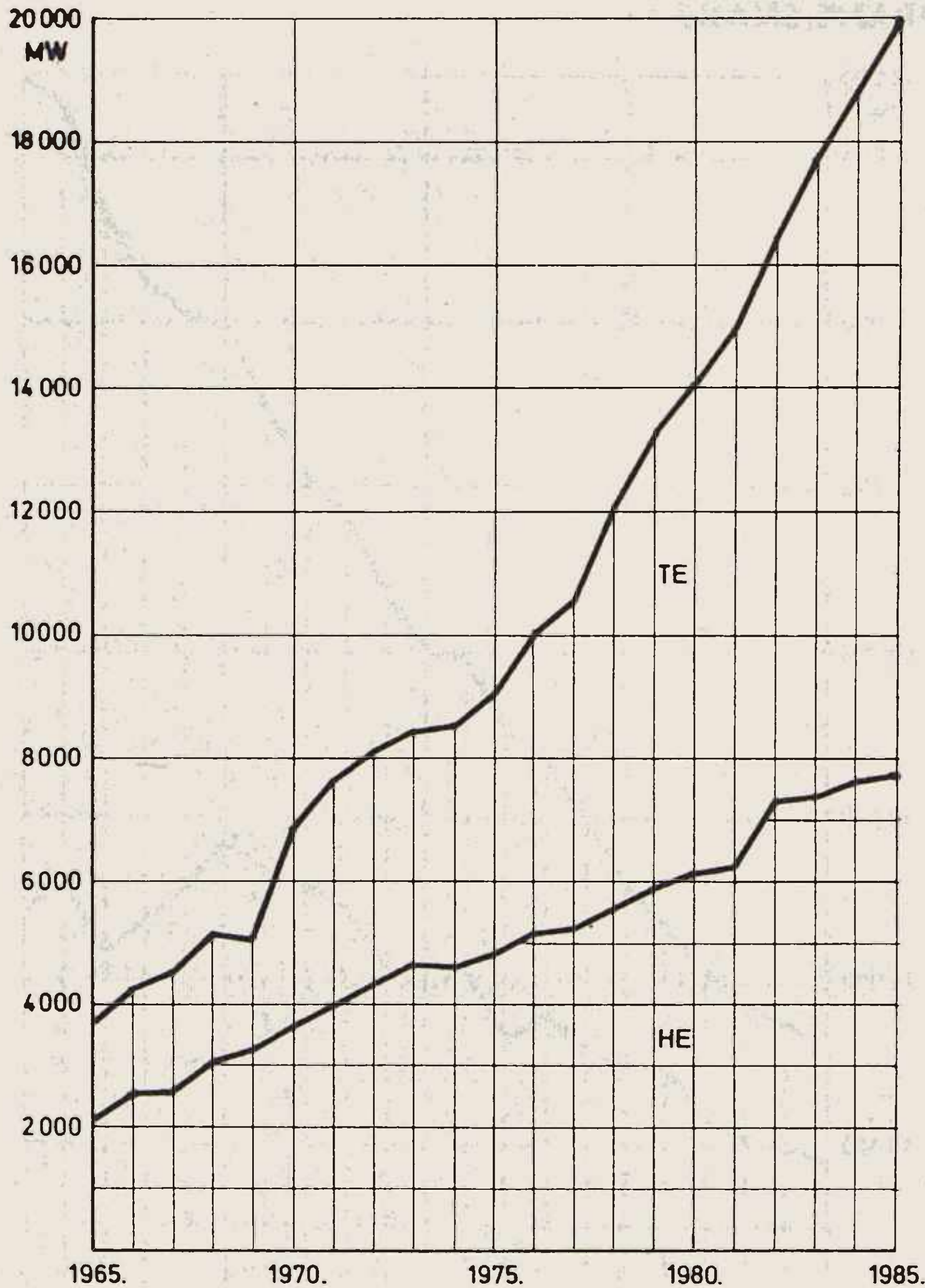


Sl. 2. Ukupna proizvodnja električne energije u Jugoslaviji

Tablica 2

RAZVOJ INSTALIRANE SNAGE I BRUTO PROIZVODNJE ELEKTRIČNE ENERGIJE U HRVATSKOJ [1]						
Godina	Instalirana snaga u MW			Proizvodnja u 10 ⁶ kWh		
	ukupno	HE	TE	ukupno	HE	TE
1939	158	12	86	568	276	156
1945	178	97	81	171	79	92
1950	188	89	99	577	326	251
1955	327	179	148	1 021	587	434
1960	470	289	181	1 671	1 197	474
1965	895	649	241	3 391	2 609	782
1966	962	721	241	4 000	3 257	743
1967	999	739	260	3 963	3 184	779
1968	1 035	775	260	4 094	3 304	790
1969	1 035	775	260	4 528	3 980	548
1970	1 334	798	595	4 622	3 656	966
1971	1 393	798	595	4 957	3 222	1 725
1972	1 363	798	565	5 500	3 718	1 782
1973	1 577	1 012	565	5 334	2 640	2 694
1974	1 577	1 012	565	6 299	4 233	2 066
1975	1 878	1 313	505	5 939	3 641	2 298
1976	2 198	1 313	885	7 644	4 566	3 078
1977	2 198	1 313	885	8 738	5 159	3 579
1978	2 648	1 443	1 205	9 088	5 549	3 539
1979	2 798	1 561	1 237	8 850	5 335	3 515
1980	2 801	1 561	1 240	9 200	6 244	2 956
1981	2 995	1 561	1 434	8 767	4 790	3 977
1982	3 290	1 650	1 640	9 443	4 695	4 748
1983	3 507	1 666	1 841	9 410	4 401	5 009
1984	3 828	1 942	1 886	9 341	5 305	4 036
1985	3 828	1 942	1 886	9 549	4 843	4 705

Sl. 3. Razvoj instaliranih snaga u elektranama Hrvatske



Sl. 4. Razvoj instaliranih snaga u elektranama Jugoslavije

Tablica 3

RAZVOJ INSTALIRANE SNAGE I BRUTO PROIZVODNJE ELEKTRIČNE ENERGIJE U JUGOSLAVIJI [5]						
Godina	Instalirana snaga u MW			Proizvodnja u 10 ⁶ kWh		
	ukupno	HE	TE	ukupno	HE	TE
1939	505	174	331	1 174	567	607
1945	524	211	313	817	316	501
1950	673	290	383	2 408	1 175	1 233
1955	1 220	639	581	4 340	2 610	1 730
1960	2 468	1 391	1 077	8 928	5 984	2 944
1965	3 711	2 176	1 535	15 523	8 985	6 538
1966	4 243	2 533	1 710	17 174	9 880	7 294
1967	4 427	2 589	1 938	18 702	10 655	8 047
1968	5 155	3 094	2 065	20 641	11 767	8 874
1969	5 522	3 226	2 296	23 375	14 733	8 642
1970	6 879	3 636	3 243	26 023	14 741	11 282
1971	7 623	3 980	3 643	29 509	15 644	13 865
1972	8 090	4 306	3 784	33 241	17 982	15 249
1973	8 408	4 624	3 784	35 063	16 395	18 668
1974	8 570	4 602	3 968	39 456	20 659	18 797
1975	9 043	4 801	4 242	40 040	19 317	20 723
1976	10 073	5 143	4 930	43 573	20 555	23 018
1977	10 601	5 226	5 375	48 580	24 384	24 197
1978	12 081	5 539	6 542	51 755	25 416	26 339
1979	13 320	5 910	7 410	54 966	26 558	28 408
1980	14 069	6 110	7 959	59 716	28 476	31 240
1981	15 011	6 253	8 758	60 632	25 356	35 276
1982	16 428	7 250	9 178	62 374	23 539	38 785
1983	17 845	7 330	10 515	66 547	21 769	44 778
1984	18 894	7 626	11 268	73 139	25 953	47 186
1985	19 970	7 784	12 186	74 931	24 363	50 568

T a b l i c a 4

INSTALIRANE SNAGE ELEKTRANA 1985. PO REPUBLIKAMA u MW [7]									
Struktura	EP BiH	EP CG	ZEOH	ESM	EGS	ZEP	EPK	EV	Jugo- slavija
UDRUŽENE HE	1 425	656	1 951	412	672	2 542	43	—	7 701
— Protočne	511	—	350	54	644	1 652	35	—	3 246
— Akumulacione	474	649	1 305	329	—	287	—	—	3 044
— Pumpno-akumulacione	420	—	276	—	—	588	—	—	1 284
— Distributivne	20	7	20	29	28	15	8	—	127
UDRUŽENE TE	1 717	210	1 617	750	1 505	3 676	1 478	305	11 258
— Ugljen	1 717	210	1 25	540	1 008	3 580	1 478	12	8 670
— Tekuća goriva	—	—	1 010	210	—	96	—	38	1 354
— Plin	—	—	150	—	165	—	—	255	570
— NE	—	—	332	—	332	—	—	—	664
UDRUŽENE HE + TE	3 142	866	3 568	1 162	2 177	6 218	1 521	305	18 959
— Industrijske TE	245	24	105	57	45	160	52	115	793
UKUPNO	3 387	890	3 673	1 219	2 222	6 368	1 573	420	19 752

T a b l i c a 5

BRUTO PROIZVODNJA ELEKTRIČNE ENERGIJE 1985. PO REPUBLIKAMA u GWh [7]									
Struktura	EP BiH	EP CG	ZEOH	ESM	EGS	ZEP	EPK	EV	Jugo- slavija
UDRUŽENE HE	3 965	1 455	4 872	1 130	3 072	9 786	83	—	24 363
— Protočne	1 184	—	1 202	227	3 030	8 477	50	—	14 170
— Akumulacione	2 183	1 430	3 295	795	—	626	—	—	8 329
— Pumpno-akumulacione	501	—	300	—	—	640	—	—	1 441
— Distributivne	97	25	75	108	42	43	33	—	423
UDRUŽENE TE	7 841	1 333	4 397	2 410	6 588	18 679	5 257	1 168	47 673
— Ugljen	7 841	1 333	613	2 374	4 533	18 660	5 257	—	40 611
— Tekuća goriva	—	—	1 640	36	36	19	—	251	1 982
— Plin	—	—	125	—	—	—	—	917	1 042
— NE	—	—	2 019	—	2 019	—	—	—	4 038
UDRUŽENE HE + TE	11 806	2 788	9 269	3 540	9 660	28 465	5 340	1 168	72 036
— Industrijske TE	967	75	485	75	408	508	132	245	2 895
UKUPNO	12 773	2 863	9 754	3 615	10 068	28 973	5 472	1 413	74 931

T a b l i c a 6

MEĐUREPUBLIČKA RAZMJENA ELEKTRIČNE ENERGIJE 1985. PO REPUBLIKAMA u GWh [7]									
Prijem	EP BiH	EP CG	ZEOH	ESM	EGS	ZEP	EPK	EV	Jugo- slavija
Isporuke									
EP BiH	●	38	1 586	28	932	23	21	11	2 639
EP CG	44	●	6	6	11	657	34	—	758
ZEOH	37	1	●	20	24	53	8	—	143
ESM	24	2	19	●	28	50	2	—	125
EGS	278	5	406	31	●	60	—	—	780
ZEP	295	1 209	2 127	909	81	●	74	5 551	10 246
EPK	922	9	272	1 102	40	69	●	25	2 439
EV	37	—	15	—	—	—	—	●	52
JUGOSLAVIJA	1 637	1 264	4 431	2 096	1 116	912	139	5 587	± 17 182

T a b l i c a 7

BRUTO BILANCA ELEKTRIČNE ENERGIJE 1985. PO REPUBLIKAMA u GWh [7]						
Elektroprivreda republike i autonomne pokrajine	Proizvodnja	Prijem	Isporuke	Uvoz	Izvoz	Potrošnja
EP BiH	12 773	1 637	2 650	987	169	12 578
EP CG	2 863	1 271	758	171	96	3 451
ZEOH	9 754	4 431	154	979	258	14 752
ESM	3 615	2 102	120	31	35	5 593
EGS	10 068	1 120	780	57	184	10 281
ZEP	28 973	921	10 246	319	1 083	18 884
EPK	5 472	139	2 448	14	179	2 998
EV	1 413	5 587	52	105	37	7 016
JUGOSLAVIJA	74 931	17 208	17 208	2 663	2 041	75 553

Tablica 8

RAZVOJ PROIZVODNJE NA GENERATORU I RAZMJENE ELEKTRIČNE ENERGIJE SR HRVATSKE u GWh [1]																
Godina	Proizvodnja												Ukupna razmjena (saldo)			Raspo- loživo bruto
	Hrvatska			Udružene elektrane			Distr. i lokalne			Industr. elektrane						
	Ukupno	hidro	termo	ukupno	hidro	termo	ukupno	hidro	termo	ukupno	hidro	termo	ukupno	tu- zemna	ino- zemna	
1939	432	276	156	351	257	94	3	1	2	78	18	60	55	55	—	487
1945	224	93	131	169	84	85	3	—	3	52	9	43	68	68	—	292
1950.	556	327	229	446	311	135	4	1	3	106	15	91	225	225	—	781
1955.	1025	591	434	781	569	212	6	2	4	238	20	218	254	254	—	1279
1960.	1671	1197	474	1412	1176	236	6	2	4	253	19	234	622	716	— 94	2293
1961.	1555	1102	453	1333	1087	246	5	2	3	217	13	204	977	1051	— 74	2532
1962.	2331	1903	428	2122	1888	234	5	—	5	204r	15	189r	480	519	— 39	2814
1963.	3089	2311	778	2792	2212	580	90	83	7	207	16	191	286	348	— 62	3375
1964.	2910	2068	842	2555	1976	579	106	74	32	249	18	231	519	558	— 39	3429
1965.	3430	2620	810	3040	2513	527	90r	86	4r	300r	21	279r	374	413r	— 39	3804r
1966.	4000	3254	746	3616	3158	458	77r	74r	3	304r	19r	285r	171	187r	— 16	4168r
1967.	3962	3183	779	3580	3098	482	70r	70r	—	312r	15	297r	516	502r	+ 14	4905r
1968.	4091	3301	789	3707	3211	416	77	77	—	306	13	293r	815	817r	— 2r	5424
1969.	4520	3979	541	4155	3881	274	84	84	—	281	14	267	904	921	— 17	
1970.	4692	3726	966	4362	3640	722	73	73	—	257	13	244	1303	1351	— 48	5995
1971.	4953	3229	1724	4606	3152	1454	66	66	—	281	11	270	1509	1579	— 70	6462
1972.	5509	3727	7782	5166	3632	1534	80	80	—	263	15	248	1505	1505	—	7014
1973.	5333	2640	2693	4971	2569	2401	61	61	—	302	10	292	2018	1975	43	7352
1974.	6281	4226	1055	5916	4119	1797	85	85	—	280	22	258	2262	2359	— 97	8543
1975.	5922	3626	2296	5501	3538	1963	77	77	—	344	11	333	3188	2472	+ 716	9110
1976.	7633	4555	3078	7199	4466	2733	74	74	—	360	15	345	1908	1681	+ 227	9541
1977.	8782	5204	3578	8350	5114	3236	75	75	—	357	15	342	1419	1463	— 44	10201
1978.	9089	5562	3526	8648	5474	3174	76	76	—	365	13	352	1857	1679	+ 178	10946
1979.	8850	5680	3170	8399	5242	3157	80	80	—	371	13	358	2658	2809	— 151	11508
1980.	9200	6244	2956	8779	6149	2630	81	81	—	340	14	326	3097	3248	— 151	12297
1981.	8767	4790	3977	8365	4702	3663	77	77	—	325	11	314	3797	3397	400	12564
1982.	9445	4697	4748	9000	4613	4387	73	73	—	372	11	361	2909	2840	64	12354
1983.	9410	4401	5009	8898	4333	4565	60	60	—	452	8	444	3342	3416	— 74	12752
1984.	9341	5305	4036	8792	5241	3551	82	82	—	466	8	458	4347	3901	446	13688
1985.	9549	4843	4705	8967	4773	4194	63	63	—	519	7	512	4999	4271	728	14548

Do uključivo 1962. nalazile su se distribut. elektrane u sastavu udruž. elektropriv. Od 1965. uključeno 28 % HE Dubrovnik. Od 1981. 50 % NE Krško.

RAZMJENA ELEKTRIČNE ENERGIJE

Tablica 9

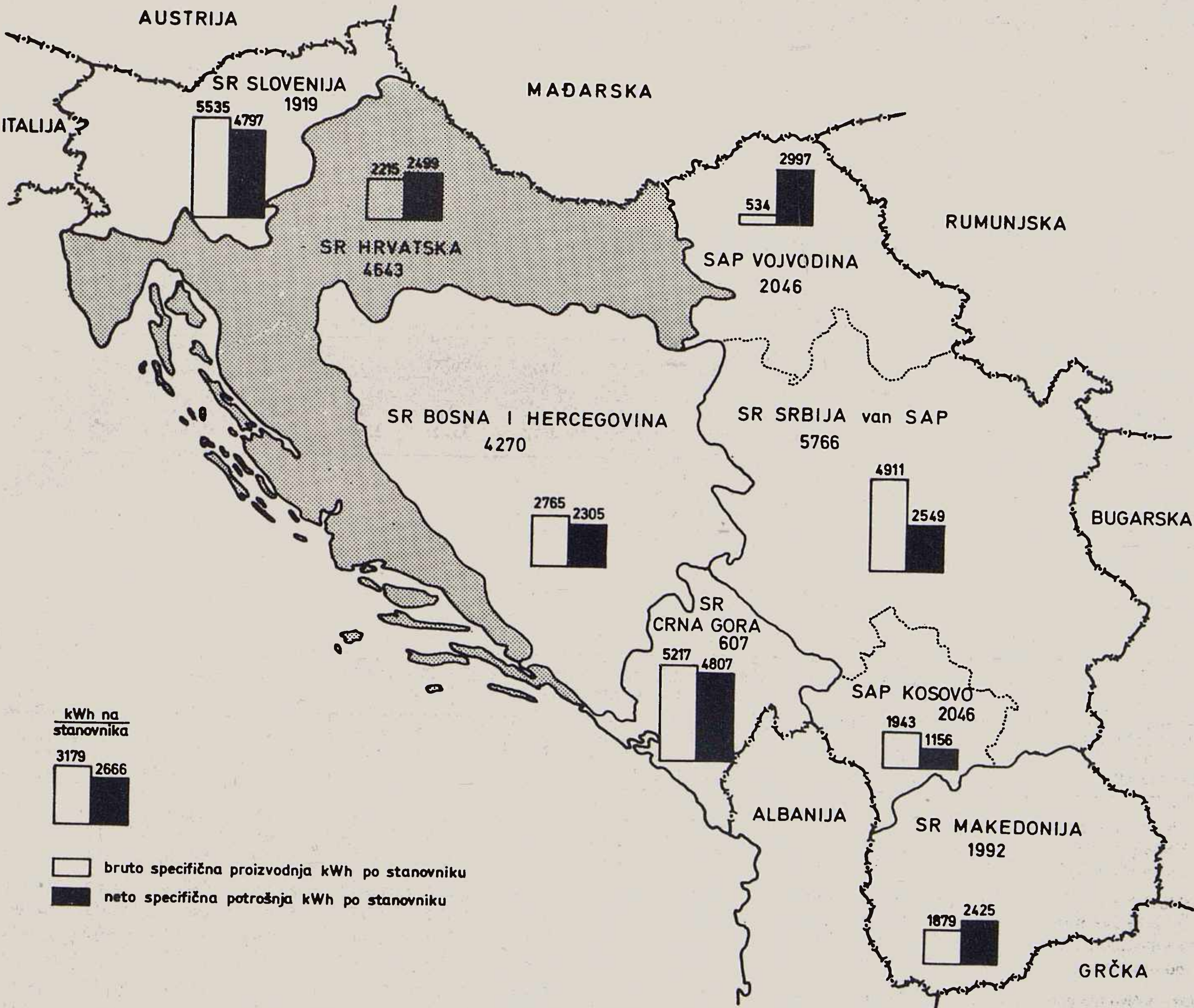
RAZMJENA IZMEĐU PODRUČJA UDRUŽENE ELEKTROPRIVREDE SRH 1985. u GWh [2]*					
Područje SRH	Osijek	Rijeka	Split	Zagreb	Hrvatska
Proizvodnja na pragu	47	2231	2240	2034	6552
Saldo dobave	—	—	—	—	7205
Primljeno od ZEOH	1777	245	2830	3562	—
Predano ZEOH	—	459	727	23	—
Raspoloživo BTTO	1824	2017	4343	5573	13757
Gubici prijenosa	47	68	152	177	444
Predano distribuciji	1636	1930	2043	4682	10291
Direktni potrošači	141	19	2148	714	3022

* U saldu dobave HE Dubrovnik 277 GWh i NE Krško 1922 GWh

Tablica 10

RAZVOJ RAZMJENE ELEKTRIČNE ENERGIJE UDRUŽENE ELEKTROPRIVREDE SRH u GWh*[2]											
Razmjena	1975.	1976.	1977.	1978.	1979.	1980.	1981.	1982.	1983.	1984.	1985.
Nabava iz Slovenije	166,0	46,0	48,0	79,0	19,0	36,5	175	26	184	—	—
Predaja u Sloveniju	26,0	26,0	66,0	50,0	109,0	68,1	33	29	37	—	—
Saldo	+	+	—	+	—	—	+	—	+	—	—
	140,0	20,0	18,0	29,0	90,0	31,6	142	3	147	3138*	3256*
Nabava iz dr. republ.	2401,0	1689,0	1510,0	1731,0	3112,0	3388,1	3444	1433	1635	943	1209
Predaja u dr. republ.	75,0	18,0	37,0	87,0	193,0	142,1	87	142	66	185	169
Saldo	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	2326,0	1671,0	1473,0	1644,0	2919,0	3246,0	3357	1291	1569	758	1040
Nabava iz inozemstva	739,0	331,0	55,0	234,0	81,0	76,3	430	245	355	936	1005
Predaja u inozemstvo	23,0	104,0	100,0	56,0	232,0	213,1	30	176	429	490	277
Saldo	+	+	—	+	+	—	+	+	—	+	+
	716,0	227,0	45,0	178,0	151,0	136,8	400	69	74	446	728
Ukupno nabava	3306,0	2066,0	1613,0	2044,0	3212,0	3500,0	4049	2432	3993	5017	5470
Izvoz i predaja	124,0	148,0	203,0	193,0	534,0	423,3	150	523	651	675	446
Saldo razmjene	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	3182,0	1918,0	1410,0	1851,0	2658,0	3077,6	3899	2909	3342	4342	5024

* U tablici je sadržana dobava ugovorene količine iz elektrana izgrađenih u drugim republikama.



Sl. 5. Specifična proizvodnja i potrošnja električne energije (kWh/stanovnik)

POTROŠNJA I BILANCE ELEKTRIČNE ENERGIJE

Tablica 11

PROIZVODNJA I POTROŠNJA ELEKTRIČNE ENERGIJE UDRUŽENE ELEKTROPRIVREDE HRVATSKE
u MWh [2]*

UDRUŽENA ELEKTROPRIVREDA HRVATSKE	1975.	1976.	1977.	1978.	1979.	1980.	1981.	1982.	1983.	1984.	1985.
Proizvodnja na generatoru	5518,6	7198,5	8349,7	8647,2	8399,5	8779,0	8365,0	8998,2	8898,3	8792,4	8966,8
Vlastita potrošnja	174,4	223,4	248,9	252,6	253,6	249,5	278,2	248,1	222,2	161,9	216,8
Proizvodnja na pragu	5344,2	6975,1	8100,8	8394,6	8145,9	8529,5	8086,8	8750,1	8676,1	8630,5	8750,0
Razmjena saldo:	3187,4	1937,5	1411,9	1853,3	2664,2	3077,6	3774,3	2898,3	3335,2	4342,0	5001,2
sa Slovenijom	121,2	19,2	- 18,6	28,9	- 89,6	- 31,6	18,4	- 2,8	147,0	—	—
sa Bosnom i H.	1990,5	1565,4	1300,3	1323,2	1512,5	1513,5	1457,6	1262,4	1569,0	—	—
sa drugim republ.	360,5	125,9	187,5	323,0	1392,3	1732,5	1898,7	1569,4	1693,2	3896,0	4273,4
sa inozemstvom	715,2	227,1	- 44,4	178,2	- 151,0	- 136,8	399,6	69,3	- 74,0	446,0	727,8
Nabava od industrije	6,3	21,4	—	2,0	—	—	—	—	—	5,8	7,8
Raspoloživo ukupno	8537,9	8934,0	9512,7	10249,9	10810,1	11607,1	11861,1	11648,4	12011,3	12978,3	13759,0
Gubici prijenosa	319,9	303,4	336,7	342,9	302,2	380,9	364,1	364,9	412,0	414,9	444,2
Predano distr. BiH	47,1	23,8	1,4	0,9	0,0	0,1	0,0	0,1	—	—	—
Razlika voz. red ±	—	—	—	—	6,4	—	—	—	—	—	—
Potrošnja u Hrvatskoj	8177,9	8606,8	9174,6	9906,1	10501,5	11226,1	11497,0	11283,4	11599,3	12563,4	13114,8
Distribut. poduzeća	5784,9	6149,8	6663,9	7289,8	7841,0	8545,2	8778,3	8756,9	8992,4	9609,9	10291,1
Direktni potrošači	2393,0	2457,0	2510,7	2616,3	2660,5	2680,9	2718,7	2526,5	2606,9	2953,5	3023,7

Tablica 12

VLASTITO SNABDJEVANJE ELEKTRIČNOM ENERGIJOM INDUSTRIJE SRH
u GWh [2]*

	1975.	1976.	1977.	1978.	1979.	1980.	1981.	1982.	1983.	1984.	1985.
Proizvod. na gen.	343,5	359,9	356,5	365,5	370,7	339,6	324,9	371,7	452,5	466,4	518,6
Predano Udruž.	6,3	21,4	—	2,0	—	—	—	—	—	5,8	7,8
Predano Distribuc.	2,0	5,2	3,2	2,3	3,2	5,4	2,7	8,5	8,1	7,5	9,9
Vlast. snabdjev.	335,2	333,3	353,3	361,2	367,5	334,2	322,2	363,2	444,4	453,1	500,9

Tablica 13

PROIZVODNJA I POTROŠNJA ELEKTRIČNE ENERGIJE DISTRIBUTIVNIH PODUZEĆA
HRVATSKE GWh [2]*

DISTRIBUTIVNA PODUZEĆA HRVATSKE	1975.	1976.	1977.	1978.	1979.	1980.	1981.	1982.	1983.	1984.	1985.
Proizvodnja na generatoru	77,4	74,2	75,3	76,7	79,8	81,3	77,1	73,5	59,5	82,3	63,2
Vlastita potrošnja	2,4	1,0	2,6	2,1	1,5	0	1,4	0,6	0,9	1,2	0,8
Proizvodnja na pragu	75,0	73,2	72,7	74,6	78,3	81,3	75,7	72,9	58,6	81,1	62,4
Saldo dobave:	5844,6	6157,0	6673,0	7296,8	7836,3	8570,0	8803,2	8781,6	9013,5	9616,5	10299,0
od prijenosa SRH	5784,9	6149,8	6663,9	7289,8	7841,0	8545,2	8778,3	8756,9	8992,4	9609,9	10291,1
od distribucije BiH	56,9	2,0	5,9	4,7	- 7,9	19,4	22,2	16,2	9,7	- 0,9	- 2,0
od industrije	2,8	5,2	3,2	2,3	3,2	5,4	2,7	8,5	11,4	7,5	9,9
Raspoloživo ukupno	5919,6	6230,2	6745,7	7371,4	7914,6	8651,3	8878,9	8854,5	9072,1	9697,6	10361,4
Gubici distribucije	582,1	659,5	720,4	776,5	680,6	856,1	833,2	845,8	—	943,8	883,8
Potrošnja u Hrvatskoj	5337,5	5570,7	6025,3	6594,9	7234,9	7795,2	8045,7	8008,7	8323,9	8753,8	9477,6

Tablica 14

POTROŠNJA DIREKTNIH POTROŠAČA UDRUŽENE ELEKTROPRIVREDE HRVATSKE u GWh [2]*											
UDRUŽENA ELEKTROPRIVREDA HRVATSKE	1975.	1976.	1977.*	1978.*	1979.*	1980.	1981.	1982.	1983.	1984.	1985.
Direktni potrošači											
ukupno	2393,0	2457,0	2510,7	2616,3	2660,5	2680,9	2718,7	2526,1	2473,4	2953,5	3023,7
Elektrovuča ŽTP-a	122,3	123,8	140,4	156,5	176,1	187,2	199,1	214,6	224,9	246,4	245,7
Industrija ukupno	2270,7	2333,2	2370,3	2459,8	2484,4	2493,7	2519,6	2311,5	2248,5	2707,1	2778,0
Ugljenokopi											
Raša, Labin	43,3	48,1	47,0	44,4	44,4	38,8	—	—	—	—	—
Cementare					61,7	72,5	95,0	98,6	101,5	104,6	98,0
Sloboda, Zagreb	30,6	35,9	68,3	68,8	61,1	51,0	55,1	51,7	44,2	43,3	46,9
Cementara, Našice	—	—	—	—	0,6	21,5	39,9	46,9	57,3	61,3	51,1
Elektrokemija	537,1	532,1	522,1	552,4	566,8	557,1	610,8	575,4	595,9	786,9	746,2
Karbid, D. Rat	248,9	218,8	182,0	211,0	222,0	223,7	238,7	191,6	196,7	390,6	332,9
Jugovinil, Kaštel S.	65,4	65,5	83,8	68,1	95,5	97,8	112,2	110,8	84,7	108,9	98,7
Gnojivo, Kutina	222,8	247,8	256,3	253,3	249,3	235,6	259,9	273,0	312,4	274,5	295,4
DINA Krk	—	—	—	—	—	—	—	—	2,1	12,9	19,2
Elektrometalurgija	142,3	1472,5	1480,4	1540,4	1550,0	1569,9	1543,8	1380,9	1288,2	1541,4	1622,7
Aluminij, Lozovac	162,3	170,8	189,3	195,6	192,1	196,6	188,7	169,5	145,9	162,0	173,5
TLM, Ražine	1096,3	1115,7	1134,4	1169,1	1161,2	1185,8	1151,9	1050,9	976,4	1161,3	1210,7
Ferolegure, Šibenik	163,7	186,0	156,7	175,7	196,7	187,5	203,2	160,4	165,9	218,1	238,5
Ostali potrošači	237,4	244,6	252,5	253,8	261,5	255,4	270,0	256,6	262,9	274,1	311,1
Željezara, Sisak	165,4	171,4	181,9	182,9	189,4	182,1	182,4	179,8	185,9	190,5	207,6
Valjaonica, Ražine	62,2	69,2	68,6	70,4	70,6	72,1	71,6	67,9	68,4	69,5	84,9
Ostali	5,8	4,0	2,0	0,5	1,5	1,2	16,0	8,9	8,6	14,1	18,6

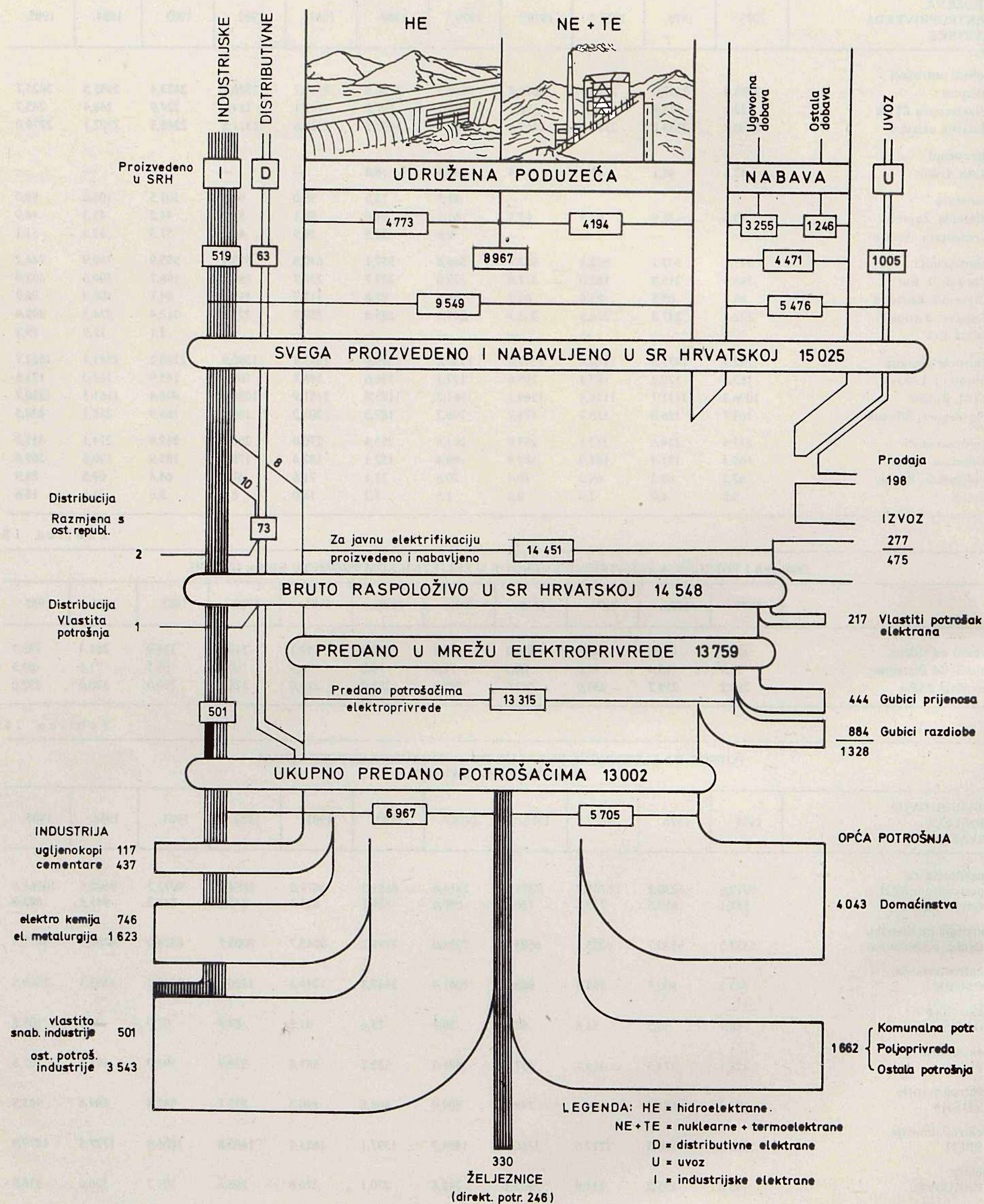
Tablica 15

DOBAVA I POTROŠNJA ELEKTRIČNE ENERGIJE U ŽELJEZNIČKOM PROMETU SRH u GWh [4]											
	1975.	1976.	1977.	1978.	1979.	1980.	1981.	1982.	1983.	1984.	1985.
Dobava od Udruž.	122,3	123,8	140,4	156,5	176,1	187,2	199,1	214,6	224,9	264,4	245,7
Dobava od Distribuc.	86,9	95,9	94,6	86,5	71,6	70,8	70,9	60,4	55,1	73,6	84,3
Potrošnja ŽTP-a	210,2	219,7	235,0	243,0	247,7	258,0	270,0	275,0	280,0	320,0	330,0

Tablica 16

POTROŠNJA ELEKTRIČNE ENERGIJE PO DISTRIBUTIVNIM PODRUČJIMA SR HRVATSKE u GWh [2]*											
DISTRIBUTIVNA PODUZEĆA HRVATSKE	1975.	1976.	1977.*	1978.*	1979.*	1980.	1981.	1982.	1983.	1984.	1985.
Raspoloživo za potrošnju u SRH	5919,6	6230,2	6745,7	7371,4	7914,6	8651,3	8879,0	8854,5	9072,2	9697,5	10361,6
Gubici mreže	582,1	659,5	720,4	776,5	680,6	856,1	833,3	845,8	748,2	943,8	883,8
Potrošnja po distribu- tivnim poduzećima	5337,5	5570,7	6025,3	6594,9	7234,0	7795,2	8045,7	8008,7	8324,0	8753,7	9477,8
Elektroslavonija											
OSIJEK	743,5	800,5	895,5	968,0	1061,4	1147,8	1244,3	1228,6	1318,7	1363,3	1493,5
Elektrolika											
GOSPIĆ	48,7	50,5	53,8	62,7	69,7	75,6	81,2	87,3	93,0	97,6	108,8
Elektroistra											
PULA	428,1	374,5	414,7	437,0	481,3	522,2	581,8	579,9	593,0	644,9	707,8
Elektroprimorje											
RIJEKA	601,4	651,7	694,1	748,7	809,0	868,8	898,3	875,7	882,4	889,6	983,5
Elektrodalmacija											
SPLIT	1092,4	1170,3	1217,8	1366,9	1494,7	1597,1	1653,5	1605,8	1656,9	1727,3	1879,9
Elektra											
KARLOVAC	195,6	195,2	211,9	235,1	248,8	270,1	276,6	298,8	307,7	306,0	336,8
Elektra											
SISAK	203,3	212,3	234,3	251,1	322,0	301,6	279,2	281,7	278,5	344,4	317,1
Elektra											
ZAGREB	2024,5	2115,7	2303,2	2525,4	2447,1	3011,9	3030,8	3064,3	3205,6	3381,0	3650,5
<i>Prema naponu:</i>											
Na visokom naponu	2127,7	2207,2	2415,5	2667,1	2930,6	3198,7	3334,1	3219,8	3297,6	3476,8	3772,4
Na niskom naponu	3209,8	3363,5	3609,9	3927,8	4303,4	4596,5	4711,6	4788,9	5026,4	5276,9	5705,4
- Domaćinstva	2132,7	2223,4	2360,4	2584,6	2904,8	3111,1	3238,6	3359,8	3560,5	3735,2	4043,3
- Ost. potroš. na 0,4 kV	1077,1	1140,1	1249,5	1343,2	1398,6	1485,4	1473,0	1429,1	1465,9	1541,7	1662,1

TOK ELEKTRIČNE ENERGIJE U SR HRVATSKOJ 1985. milijuna kilovatsati (GWh)



Sl. 6. Tok električne energije u SRH 1985. godine

Tablica 17

PROIZVODNJA I POTROŠNJA ELEKTRIČNE ENERGIJE U SR HRVATSKOJ
u GWh [2]*

Potrošači	1975.	1976.	1977.*	1978.*	1979.*	1980.*	1981.	1982.	1983.	1984.	1985.
Proizvod. na generat.	5940,3	7632,6	8781,5	9089,8	8850,0	9200	8767,0	9443,4	9410,3	9341,1	9548,6
Saldo dobave	3197,3	1915,6	1416,4	1856,6	2649,9	3097	3796,5	2914,5	3344,9	4341,1	4999,3
Raspoloživo bruto	9137,6	9548,2	10197,9	10946,4	11499,9	12297	12563,5	12357,4	12755,2	13682,2	14546,9
Vlastita potrošnja	176,9	224,3	251,5	254,6	255,1	250	279,6	248,7	223,1	163,1	216,8
Gubici prijenosa	312,9	303,4	336,7	342,9	302,2	381	364,1	364,9	412,0	414,9	444,2
Gubici distribucije	582,1	659,5	720,4	776,5	680,6	856	833,2	845,8	748,2	943,8	883,8
Potrošnja neto	8065,7	8361,0	8889,3	9572,4	10262,0	10810	11086,6	10898,5	11371,9	12160,4	1300,1
Industrija	4645,7	4777,8	5044,4	5401,6	5733,0	5977	6105,0	5834,7	6065,5	6863,5	6966,7
Ugljenokopi	45,3	53,9	47,0	44,4	44,4	50	50,4	53,0	47,3	50,0	50,0
Cementare	304,4	287,3	277,8	278,8	361,7	367	394,1	395,0	400,0	350,0	437,0
Elektrokemija	537,1	532,1	522,1	552,4	566,8	557	610,9	575,4	595,9	786,9	746,2
Elektrometalurgija	1422,3	1472,5	1480,4	1540,4	1550,0	1570	1543,7	1380,9	1288,2	1541,4	1622,7
Ostala prodaja	2001,4	2098,7	2363,8	2624,4	2842,6	3099	3183,7	3430,4	3289,7	3682,1	3609,9
Vlast. snabdjev. ind.	335,2	333,3	353,3	361,2	367,5	334	322,2	363,2	444,4	453,1	500,9
Elektro vuča ŽTP	210,2	219,7	235,0	243,0	225,6	237*	270,0	275,0	280,0	320,0	330,0
Opća potrošnja	3209,8	3363,5	3609,9	3927,8	4303,4	4596	4711,6	4788,8	5026,4	5276,9	5705,4
Domaćinstva	2132,7	2223,4	2360,4	2584,9	2904,8	3111	3238,6	3359,8	3560,5	3735,2	4043,3
Komunal. potr.	291,0	473,0	572,0	622,0	667,0	649	692,3	664,6	701,5	733,6	839,8
Ost. potrošnja	786,1	667,1	677,5	720,9	731,6	836	780,7	764,4	764,4	808,1	822,3

Tablica 18

BILANCA PROIZVODNJE I POTROŠNJE ELEKTRIČNE ENERGIJE U SFRJ U 1985.
u GWh [8]

	SFRJ	SR Bosna i Hercegovina	SR Crna Gora	SR Hrvatska	SR Makedonija	SR Slovenija	SR Srbija			
							ukupno	terit. SRS van terit. SAP	SAP Kosovo	SAP Vojvodina
Proizvodnja na generatoru	74 802	11 990	2 878	8 349	3 575	12 205	35 805	29 017	5 393	1 395
Vlastita potrošnja	4 069	784	107	355	213	532	2 078	1 520	475	83
Proizvodnja na pragu elektrane	70 733	11 206	2 771	7 994	3 362	11 673	33 727	27 497	4 918	1 312
Izvoz ¹	2 036	169	96	258	30	184	1 299	1 083	179	37
Uvoz ¹	2 663	987	171	979	31	57	438	319	14	105
Primljeno od drugih republika	17 999	1 637	1 264	5 248	2 096	1 116	6 638	912	139	5 587
Isporučeno u drugim republikama	17 999	1 656	758	143	125	2 580	12 737	10 246	2 439	52
Gubici prenosa i razvoda	7 530	1 547	353	1 503	575	597	1 955	1 844	266	845
Raspoloživo za potrošnju	63 830	10 458	2 999	12 317	4 759	9 485	23 812	15 555	2 187	6 070
Industrija i rudarstvo	38 300	6 927	2 346	6 638	3 096	6 326	12 967	8 458	1 677	2 832
Rudnici uglja	1 558	290	8	117	29	149	995	497	498	—
Cementare	1 156	134	75	437	87	179	244	244	—	—
Elektrokemija	5 040	250	395	1 448	159	1 464	1 324	506	86	732
Elektrometalurgija	9 165	3 581	1	608	1 911	877	2 187	1 678	441	68
Ostala industrija	21 351	2 672	1 867	4 028	910	3 657	8 217	5 533	652	2 032
Pumpanje vode u akumulacione basene HE	1 226	266	—	—	—	—	960	960	—	—
Elektroželjeznička vuča	1 265	163	32	515	12	224	319	257	—	62
Tramvaji i trolejbusi	135	28	—	58	—	—	49	49	—	—
Javni vodovod	721	85	29	207	24	61	315	253	10	52
Javno osvjetljenje	511	49	17	155	27	69	194	122	9	63
Domaćinstva (osvjetljenje i aparati)	17 831	2 570	436	4 040	1 387	2 057	7 341	4 427	382	2 532
Poslovne i društvene prostorije	1 159	...	86	389	135	—	549	367	68	114
Motori i aparati ostalih potrošača	1 214	...	29	223	38	—	924	602	32	290
Poljoprivreda — ukupno	1 468	370	24	92	40	748	194	60	9	125
Melioracija	101	45	—	2	15	—	39	6	3	30
Poljoprivredni motori	147	21	24	57	3	—	42	26	6	10
Ostalo	1 220	304	—	33	22	748	113	28	—	85

¹ Podaci zajednice jugoslavenske elektroprivrede.

Tablica 19

POGONSKA SNAGA I POTROŠNJA ELEKTRIČNE ENERGIJE PREMA TEHNOLOŠKOJ NAMJENI U INDUSTRIJSKIM ORGANIZACIJAMA SR HRVATSKE ZA 1983. GODINU u MWh [4]							
	Ukupna pogonska snaga	Snaga elektro-motora	Ukupno utrošena električna energija	Za termičke svrhe	Za elektrolize i galvanizaciju	Za elektro-motore	Ostalo
Ukupno	2 400 ²	2 165 ²	5 879 576	720 246	1 360 053	3 468 664	330 613
Elektroprivreda	237	212	424 077	3 736	3 140	377 104	40 097
Proizvodnja ugljena	28	27	47 258	316	—	46 880	62
Prerada ugljena	11	7	22 528	—	—	21 808	720
Proizvodnja nafte i zemnog plina	39	35	48 155	208	—	46 460	1 487
Proizvodnja naftnih derivata	132	107	214 079	813	108	206 123	7 035
Crna metalurgija	91	91	509 189	399 050	—	107 198	2 941
Proizvodnja ruda obojenih metala	8	1	734	11	—	643	80
Proizvodnja obojenih metala	7	7	1 345 200	45 810	1 293 345	3 317	2 728
Prerada obojenih metala	44	44	70 569	12 906	54	55 523	2 084
Proizvodnja nemetalnih minerala	23	9	12 220	—	—	10 889	1 331
Prerada nemetalnih minerala	34	33	152 884	54 881	—	88 497	9 506
Metaloprerađivačka djelatnost	151	134	221 648	48 253	7 310	149 825	16 260
Strojogradnja	95	94	84 989	8 515	900	64 559	11 015
Proizvodnja prometnih sredstava	25	25	26 012	4 997	504	16 354	4 157
Brodogradnja	71	70	70 536	2 156	—	45 498	22 882
Proizvodnja električnih strojeva i aparata	69	68	79 938	17 504	3 923	46 619	11 892
Proizvodnja osnovnih kemijskih proizvoda	305	181	573 063	69 730	42 934	446 188	14 211
Prerada kemijskih proizvoda	81	83	130 020	16 310	1 755	97 104	14 851
Proizvodnja kamena, šljunka i pijeska	69	45	46 862	415	—	43 939	2 508
Proizvodnja građevnog materijala	251	234	538 158	1 383	—	512 519	24 256
Proizvodnja rezane grade i ploča	48	47	69 462	458	—	63 870	5 134
Proizvodnja finalnih proizvoda od drveta	108	106	133 661	1 137	103	117 565	14 856
Proizvodnja i prerada papira	83	83	257 717	941	101	235 258	21 417
Proizvodnja tekstilnih prediva i tkanina	85	85	245 683	2 265	—	218 275	25 143
Proizvodnja gotovih tekstilnih proizvoda	34	34	68 945	5 769	—	48 173	15 003
Proizvodnja kože i krzna	12	12	11 220	378	—	10 161	681
Proizvodnja kožne obuće i galanterije	18	18	27 797	919	—	22 277	4 601
Prerada kaučuka	24	24	45 171	2 616	—	39 295	3 260
Proizvodnja prehrambenih proizvoda	183	177	286 719	14 273	4 518	23 861	35 067
Proizvodnja pića	27	27	47 610	1 115	—	38 754	7 741
Proizvodnja stočne hrane	19	19	23 642	788	—	21 188	1 666
Proizvodnja i prerada duhana	5	5	9 392	366	—	7 685	1 341
Grafička djelatnost	18	18	27 275	2 019	661	21 061	3 534
Dorada, prerada i proizvodnja sirovina od otpadaka	0	0	325	15	—	284	26
Proizvodnja raznovrsnih proizvoda	3	3	6 838	191	697	4 910	1 040

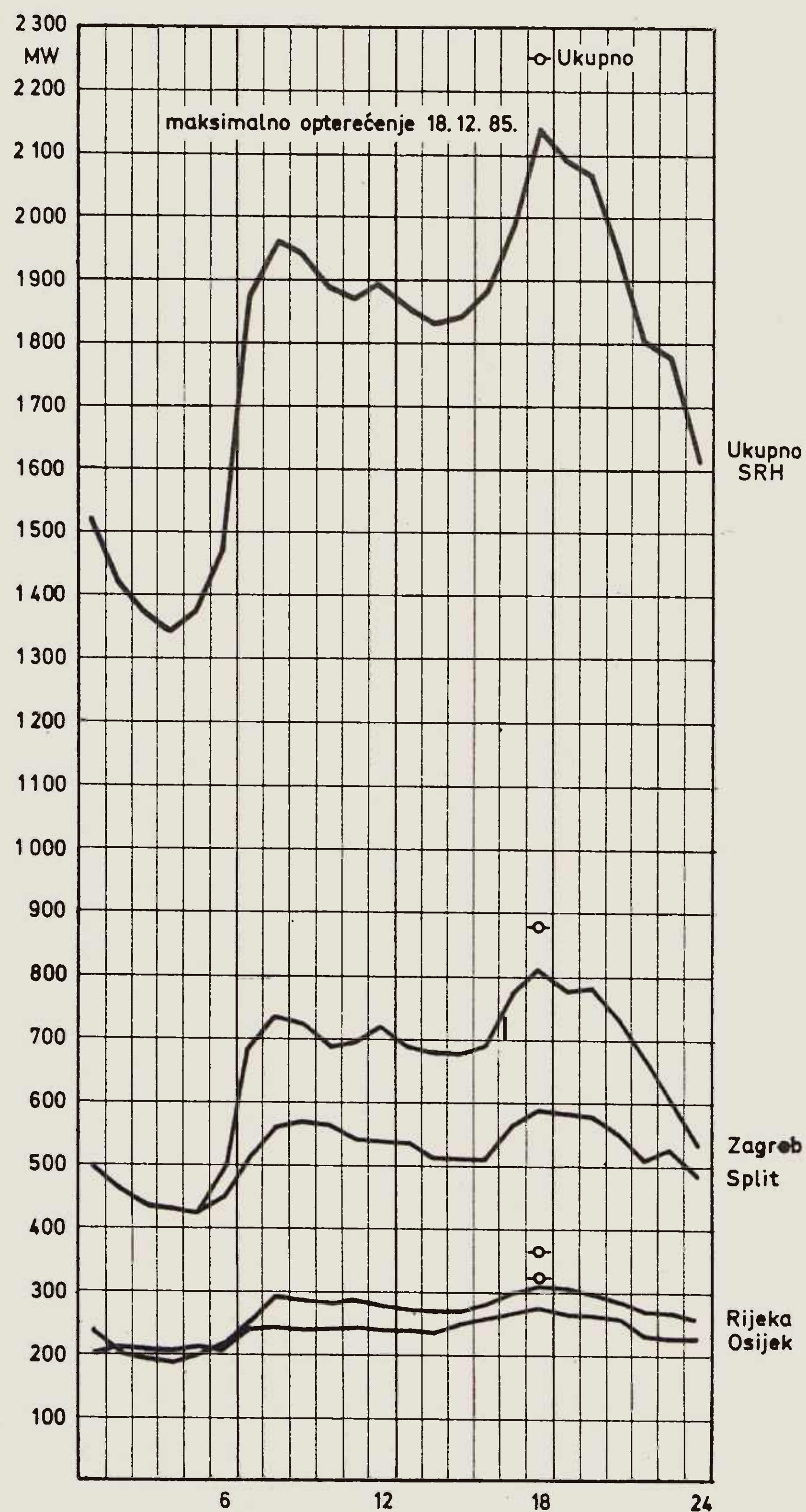
¹ Izvjesna odstupanja od podataka objavljenih u tabeli 10 – 17. nastala su zbog drugog izvora podataka. Raspored potrošnje električne energije prema tehnološkoj namjeni najčešće je dobiven na temelju procjena stručnjaka u organizacijama udruženog rada.

² Bez agregata u elektranama i motora prometnih sredstava.

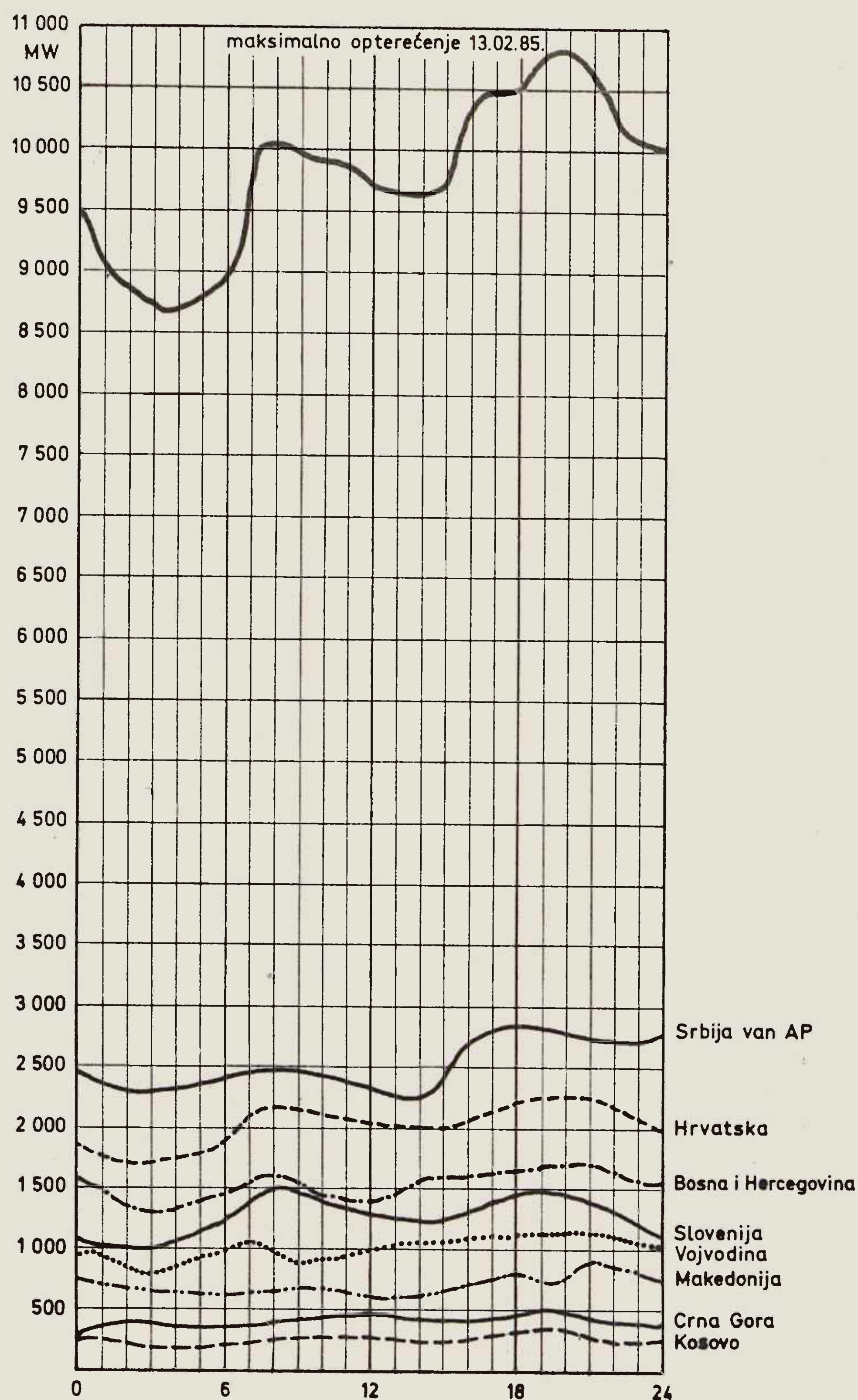
Tablica 20

UTROŠAK ELEKTRIČNE ENERGIJE PREMA TEHNOLOŠKOJ NAMJENI U INDUSTRIJSKIM ORGANIZACIJAMA UDRUŽENOG RADA SFRJ u 1983 ¹ [8]									
	Utrošak elektroenergije u GWh					Struktura utroška (ukupno = 100)			
	ukupno	za ter- mičke svrhe	za elek- trolize i galvani- zaciju	za elek- tromo- tore	ostalo	za ter- mičke svrhe	za elek- trolize i galvani- zaciju	za elek- tromo- tore	ostalo
Ukupno	34 144	5 683	5 115	21 290	1 876	17,2	15,0	62,4	5,5
Elektroprivreda	4 808	40,2	26,0	4 455	287	0,8	0,5	92,7	6,0
Proizvodnja ugljena	674	9,4	—	619	45,9	1,4	—	91,8	6,8
Prerada ugljena	166	6,3	—	150	9,7	3,6	—	90,4	6,0
Proizvodnja nafte i plina	59,7	0,4	—	56,7	2,6	0,0	—	95,0	5,0
Proizvodnja derivata nafte	423	2,7	0,1	396	24,8	0,6	0,0	93,6	5,8
Proizvodnja rude željeza	48,9	2,5	—	45,0	1,4	5,1	—	92,0	2,9
Crna metalurgija	5 223	3 739	3,8	1 361	118	71,6	0,0	26,1	2,3
Proizv. ruda obojenih metala	1 049	6,7	—	1 012	31,0	0,6	—	96,5	3,0
Proizvodnja obojenih metala	5 629	224	4 489	820	96,3	4,0	79,7	14,6	1,7
Prerada obojenih metala	426	148	5,1	256	16,4	34,7	1,2	60,1	3,9
Proizvodnja nemetala	172	2,7	22,1	133	14,5	1,6	12,8	77,3	8,4
Prerada nemetala	683	248	0,0	393	42,2	36,3	0,0	57,5	6,1
Metaloprerađivačka delatnost	1 670	661	44,3	849	116	39,6	2,6	50,8	6,9
Strojogradnja	423	57,3	4,8	312	49,0	13,5	1,2	73,8	11,6
Proizv. prometnih sredstava	481	95,9	39,4	295	50,3	20,0	8,2	61,3	10,5
Brodogradnja	91,9	2,5	—	63,6	25,8	2,7	—	69,2	28,1
Proizv. električnih strojeva i aparata	638	172	31,1	355	79,8	27,0	4,9	55,6	12,5
Proizv. kemijskih proizvoda	2 510	134	426	1 860	89,8	5,3	17,0	74,1	3,6
Prerada kemijskih proizvoda	489	76,5	3,9	360	48,4	15,7	0,9	73,6	9,8
Proizvodnja kamena i pijeska	202	3,5	—	167	31,6	1,5	—	82,7	15,8
Proizv. građevinskog materijala	1 761	38,0	0,1	1 646	76,4	2,2	0,0	93,5	4,3
Proizv. rezane građe i ploča	513	6,7	—	469	37,1	1,4	—	91,4	7,2
Proizv. final. proizvoda od drveta	583	13,5	0,3	508	60,5	2,4	0,0	87,1	10,5
Proizvodnja i prerada papira	1 605	14,3	1,4	1 508	81,1	0,9	0,1	94,0	5,0
Proizv. tekst. prediva i tkanina	1 152	20,3	0,0	1 028	101	1,8	0,0	89,2	9,0
Proizv. gotovih. tekst. proizvoda	384	25,4	0,1	294	64,4	6,6	0,0	76,6	16,8
Proizvodnja kože i krzna	81,8	2,2	0,0	63,7	15,9	2,7	0,0	77,9	19,4
Proizv. kožne obuće i galanterije	109	5,9	0,0	79,5	23,4	5,4	0,0	72,9	21,6
Prerada kaučuka	256	16,6	0,2	223	16,1	6,6	0,0	87,1	6,3
Proizv. prehrambenih proizvoda	1 297	63,0	13,6	1 073	147	4,9	1,0	82,7	11,3
Proizvodnja pića	224	4,2	—	192	28,3	1,8	—	85,7	12,5
Proizvodnja stočne hrane	94,1	2,2	—	85,2	6,7	2,3	—	90,5	7,1
Proizvodnja i prerada duhana	58,9	2,9	—	48,2	7,9	4,9	—	81,8	13,4
Grafička djelatnost	123	11,8	2,3	88,8	20,2	9,6	1,9	72,2	16,4
Reciklaža sekundarnih sirovina	7,0	0,1	—	6,5	0,5	0,0	—	92,9	7,1
Proizv. raznovrsnih proizvoda	27,5	2,5	1,4	19,1	4,4	9,1	5,1	69,5	16,0

¹ Podaci o potrošnji elektroenergije prema tehnološkoj namjeni prikupljeni su godišnjim izvještajem industrije (Ind-21). Ukoliko u organizaciji udruženog rada nisu postojali egzaktni podaci o potrošnji elektroenergije prema tehnološkoj namjeni, strukturu su procjenjivali stručnjaci te organizacije.



Sl. 7. Dnevni dijagram opterećenja za SRH srijeda 23. XII 1985.



Sl. 8. Dnevni dijagram opterećenja za SFRJ 22. XII 1985.

Tablica 21

BILANCA PROIZVODNJE I POTROŠNJE ELEKTRIČNE ENERGIJE ELEKTROPRIVREDE JUGOSLAVIJE
u GWh [5]

Struktura proizvodnje i potrošnje električne energije	1975.	1976.	1977.	1978.	1979.	1980.	1981.	1982.	1983.	1984.	1985.
Proizvodnja na generatoru	40 040	434 573	48 580	51 755	54 966	59 716	60 632	62 324	66 547	73 008	74 802
Vlastita potrošnja	1 897	2 150	2 171	2 421	2 614	3 438	3 424	3 808	4 251	3 912	4 069
Proizvodnja na pragu elektrana	38 143	41 423	46 409	49 334	52 352	56 278	57 208	58 516	62 296	69 096	70 733
Uvoz	1 641	1 263	340	642	1 088	1 304	2 450	3 199	2 681	2 751	2 663
Izvoz	549	1 063	1 505	1 294	1 952	1 713	1 073	1 243	1 626	3 881	2 036
Gubici prijenosa i razvoda	4 445	4 646	5 127	4 965	5 233	4 858	4 467	5 567	6 641	6 747	7 530
Raspoloživo za potrošnju	35 233	36 977	40 117	43 717	46 255	51 011	54 033	54 905	56 890	61 219	63 830
Domaćinstva (osvjetljenje i aparati)	10 351	11 019	12 058	13 076	14 162	15 566	16 377	17 225	17 733	17 222	17 831
Poslovne i društvene prostorije	1 002	1 069	1 142	1 106	1 245	1 290	1 351	1 439	1 253	1 065	1 159
Motori i aparati ostal. potrošača	1 367	1 468	1 603	1 594	1 658	1 749	1 627	1 689	1 468	1 215	1 214
Javno osvjetljenje	334	352	390	413	443	539	487	426	428	416	511
Javni vodovod	380	398	447	471	515	553	580	619	647	624	727
Tramvaji i trolejbusi	62	66	81	85	89	134	144	111	333	107	135
Elektroželjeznička vuča	699	707	745	790	771	894	1 126	1 131	1 196	1 235	1 265
Industrija — ukupno	19 246	21 387	23 053	25 546	26 672	29 478	31 521	30 983	31 823	36 929	38 300
Od toga:	7 088	8 307	10 128	10 724	10 594	11 510	10 535	11 586	12 102	13 884	14 205
Elektrokem. i Elektropromet.	421	511	598	636	650	738	818	830	923	1 078	1 226
Pumpanje vode u akum. basene HE	422	511	598	636	650	738	818	830	1 308	1 308	1 468
Poljoprivreda — ukupno											

PROTOCI U HIDROELEKTRANAMA SRH

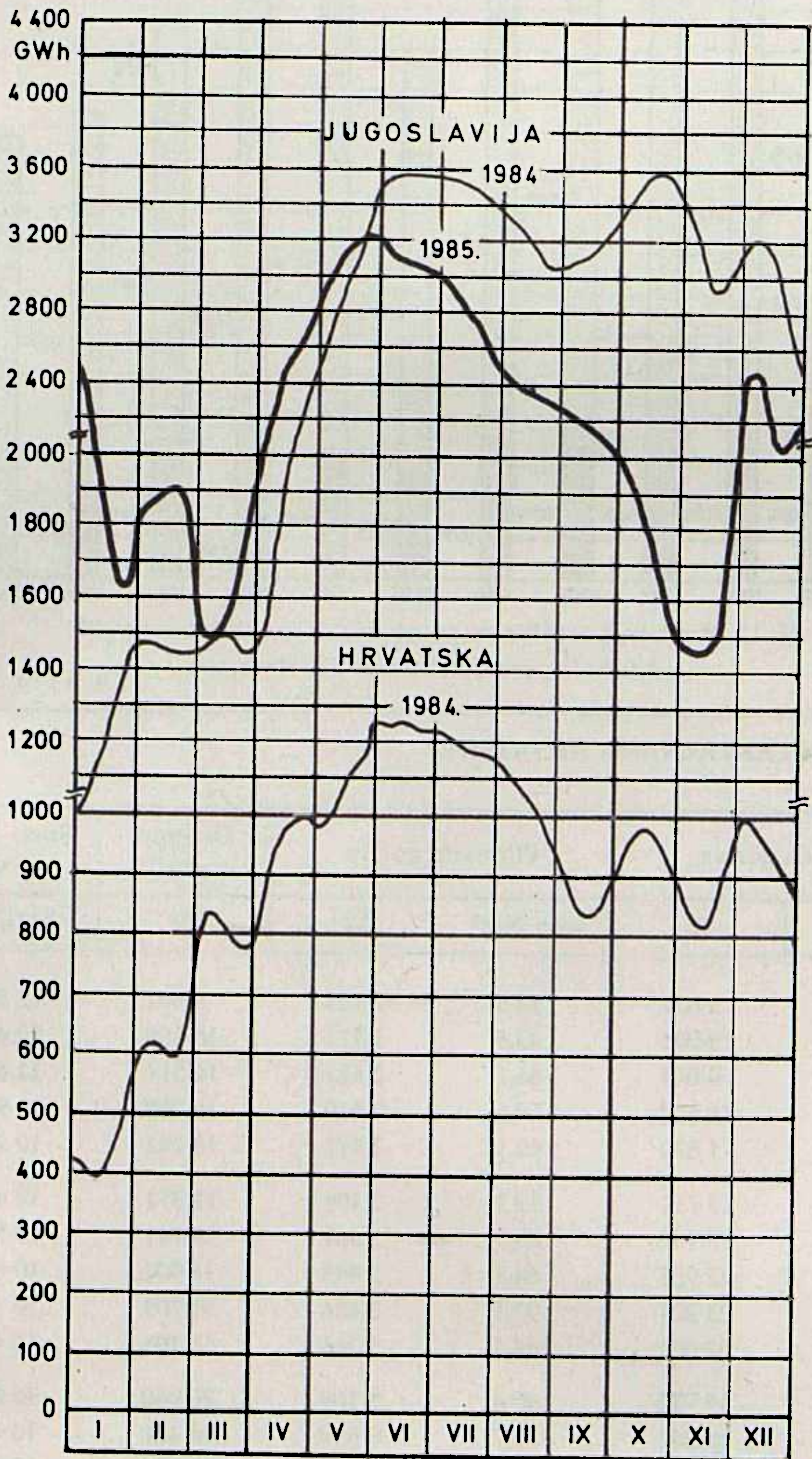
[1]

Tablica 22

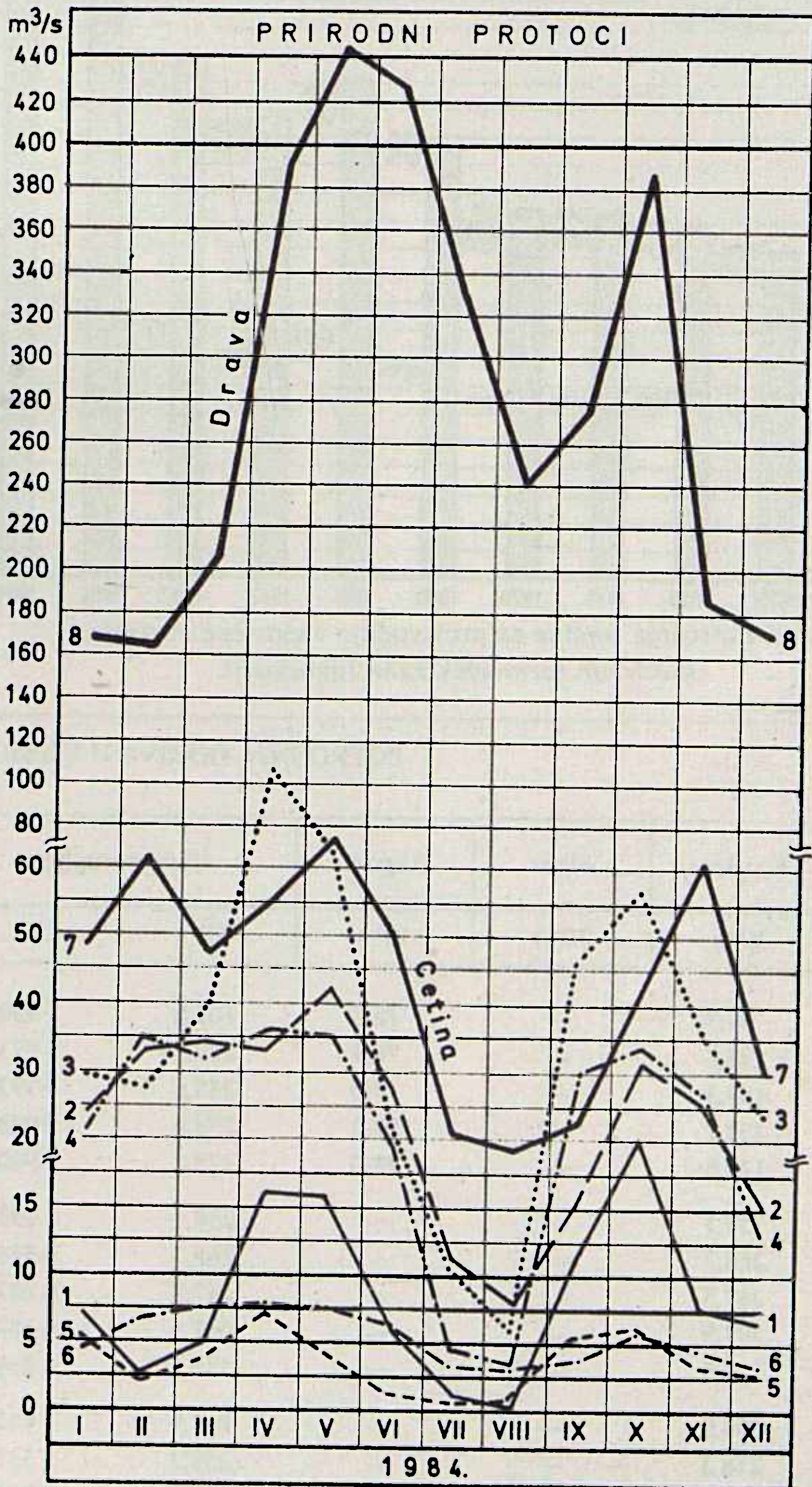
SREDNJI MJESEČNI I GODIŠNJI PRIRODNI PROTOCI RIJEKA, U RAZDOBLJU 1982 – 1984.

 m³/sek.

Protoci rijeka	Godina	Prosje k Ukupno	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Cetina	1982.	77,6	133,8	50,5	63,2	108,3	61,1	49,4	33,7	25,1	19,5	77,5	68,5	240,0
	1983.	36,1	41,3	59,0	48,7	71,6	38,1	27,1	13,8	11,0	18,0	11,6	10,7	28,7
	1984.	46,5	39,5	49,5	46,6	61,7	101,5	51,4	21,1	16,7	36,1	57,0	49,9	27,2
Krka	1982.	22,8	46,7	14,9	18,4	40,8	18,6	15,4	9,0	6,9	6,7	17,2	15,6	63,8
	1983.	19,5	28,9	52,1	28,2	46,4	19,9	11,2	7,6	6,2	8,2	7,9	6,9	11,7
	1984.	24,1	22,9	30,9	33,1	33,2	41,4	24,0	10,3	7,7	15,2	31,9	24,3	14,8
Mrežnica	1982.	35,1	64,0	19,8	27,6	45,8	27,7	22,9	3,1	7,1	17,9	70,2	28,8	86,7
	1983.	18,5	41,9	19,9	58,1	45,2	7,8	4,7	1,7	1,7	4,4	6,1	4,6	26,2
	1984.	38,1	28,0	25,1	38,3	100,9	70,6	20,6	7,4	5,2	45,4	56,6	36,7	22,6
Ličanka	1982.	3,5	3,6	0,2	3,8	2,0	3,6	3,0	0,1	0,6	2,5	7,2	5,7	10,2
	1983.	2,1	1,6	1,8	6,7	3,2	2,1	0,3	0,0	0,1	0,7	1,4	1,5	6,2
	1984.	3,7	5,8	2,4	3,4	7,6	4,7	2,0	0,4	0,9	5,4	5,7	3,1	2,5
Lika, Gacka	1982.	38,1	68,3	15,4	39,3	66,7	34,6	14,6	7,4	6,0	5,7	44,0	27,3	127,8
	1983.	27,1	36,2	59,5	95,7	65,1	16,2	9,5	6,7	4,8	4,6	5,4	3,5	18,4
	1984.	48,2	51,9	68,3	62,0	70,7	69,4	32,7	9,6	6,5	61,2	66,1	54,3	25,9
Rječina	1982.	8,1	10,0	0,1	2,4	5,1	13,4	6,0	0,2	0,8	0,2	14,7	17,2	26,5
	1983.	4,4	1,4	1,2	9,5	12,0	4,8	0,4	0,0	0,0	1,2	4,2	2,7	15,6
	1984.	7,8	6,6	2,4	3,0	15,0	15,0	6,3	4,1	0,1	11,1	19,2	7,8	6,8
Drava	1982.	276,3	219,0	127,9	154,2	204,4	338,7	373,2	279,3	276,4	260,7	380,3	323,7	377,6
	1983.	241,6	259,5	189,5	236,3	246,7	349,6	358,1	281,3	198,8	253,9	196,8	152,8	175,8
	1984.	281,9	164,8	160,8	210,0	356,1	444,7	431,5	337,7	246,1	248,7	389,2	185,7	171,8



Sl. 9. Kretanje akumulacija u SRH i SFRJ



1. Rječina, 2. Krka, 3. Dobra-Mrežnica, 4. Gacka-Lika, 5. Ličanka-Lokvarka, 6. Butišnica, 7. Cetina, 8. Drava

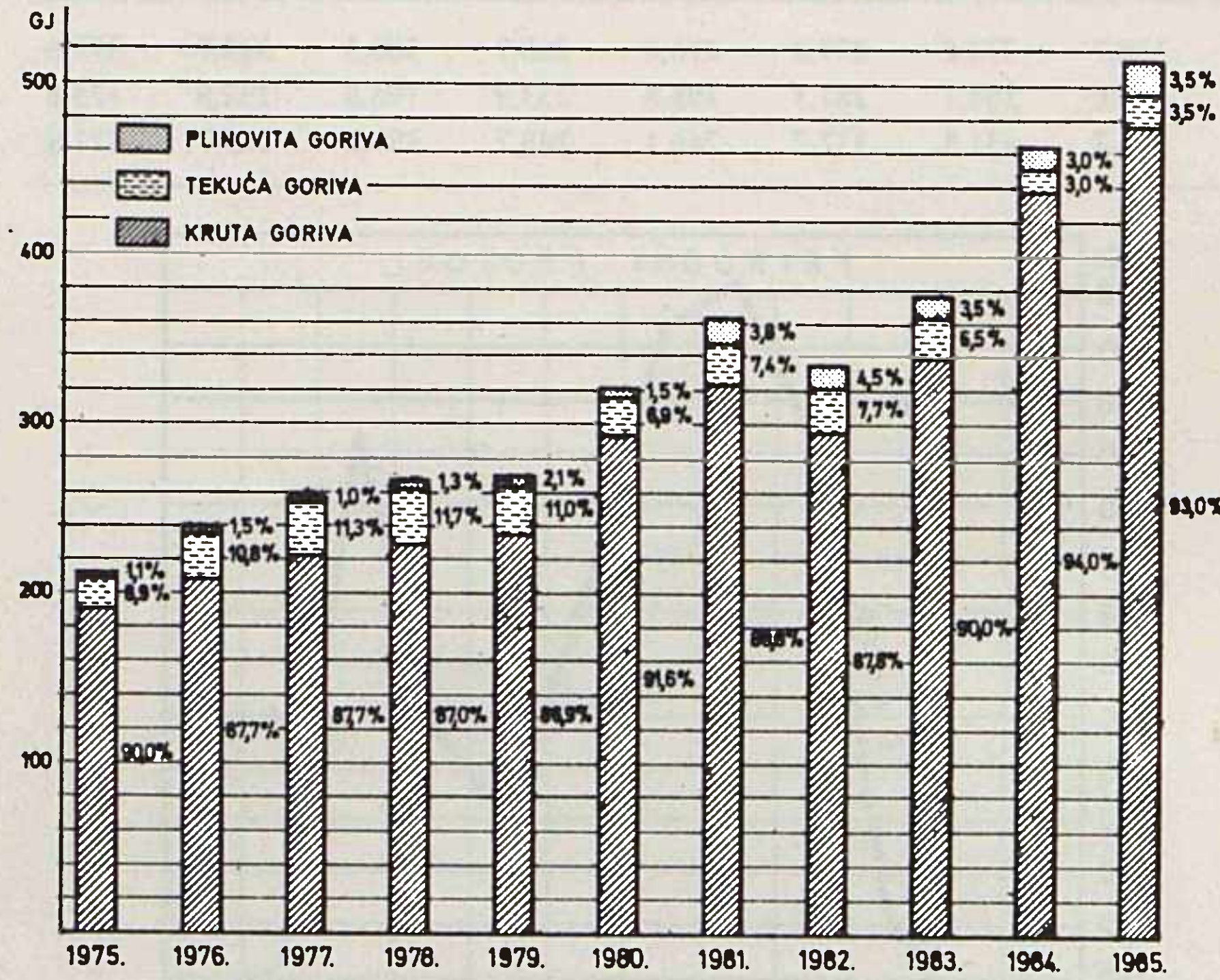
Sl. 10. Hidraulicitet vodotoka u hidrološkoj godini 1980/1981.

POTROŠNJA GORIVA U TERMoeLEKTRANAMA

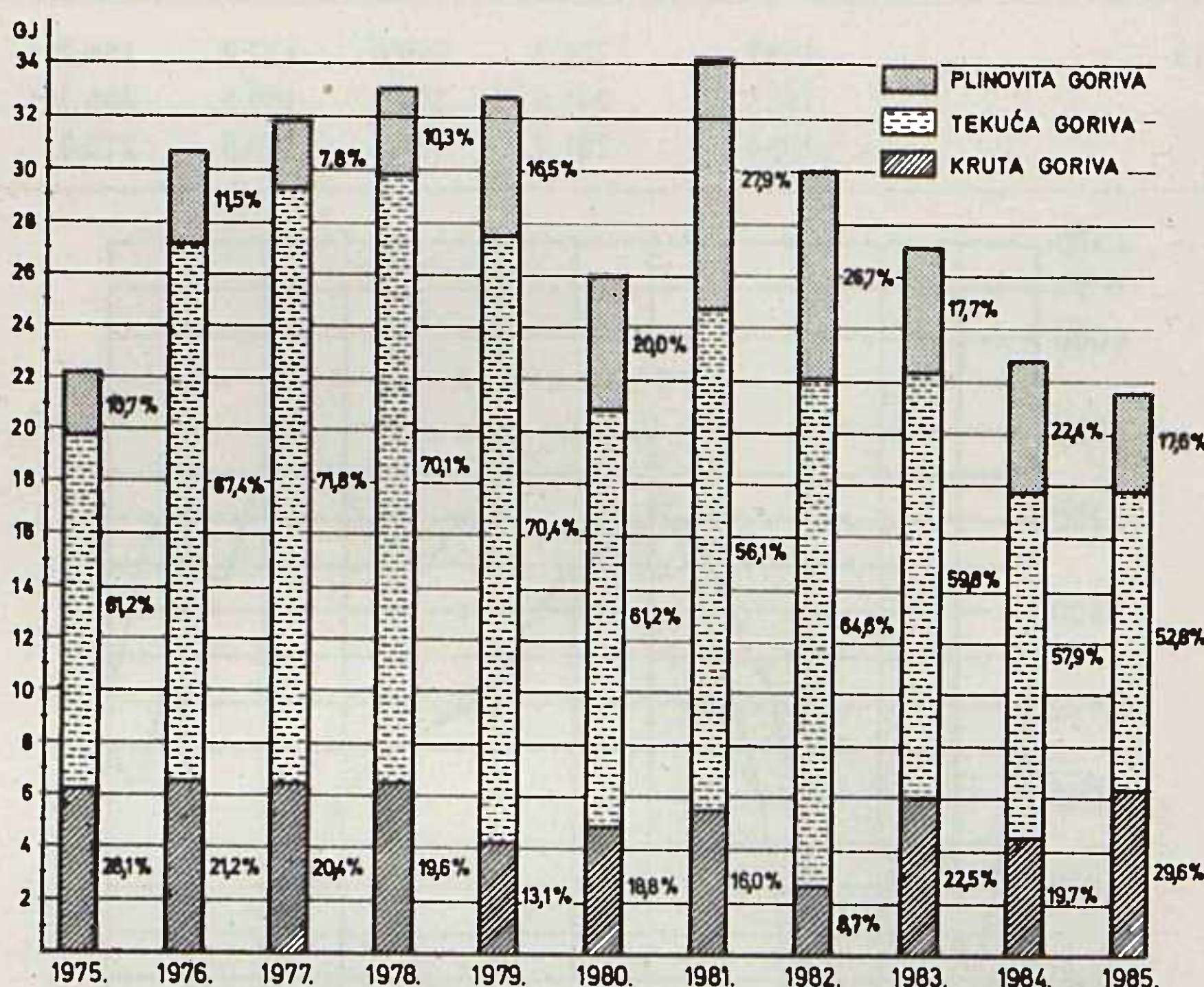
Tablica 23

POTROŠNJA GORIVA U UDRUŽENIM TERMoeLEKTRANAMA JUGOSLAVIJE											
	Kameni	Mrki	Lignit	Ukupno ugljen		Tekuća goriva		Plinovita goriva		Ukupno energija	Spec. potr. prag
	10 ³ t	10 ³ t	10 ³ t	10 ³ t	TJ	10 ³ t	TJ	min Nm ³	TJ	TJ	kJ/kWh
1970.	192,2	2580,3	9048,5	11821,0	106 757	203,4	8 421	68,6	2 191	117 369	13 553
1971.	250,8	2781,3	11889,3	14921,6	134 160	284,0	11 655	49,6	1 811	147 626	13 712
1972.	197,5	2541,8	13308,8	16046,1	147 593	274,0	11 311	66,1	2 681	160 187	13 578
1973.	311,4	3070,9	15559,2	18941,5	185 499	482,6	19 843	64,6	2 619	207 960	12 967
1974.	281,5	3040,0	15910,2	19231,6	174 168	394,2	14 748	62,1	2 491	191 407	12 578
1975.	284,7	3251,6	17333,4	20869,7	189 866	454,5	18 689	58,1	2 326	210 881	12 582
1976.	364,5	3388,2	19246,4	22999,2	210 409	636,1	25 750	85,7	3 469	239 629	12 783
1977.	344,0	3248,5	20119,2	23915,9	217 163	692,1	28 136	64,1	2 495	247 795	12 557
1978.	338,0	3222,7	22897,3	26458,0	230 850	769,7	31 087	90,1	3 436	265 378	12 657
1979.	370,2	4121,3	21211,1	25678,9	234 839	736,8	29 775	150,6	5 625	270 239	12 423
1980.	252,0	3979,0	28666,0	32897,0	294 348	552,6	22 324	141,1	4 836	321 508	12 430
1981.	300,0	3376,0	33830,0	37506,0	322 806	666,2	26 913	409,3	14 028	363 747	12 350
1982.	157,2	4526,0	29162,0	33845,1	295 167	644,5	26 044	461,1	15 024	336 235	12 021
1983.	312,0	5121,6	38759,4	43503,0	339 432	669,2	24 712	487,7	13 314	337 468	11 863
1984.	252,2	4922,2	43427,7	48602,0	437 650	356,5	14 295	398,3	13 840	465 785	11 862
1985.	...	...	...	52680,0	479 298	453,4	18 322	549,3	17 898	515 518	11 849

Napomena: Gorivo samo za proizvodnju električne energije



Sl. 11. Potrošnja topline za proizvodnju električne energije, udruženih termoelektrana Jugoslavije

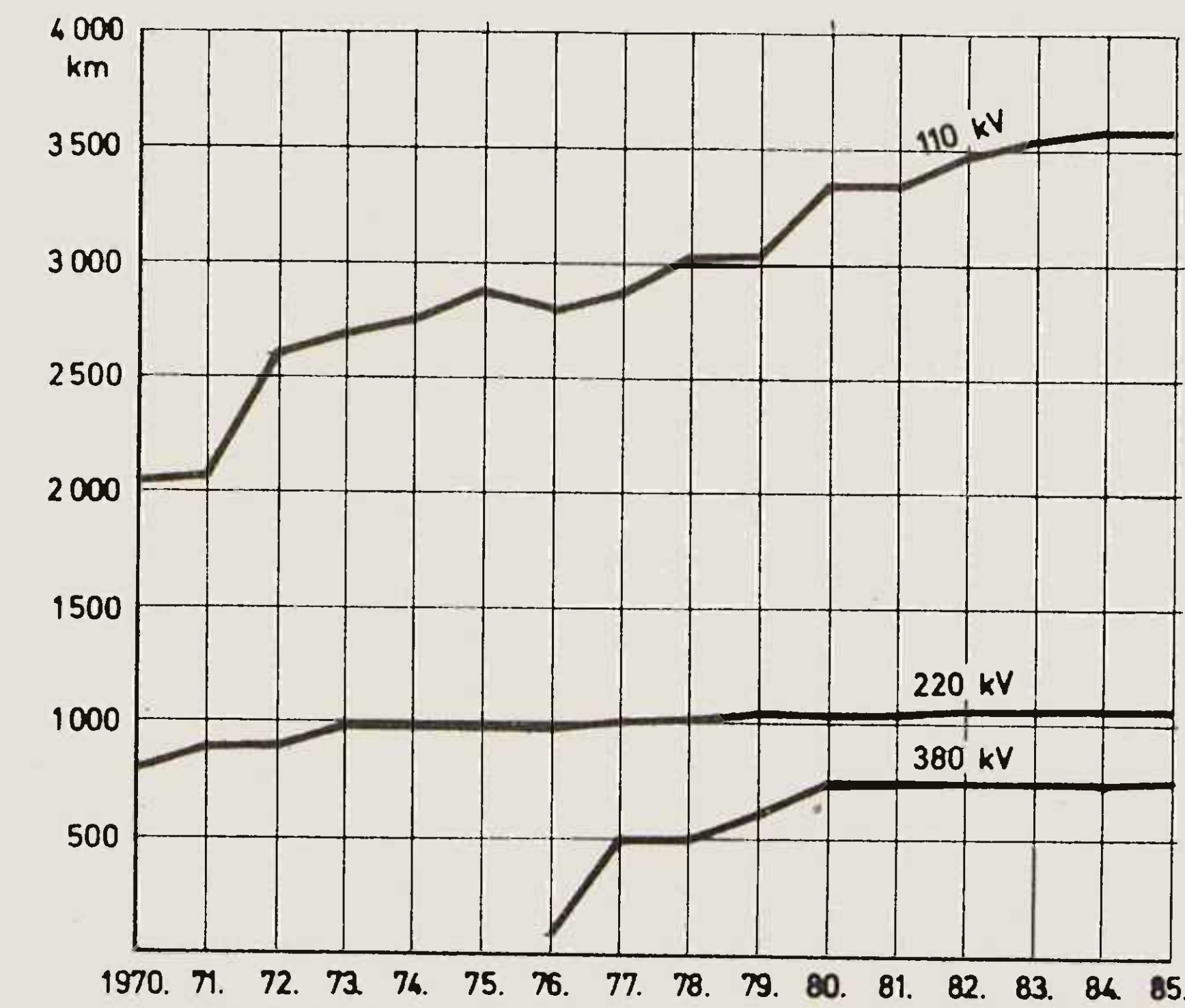


Sl. 12. Potrošnja topline za proizvodnju električne energije, udruženih termoelektrana SR Hrvatske

Tablica 24

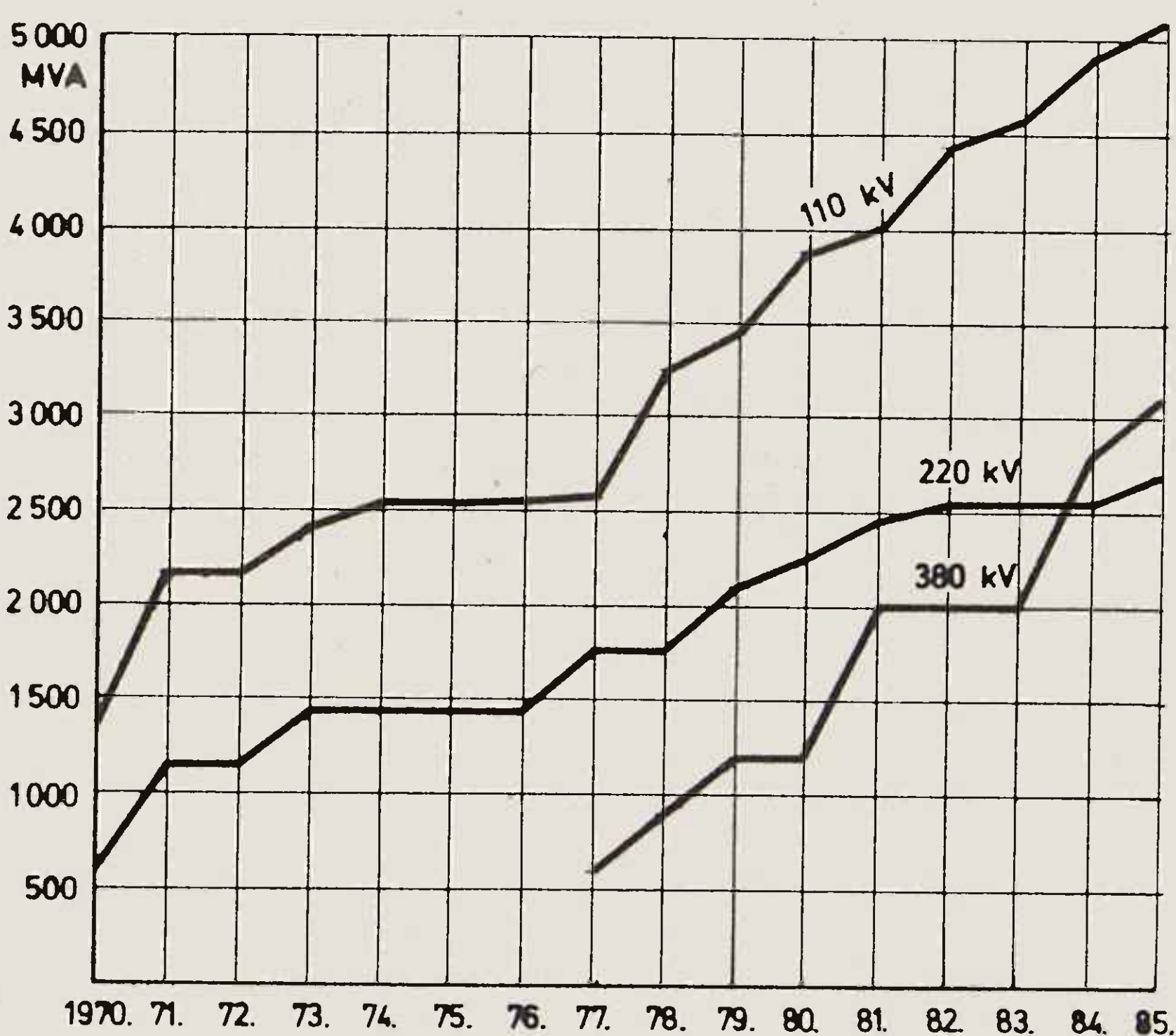
POTROŠNJA GORIVA U UDRUŽENIM TERMoeLEKTRANAMA HRVATSKE											
	Kameni	Mrki	Lignit	Ukupno ugljen		Tekuća goriva		Plinovita goriva		Ukupno energija	Spec. potr. prag
	10 ³ t	10 ³ t	10 ³ t	10 ³ t	TJ	10 ³ t	TJ	min Nm ³	TJ	TJ	kJ/kWh
1970.	91,5	—	76,0	167,5	2 930	96,6	3 837	52,5	2 124	8 891	13 700
1971.	199,8	—	79,9	279,8	5 573	220,6	9 005	43,8	1 777	16 356	12 469
1972.	169,5	—	7,0	245,6	4 793	220,9	9 044	66,1	2 681	16 517	11 899
1973.	254,2	—	104,2	358,4	7 043	407,6	16 628	64,6	2 619	26 289	11 933
1974.	125,5	—	26,0	178,4	3 920	326,0	11 830	62,1	2 491	18 242	10 287
1975.	259,1	—	—	259,1	6 293	337,3	13 751	58,1	2 396	22 371	12 402
1976.	268,7	—	—	268,7	6 526	510,3	20 745	85,7	3 469	30 741	10 593
1977.	267,5	—	—	267,5	6 487	569,0	22 925	64,1	2 495	31 907	10 610
1978.	207,5	—	—	207,5	6 487	577,6	23 201	90,1	3 436	31 703	10 740
1979.	175,8	—	—	175,8	4 259	573,4	23 081	144,4	5 366	32 706	12 423
1980.	204,9	—	—	204,9	4 947	395,6	15 924	149,6	5 169	26 040	10 834
1981.	258,3	—	—	258,3	5 537	478,5	19 261	278,7	9 630	34 428	10 495
1982.	106,2	—	—	106,2	2 578	481,9	19 419	261,4	7 999	29 996	10 056
1983.	254,5	—	—	254,5	6 123	400,9	16 155	155,6	4 761	27 039	10 657
1984.	183,5	—	—	183,5	4 455	332,7	13 234	148,6	5 116	22 805	...
1985.	263,8	—	—	263,8	6 405	287,2	11 424	116,9	3 794	21 623	...

Napomena: Gorivo samo za proizvodnju električne energije



Sl. 13. Duljina električnih dalekovoda elektroprivrede Hrvatske

Tablica 25



Sl. 14. Instalirana snaga transformatora u elektroprivredi Hrvatske

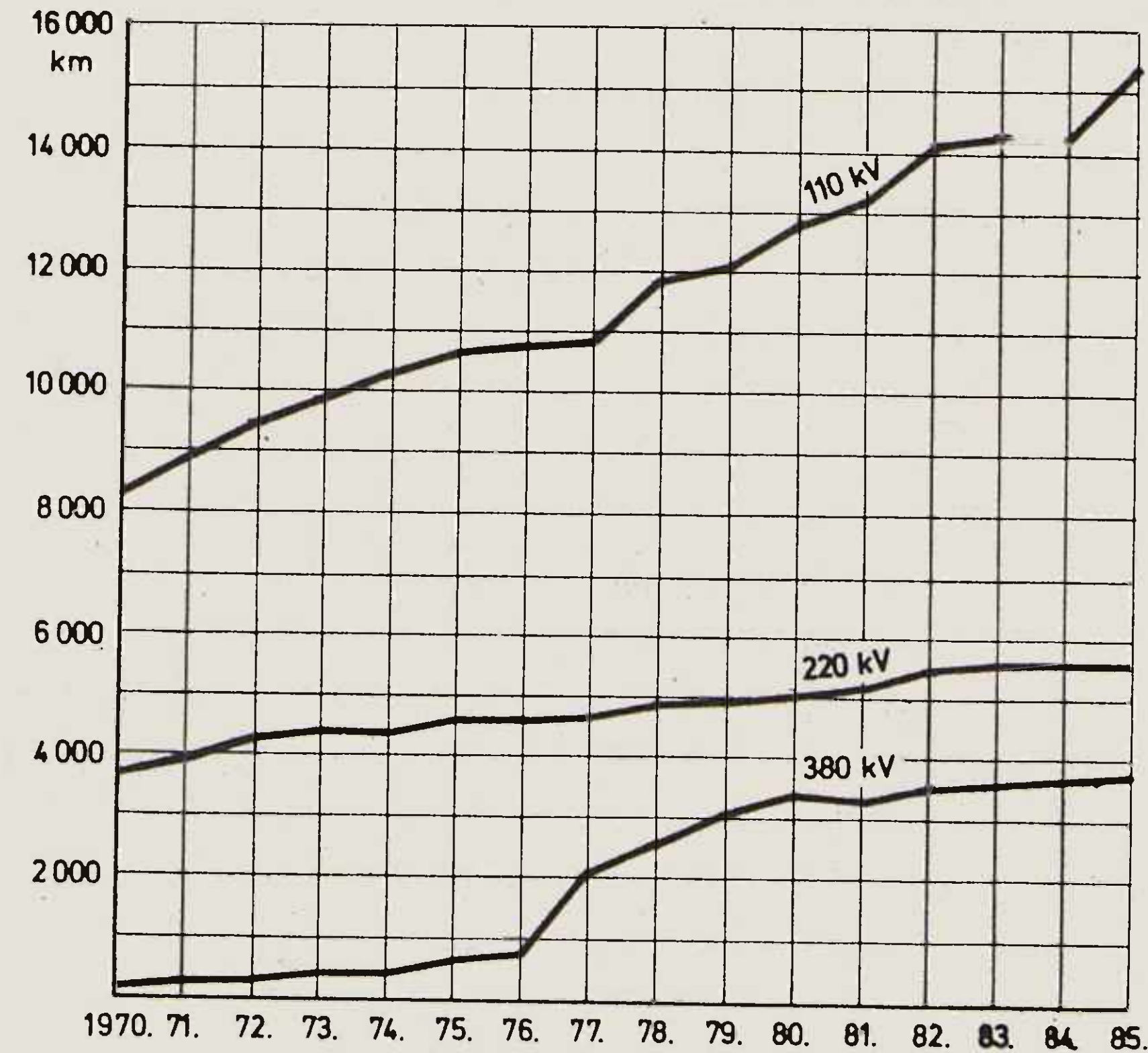
Tablica 26

RAZVOJ PRIJENOSNE MREŽE HRVATSKE
[2]*

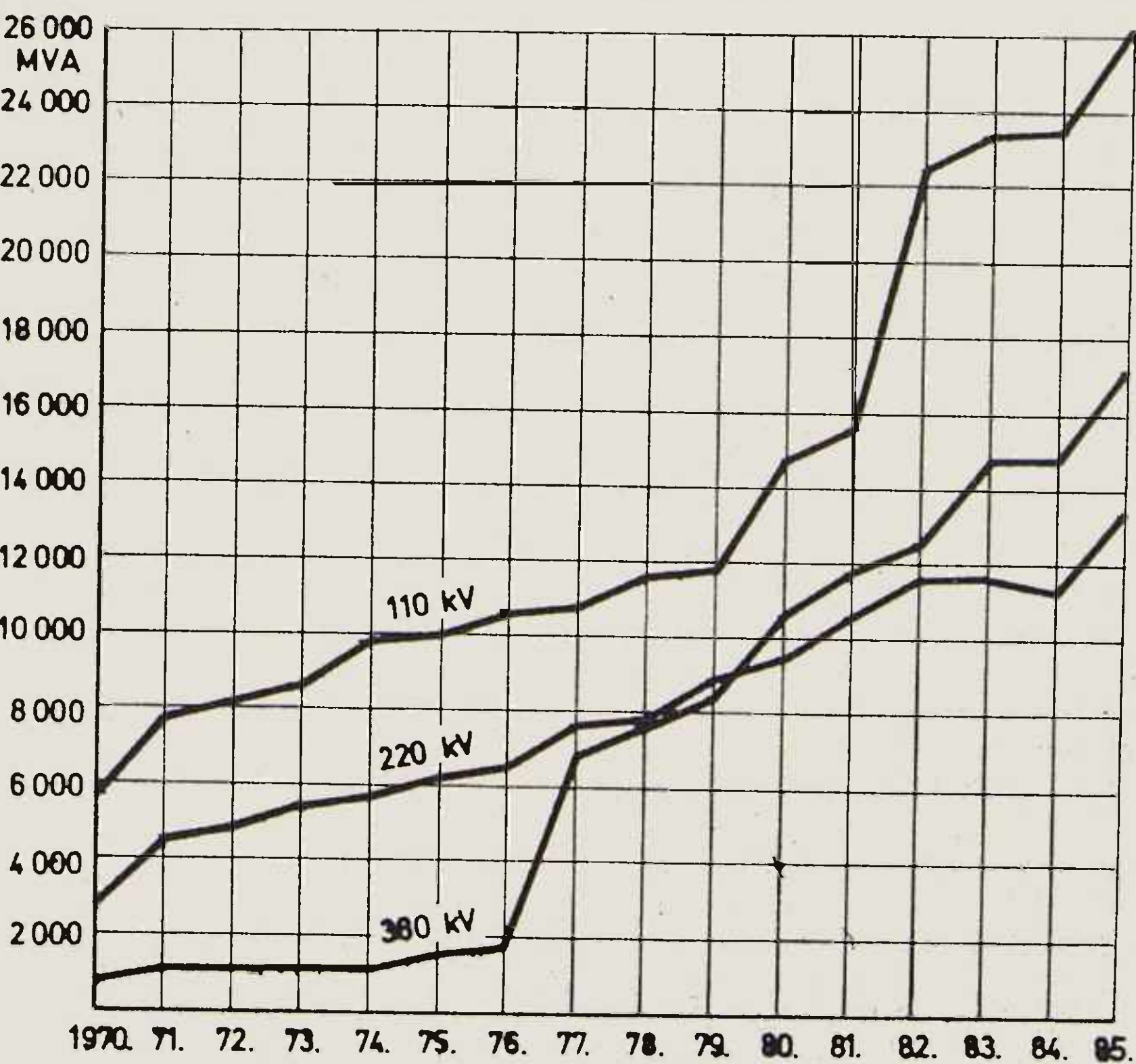
God.	Dalekovodi u km			Transformatorske stanice u MVA		
	400 kV	220 kV	110 kV	400 kV	220 kV	110 kV
1965.	—	578	1 574	—	300	923
1966.	—	621	1 603	—	300	904
1967.	—	621	1 708	—	450	1 004
1968.	—	661	1 818	—	450	1 013
1969.	—	736	2 009	—	450	1 301
1970.	—	834	2 047	—	600	1 387
1971.	—	866	2 410	—	1 000	1 847
1972.	—	892	2 607	—	1 150	2 272
1973.	—	864	2 587	—	1 450	2 604
1974.	—	975	2 791	—	1 690	3 031
1975.	—	1 065	3 223	—	1 699	3 368
1976.	—	1 065	3 384	—	1 800	3 118
1977.	271	1 125	3 143	—	1 450	3 018
1978.	389	1 005	2 560	600	2 050	3 121
1979.*	612	996	3 049	900	2 350	3 217
1980.	612	1 019	3 152	1 200	2 100	3 672
1981.	732	1 967	3 309	1 200	2 250	4 119
1982.	733	1 020	3 347	2 000	2 550	4 148
1983.	733	1 139	3 566	2 000	2 550	4 638
1984.	746	1 067	3 922	2 800	2 550	5 023
1985.	746	1 067	3 900	3 100	2 700	5 117

RAZVOJ PRIJENOSNE MREŽE JUGOSLAVIJE
[5]

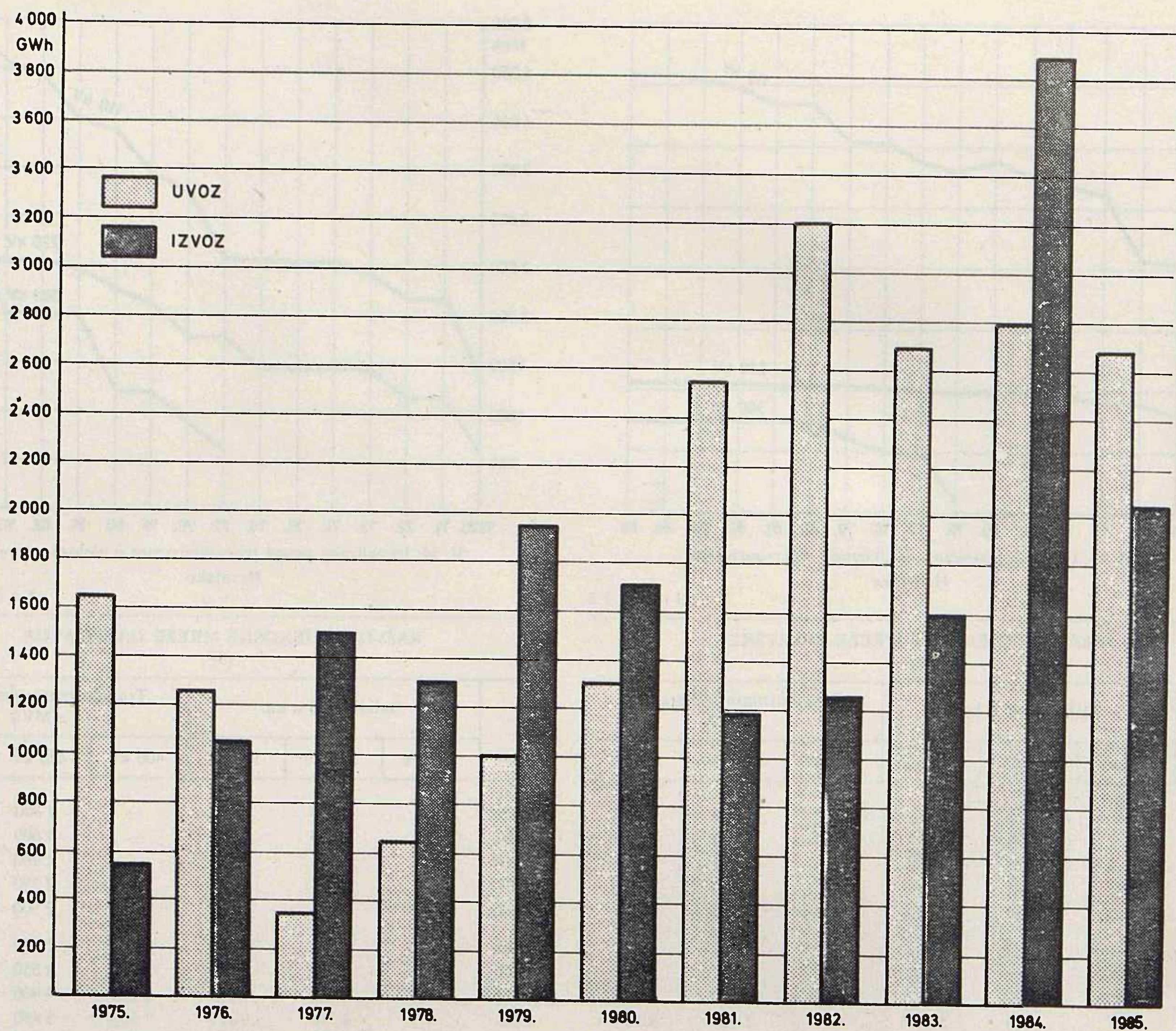
God.	Dalekovodi u km			Transformatorske stanice u MVA		
	400 kV	220 kV	110 kV	400 kV	220 kV	110 kV
1965.	—	2 290	6 550	—	1 300	3 691
1966.	—	2 418	6 783	—	1 600	3 798
1967.	—	2 693	7 173	—	1 900	4 120
1968.	—	3 151	7 560	—	2 350	4 390
1969.	—	3 366	8 039	—	2 500	5 095
1970.	203	3 691	8 291	800	2 800	5 683
1971.	286	3 969	8 899	1 100	4 550	7 715
1972.	372	4 255	9 899	1 100	4 900	8 263
1973.	471	4 336	9 879	1 100	5 450	8 684
1974.	471	4 338	10 360	1 100	5 750	9 803
1975.	569	4 553	10 650	1 500	6 200	10 029
1976.	1 396	4 553	10 898	1 800	6 500	10 534
1977.	2 167	4 637	10 034	6 800	7 350	10 720
1978.	2 818	4 831	10 918	8 400	7 800	10 933
1979.	3 092	4 881	11 131	8 700	7 800	11 376
1980.	3 384	5 014	12 968	10 600	9 531	14 744
1981.	3 384	5 165	13 183	11 800	10 638	17 551
1982.	3 468	5 165	13 530	12 400	11 488	18 087
1983.	3 631	5 377	13 807	15 500	11 540	17 372
1984.	3 694	5 652	14 242	14 800	11 120	18 362
1985.	3 710	5 514	15 373	17 200	13 298	26 034



Sl. 15. Duljina električnih dalekovoda elektroprivrede Jugoslavije



Sl. 16. Instalirana snaga transformatora u elektroprivredi Jugoslavije



Sl. 17. Razmjena električne energije sa susjednim zemljama

ELEKTRIFIKACIJA HRVATSKE

Tablica 27

STANJE ELEKTRIFICIRANOSTI NASELJA I DOMAĆINSTAVA U SR HRVATSKOJ NA DAN 31. XII 1984. [1]

Područje	Naselja			Domaćinstva				
	Ukupno broj	Elektri-ficirano broj	Elektri-ficirano %	Ukupno broj	Elektrificirano		Neelektrificirano	
					Ukupno broj	Elektri-ficiranost %	Ukupno broj	Elektri-ficiranost %
Poduzeća								
Elektroslavonija, OSIJEK	739	734	99	249.141	246.169	99	2.972	1
Elektrolika, GOSPIĆ	252	249	99	31.486	30.799	98	687	2
Elektroistra, PULA	634	634	100	67.233	67.226	100	7	0
Elektroprimorje, RIJEKA	657	649	99	130.173	129.446	99	727	1
Elektrodalmacija, SPLIT	874	868	99	241.624	240.868	100	756	0
Elektra, KARLOVAC	819	818	100	75.051	74.900	100	151	0
Elektra, SISAK	379	378	100	60.573	58.407	96	2.166	4
Elektra, ZAGREB	2.426	2.396	99	641.450	637.140	99	4.310	1
UKUPNO SR HRVATSKA	6.780	6.726	99	1.496.731	1.484.955	99	11.776	1

Tablica 28

SFRJ – RAZMJENA ELEKTRIČNE ENERGIJE SA SUSJEDNIM ZEMLJAMA u GWh [8]									
Godina	Italija	Austrija	Mađarska	Rumunjska	Bugarska	Grčka	Albanija	Ostali	Ukupno
UVOZ									
1980.	58	85	116	6	—	17	983	14	1 269
1981.	326	192	59	95	34	72	1 640	39	2 457
1982.	1 321	315	41	92	29	20	1 143	202	3 199
1983.	1 198	147	61	9	28	25	365	848	2 681
1984.	557	83	15	85	10	50	661	1 290	2 751
1985.	846	26	80	201	17	23	494	976	2 663
IZVOZ									
1980.	674	134	100	237	128	431	—	6	1 710
1981.	496	178	47	111	2	240	—	—	1 073
1982.	394	446	72	15	3	225	—	88	1 243
1983.	548	151	38	8	15	616	—	250	1 626
1984.	954	143	75	212	59	1 704	—	734	3 881
1985.	857	12	34	33	453	454	—	193	2 036

Tablica 29

IZVOZ I UVOZ ELEKTRIČNE ENERGIJE U NEKIM ZEMLJAMA EVROPE U 1984. GODINI
u GWh [5]

Zemlja uvoznica	Austrija	Belgija	Bugarska	Čehoslovačka	Danska	Finska	Francuska	DR Njemačka	SR Njemačka	Grčka	Mađarska	Italija	Holandija	Norveška	Poljska	Rumunjska	Španjolska	Švedska	Švicarska	Vel. Britanija	SSSR	Jugoslavija	Ostale zemlje	Ukupan izvoz
izvoznica																								
Austrija	●			230					4021		259	1363							14			824		6711
Belgija		●					2100		13				966											4211
Bugarska			●							128						...						...		2107
Čehoslovačka	2744			●				2563			1838				20	...					535			7700
Danska					●				...									182						182
Finska						●												416						416
Francuska		3145					●		5700			6469					3000		11789					31203
DR Njemačka				950				●	...						2977									3927
SR Njemačka	2182	920			...		1900		●									4178						11859
Grčka										●												30		30
Mađarska	92			1124							●					...					49	69		1334
Italija	0						100					●						168				821		1089
Holandija		388							...				●											388
Norveška					3778	7								●				5087						8872
Poljska				7492				1651							●									9143
Rumunjska			...								1					●					...			1
Španjolska							600										●							2677
Švedska					3108	1542								858				●						5508
Švicarska	219						500		7184			12612							●					20620
Vel. Britanija																				●				—
SSSR			...	682		4081					9448			2	1639	...					●			16510
Jugoslavija	124		...							2454	43	1522				...						●		4143
Ostale zemlje										9						...	1365						●	...
Ukupan uvoz	5401	4453	5872	10488	6886	5630	5200	4208	17276	2591	11588	21973	966	860	4636	...	5265	5685	16149	—	584	1744	...	146866

Tablica 30

BILANCA PROIZVODNJE I POTROŠNJE ELEKTRIČNE ENERGIJE U NEKIM ZEMLJAMA EVROPE I SAD
u GWh [9]

Zemlja	Godina	Neto proizvodnja	Saldo razmjene		Ukupno raspoloživa energija za potrošnju	Od toga			*Potrošnja			Spec. potrošnja kWh Stanov
			Uvoz	Izvoz		utrošeno za pumpanje vode	gubici prenosa i distrib.	ukupna potrošnja	industrija	promet	ostalo	
Austrija	1980	40 784	3 164	7 136	36 812	522	2 628	33 662	14 817	2 277	16 568	4 459
	1983	41 422	4 396	7 893	37 925	800	2 593	34 632	14 767	2 137	17 728	4 587
	1984	41 199	5 401	6 725	39 875	881	2 647	36 347	15 529	2 119	18 699	4 814
Belgija	1980	51 015	6 285	8 920	48 380	733	2 714	44 933	25 462	965	18 506	4 562
	1983	49 927	4 038	4 355	49 609	1 102	2 678	45 829	24 898	1 026	19 904	4 648
	1984	51 850	4 453	4 143	52 160	1 266	2 877	48 017	26 411	1 110	20 496	4 860
Bugarska	1980	31 203	34 698	866	35 035	—	3 454	31 581	17 502	1 111	16 600	3 564
	1983	—	4 582	2 220	45 006	...	4 066	...	...	...	...	...
	1984	—	5 872	3 334	47 210	...	4 300	...	...	...	...	...
Čehoslovačka	1980	65 551	7 228	5 388	67 391	661	5 288	61 422	41 019	3 374	17 049	4 013
	1983	70 649	9 296	6 924	73 021	909	5 381	66 731	42 653	3 246	20 832	4 330
	1984	72 632	10 484	7 750	75 370	835	5 628	68 907	43 740	3 327	21 840	4 457
Francuska	1980	246 671	15 639	12 546	249 764	958	16 967	231 839	136 416	7 590	87 883	4 303
	1983	283 369	7 327	20 741	269 955	2 076	19 705	248 174	134 018	8 000	107 600	4 535
	1984	309 500	5 200	30 000	284 700	2 000	21 700	261 000	140 300	8 400	112 300	4 750
Njemačka DR	1980	88 765	4 150	2 685	90 230	1 957	6 654	81 619	48 112	1 845	31 662	4 876
	1983	93 842	4 605	3 251	95 196	2 005	7 256	85 935	50 725	1 766	33 444	5 146
	1984	98 781	4 208	3 927	99 062	2 026	7 539	89 497	51 939	1 930	35 628	5 369
Njemačka SR	1980	347 453	19 221	13 463	353 211	1 769	15 918	335 524	...	...	...	5 450
	1983	351 550	23 687	13 292	361 945	2 622	16 812	342 511	170 630	10 320	161 561	5 577
	1984	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Grčka	1980	21 288	654	38	21 904	—	1 626	20 278	10 445	149	9 684	2 104
	1983	22 262	1 915	32	24 145	—	1 992	22 153	141 192	165	10 792	2 249
	1984	23 070	2 591	30	25 631	—	2 015	23 616	11 795	153	11 668	2 385
Mađarska	1980	21 911	10 181	2 795	29 297	—	2 699	26 598	15 054	1 384	10 168	2 483
	1983	23 627	10 817	1 741	32 703	—	3 325	29 378	15 555	1 474	12 349	2 748
	1984	24 124	11 589	1 320	34 393	—	3 449	30 944	16 059	1 522	13 363	2 903
Italija	1980	177 392	8 072	1 989	183 475	3 225	16 605	163 645	100 040	5 348	58 257	2 900
	1983	173 797	13 968	2 886	184 879	3 909	16 668	164 302	93 411	5 367	65 524	2 891
	1984	173 440	21 973	1 083	194 330	4 278	16 611	173 441	98 581	5 651	69 209	3 044
Poljska	1980	113 372	4 161	4 396	113 137	1 246	12 202	99 689	67 616	4 950	27 123	2 802
	1983	117 032	4 079	7 183	113 928	2 238	13 880	97 810	63 835	5 031	28 944	2 675
	1984	125 491	4 636	9 233	120 894	2 667	12 720	105 507	66 204	5 282	34 021	2 858
Norveška	1980	83 196	1 787	2 251	87 732	498	7 429	75 105	39 321	683	35 101	18 363
	1983	105 375	431	13 847	91 959	516	8 497	83 111	43 461	607	39 043	20 124
	1984	105 646	860	9 123	97 383	586	9 537	87 260	46 805	616	39 839	21 077
Portugal	1980	14 726	2 346	518	16 554	82	1 870	14 602	8 747	246	5 609	1 478
	1983	17 488	2 373	1 057	18 804	154	2 150	16 500	9 920	280	6 300	1 648
	1984	19 367	2 077	1 366	20 078	74	2 319	17 685	10 082	248	7 355	1 741
Rumunjska	1980	63 029	472	49	63 452	—	4 026	58 962	44 982	2 107	11 873°	2 654
	1983	65 468	2 138	—	67 606	—	3 814	63 049	48 134	2 301	12 614°	2 796
	1984	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Španjolska	1980	105 212	2 306	3 688	103 830	1 858	9 965	92 006	56 179	1 912	33 915	2 458
	1983	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
	1984	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
V. Britanija	1980	266 312	22	19	266 315	1 453	21 534	243 328	96 296	3 040	144 007	4 321
	1983	259 361	—	—	259 361	2 337	21 206	235 818	86 643	2 862	145 142	4 183
	1984	264 220	—	—	264 220	2 613	21 060	240 547	89 525	2 881	148 140	4 258
S. S. S. R.	1980	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
	1983	...	...	...	1 394 200	...	115 300	1 278 900	963 700	115 500	199 700	4 695
	1984	...	...	...	1 467 000	...	122 000	1 345 000	1 015 000	122 000	208 000	4 891
USA	1980	2 286 436	31 378	1 859	2 315 958	...	...	...	...	...	...	...
	1983	2 310 285	38 668	3 464	2 345 489	...	218 535	2 126 954	751 999	80 219	1 294 736	...
	1984	2 416 304	41 500	3 500	2 454 304	...	171 993	2 282 311	838 883	85 000°	1 358 428	9 643
Jugoslavija	1980	56 846	1 304	1 713	56 437	70	4 858	51 509	29 478	1 028	21 003	2 275
	1983	61 932	2 681	1 626	62 987	936	5 811	56 240	33 816	1 292	21 132	2 467
	1984	68 141	2 751	3 881	67 011	1 078	5 888	60 045	36 929	1 235	21 881	2 615
Svijet	1980	8 247 331	165 461	168 580	8 244 212	...	...	...	...	...	...	1 851
	1983	8 796 938	197 889	204 766	8 790 061	...	...	...	...	...	...	1 876
	1984	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...

PROIZVODNJA I POTROŠNJA UKUPNE ENERGIJE

Tablica 31

PROIZVODNJA UGLJENA, NAFTE I PLINA U SFRJ													
u tis. tona i mln* m³ [8]													
Godina	Kameni ugljen	Mrki ugljen	Lignit	Ugljen ukupno	Koks ukupno	Zemni* plin	Sirova nafta	Benzin ukupno	Petrolej ukupno	Plinsko ulje	Loživo ulje	Ukapljeni plin ukupno	Derivati ukupno
1970.	643	8 989	18 790	28 422	1 309	977	2 854	1 233	163	2 092	2 509	120	7 091
1971.	707	9 333	20 862	30 902	1 197	1 151	2 961	1 472	215	2 065	2 930	133	8 586
1972.	599	9 184	21 157	30 940	1 299	1 242	3 200	1 394	211	2 495	2 989	234	8 391
1973.	576	9 145	22 729	32 451	1 318	1 329	3 332	1 528	251	2 558	3 480	238	9 056
1974.	601	9 380	24 444	33 583	1 315	1 447	3 458	1 627	315	2 725	4 317	256	10 428
1975.	598	9 430	25 509	35 537	1 351	1 554	3 692	1 745	331	2 817	4 276	276	10 859
1976.	587	9 110	27 147	36 845	1 786	1 730	3 880	1 923	325	2 969	4 800	295	11 723
1977.	511	8 960	29 611	39 082	1 765	1 897	3 951	2 231	345	3 450	5 818	319	13 847
1978.	471	8 855	30 360	39 686	1 921	1 935	4 076	2 380	315	3 471	6 119	310	14 220
1979.	434	9 351	33 165	42 950	2 070	1 857	4 143	2 609	350	3 916	6 489	250	15 863
1980.	388	9 665	36 949	47 002	3 228	1 913	4 229	2 580	335	3 323	4 980	295	14 156
1981.	384	10 581	40 958	51 924	2 694	2 247	4 365	2 367	344	3 073	4 108	307	14 986
1982.	389	10 744	43 454	54 585	2 779	2 286	4 340	2 589	278	3 293	5 404	414	12 865
1983.	392	11 303	47 697	59 392	3 440	2 090	4 125	2 497	299	3 466	5 436	229	12 935
1984.	388	11 391	53 293	65 072	3 516	1 997	4 044	3 903	301	3 656	4 889	264	13 907
1985.	400	12 465	56 635	69 500	3 545	2 400	4 149	3 508	...	3 397	4 528	...	13 513

Tablica 32

POTROŠNJA ELEKTRIČNE ENERGIJE I GORIVA U INDUSTRIJSKIM ORGANIZACIJAMA UDRUŽENOG RADA SFRJ											
[8]											
Godina	Elektro- energija	Antracit	Koks	Kameni ugljen	Mrki ugljen	Lignit	Tekuće gorivo	Mazut	Zemni plin	Ukapljeni plin	
	MWh	u tisućama tona							mln m³	u tis. t	
1974.	20 509	179	1 858	2 152	6 726	19 244	825	3 227	1 300	126	
1975.	21 466	176	1 793	2 224	6 697	21 240	906	3 444	1 500	139	
1976.	22 381	155	1 692	2 819	7 129	22 390	867	3 766	1 454	150	
1977.	23 493	102	430	189	2 429	1 680	522	3 414	1 563	218	
1978.	25 536	177	328	380	6 314	26 454	668	4 493	1 750	221	
1979.	26 576	80	225	498	6 593	27 659	799	4 550	1 669		
1980.	28 680	93	250	413	6 873	31 666	725	4 454	2 119		
1981.	30 722	90	298	445	7 784	36 309	810	4 379	3 004	176	190
1982.	31 105	64,2	258	252	8 184	36 805	834	4 215	2 847	195	353
1983.	33 816	81,9	274	423	8 179	37 526	838	3 765	3 061	170	
Ukupno 1984.	36 929	108	262	351	8 392	46 420	721	3 435	3 530	187	
Elektroprivreda	5 792	—	—	254	7 696	45 598	61,6	1 351	1 205	13	
Proizvodnja ugljena	894	—	—	0,6	47,3	46,7	30,3	1,9	—	—	
Prerada ugljena	134	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Proizvodnja nafte i plina	78,2	—	—	—	—	—	0,5	—	264	—	
Proizvodnja derivata nafte	475	—	16,0	—	—	—	155	180	58,0	0,1	
Proizvodnja rude željeza	52,0	—	—	—	1,7	—	10,8	9,8	—	—	
Crna metalurgija	5 587	—	41,2	24,1	15,1	158	7,6	216	446	8,1	
Proizvodnja ruda obojenih metala	1 068	—	—	—	0,9	3,5	43,3	0,7	—	—	
Prerada obojenih metala	6 035	6,3	85,9	14,5	38,3	19,4	13,8	177	217	3,2	
	440	—	—	—	0,2	—	2,8	7,3	4,4	2,0	
Proizvodnja nemetala	161	—	0,2	—	2,0	1,3	14,5	3,3	0,5	1,5	
Prerada nemetala	747	—	25,0	—	0,8	17,8	64,6	114	247	96,6	
Metaloprerađivačka djelatnost	1 625	0,8	24,4	3,1	14,6	19,4	41,2	32,9	208	17,6	
Strojogradnja	435	—	0,6	1,8	2,7	16,3	12,3	8,9	4,2	3,3	
Proizvodnja prometnih sredstava	482	—	1,3	1,0	7,0	21,9	14,9	20,8	9,8	4,2	
Brodogradnja	92,3	—	0,1	—	0,5	0,3	2,3	0,1	0,2	0,1	
Proizv. električnih strojeva i aparata	665	—	0,5	1,6	3,2	1,0	10,1	20,6	9,9	5,3	
Proizvodnja kemijskih proizvoda	2 999	—	1,8	0,1	85,5	36,7	6,6	139	54,3	3,6	
Prerada kemijskih proizvoda	503	—	0,2	—	5,2	3,6	10,2	20,5	29,1	0,2	
Proizvodnja kamena i pijeska	194	—	—	—	2,1	22,9	28,3	3,8	6,3	—	
Proizvodnja građevinskog materijala	1 727	98,4	31,7	42,2	224	255	36,1	607	593	12,5	
Proizvodnja rezane grade i ploča	492	—	—	—	41,4	21,1	10,4	25,4	13,3	—	
Proizv. finalnih proizvoda od drveta	620	—	—	0,2	10,6	3,6	7,9	7,5	2,9	0,5	
Proizvodnja i prerada papira	1 693	—	—	—	0,5	1,1	4,5	36,0	2,7	—	
Proizv. tekstilnih prediva i tkanina	1 200	2,0	—	0,3	53,3	43,8	7,7	49,8	23,2	0,8	
Proizv. gotovih tekstilnih proizvoda	421	0,1	—	2,4	9,3	7,8	13,5	35,7	20,3	0,9	
Proizvodnja kože i krzna	87,3	—	—	0,4	8,8	12,7	0,6	19,2	2,3	—	
Proizv. kožne obuće i galanterije	110	—	—	1,0	3,9	1,6	2,4	5,8	0,3	—	
Prerada kaučuka	269	—	—	—	5,0	5,7	0,5	13,8	22,9	0,1	
Proizv. prehrambenih proizvoda	1 336	—	33,1	3,0	90,7	96,2	85,6	267	62,9	12,6	
Proizvodnja pića	219	—	—	0,6	11,5	3,2	7,5	48,6	10,2	0,8	
Proizvodnja stočne hrane	93,0	—	—	—	4,4	0,7	7,7	1,4	8,7	—	
Proizvodnja i prerada duhana	57,0	—	—	0,4	1,9	1,5	3,6	3,8	2,7	—	
Grafička djelatnost	118	—	—	0,1	2,5	0,3	2,3	5,7	1,9	0,2	
Proizv. raznovrsnih proizvoda	27,2	—	—	0,1	1,1	0,0	0,5	1,2	—	—	

Tablica 33

PROIZVODNJA UGLJENA, KOKSA, NAFTE I PLINA U SR HRVATSKOJ u tis. tona i mln* m³ [4]													
Godina	Kameni ugljen	Mrki ugljen	Lignit	Ugljen ukupno	Koks ukupno	Zemni* plin	Sirova nafta	Benzin ukupno	Petrolej ukupno	Plinsko ulje	Loživo ulje	Ukapljeni plin ukupno	Derivati ukupno
1970.	363	81	274	718	—	476	2 057	826	122	1 327	1 093	93	4 026
1971.	422	21	197	640	—	547	2 142	991	158	1 617	1 513	123	5 055
1972.	382	19	176	577	—	569	2 362	914	145	1 543	1 590	135	4 923
1973.	285	3	137	524	—	612	2 423	1 023	164	1 681	1 890	140	5 422
1974.	374	0	85	460	—	674	2 470	1 087	211	1 698	2 399	162	6 248
1975.	355	—	59	414	—	751	2 670	1 119	208	1 918	2 248	179	6 498
1976.	356	—	8	364	—	911	2 814	1 222	221	2 035	2 505	193	7 041
1977.	299	—	—	299	—	1 009	2 829	1 405	231	2 234	3 140	207	8 398
1978.	288	—	—	288	259	943	2 931	1 480	202	2 294	3 328	205	8 760
1979.	265	—	—	265	700	806	2 972	1 514	247	2 484	3 406	186	9 058
1980.	242	—	—	242	830	983	3 056	1 350	218	2 464	2 802	145	8 589
1981.	258	—	—	258	866	1 169	3 141	1 248	206	2 330	2 386	214	7 560
1982.	247	—	—	247	882	1 244	3 047	1 250	277	1 979	2 058	243	6 586
1983.	260	—	—	260	891	1 188	2 860	995	128	1 775	1 720	209	5 814
1984.	254	—	—	254	903	1 244	2 853	1 002	112	1 901	1 543	219	6 118
1985.	263	—	7	270	905	1 449	3 057	1 053	142	1 676	1 360	217	5 411

LITERATURA []

1. Godišnjak elektroprivrede Hrvatske

2. Mjesečni izvještaj elektroprivrede Hrvatske

3. Statistički pregled elektroprivrede Hrvatske

4. Statistički godišnjak SR Hrvatske

5. Statistički godišnjak elektroprivrede Jugoslavije

6. Dispečerski izvještaj Jugel-a

7. Jugoslovenska elektroprivreda (stat. pregl.)

8. Statistički godišnjak Jugoslavije

9. Ann. Bull. of Electr. Energy (UN)

10. Statistical Yearbook (UN)

Tablica 34

POTROŠNJA ELEKTRIČNE ENERGIJE I GORIVA U INDUSTRIJSKIM ORGANIZACIJAMA UDRUŽENOG RADA SRH										
[4]										
	Elek- trična energija, tis.	Antra- cit ¹	Koka ¹	Kameni ug- ljen ¹	Mrki ug- ljen ¹	Lignit	Tekuća go- riva ¹	Mazut ¹	Tekući i ostali plinovi ¹	Zemni plin, min.
	MWh	u tisućama tona								m ³
1974	1 114	65	252	202	581	197	440	1 014	...	589
1975	4 681	55	225	302	548	152	332	1 078	...	532
1976	4 708	49	234	323	490	130	314	1 234	...	(724)
1977	4 968	44	251	313	404	90	87	1 676	39	(850)
1978 ²	5 385	39	249	607	379	93	108	1 732	45	877
1979 ²	5 544	25	240	1 101	344	81	238	1 606	40	941
1980 ²	5 846	25	219	1 294	359	71	182	1 583	417 ³	1 058
1981 ²	6 029	26	284	1 407	408	77	121	1 583	743 ³	1 363 ⁴
1982 ²	5 695	27	257	1 280	397	76	99	1 517	743 ³	1 381 ⁴
1983 ²	5 721	35	266	1 426	407	73	100	1 432	711 ³	1 429 ⁴
1984 ² Ukupno:	6 337	98	284	1 377	467	107	123	1 208	775 ³	1 635 ¹
Elektroprivreda	375	—	—	184	404	84	48	764	204	440
Proizvodnja ugljena	57	—	—	1	—	—	—	—	—	—
Prerada ugljena	22	—	—	1 157	—	—	—	—	123	—
Proizvodnja nafte i zemnog plina	63	—	—	—	—	—	—	—	—	261 ⁴
Proizvodnja naftениh derivata	223	—	16	—	—	—	—	157	228	—
Crna metalurgija	693	—	213	—	15	—	4	40	177	50
Proizvodnja ruda obojenih metala	1	—	—	—	—	—	2	—	—	—
Proizvodnja obojenih metala	1 317	—	—	—	—	—	—	1	1	—
Proizvodnja nemetalnih minerala	69	—	—	—	—	—	0	0	1	—
Prerada nemetalnih minerala	8	—	—	—	—	—	1	2	1	—
Metaloprerađivačka djelatnost	170	—	7	—	0	10	5	4	28	80
Strojogradnja	212	0	39	—	0	3	11	1	4	17
Proizvodnja prometnih sredstava	84	—	0	0	0	0	3	2	2	1
Brodogradnja	28	—	—	—	0	0	1	1	0	0
Proizvodnja el. strojeva i aparata	72	—	—	0	0	—	1	0	1	—
Proizvodnja kemijskih proizvoda	83	—	—	0	—	1	2	1	1	4
Prerada kemijskih proizvoda	808	—	—	—	—	—	1	54	—	540
Proizvodnja kamena, šljunka i pijeska	136	—	—	—	1	0	2	1	0	8
Proizvodnja građevnog materijala	47	—	—	—	0	2	11	0	—	6
Proizvodnja rezane grade i ploča	541	98	1	35	32	2	7	157	—	172
Proizvodnja finalinih proizvoda	74	—	—	—	1	—	1	1	—	7
od drveta				10						
Proizvodnja i prerada papira	142	—	—	—	0	1	2	1	1	2
Proizvodnja prediva i tkanina	303	—	—	—	—	1	0	1	—	2
Proizvodnja gotovih tekstilnih proizvoda	259	—	—	0	1	—	1	8	0	4
Proizvodnja kože i krzna	72	—	—	—	2	1	1	2	0	5
Proizvodnja kože obuće i galanterije	11	—	—	0	—	—	—	2	—	—
Prerada kaučuka	29	—	—	—	1	—	1	1	—	0
Proizvodnja prehrambenih proizvoda	49	—	—	—	—	—	—	1	—	—
Proizvodnja pića	278	—	8	0	4	2	16	5	3	26
Proizvodnja stočne hrane	45	—	—	—	0	—	1	1	0	1
Proizvodnja i prerada duhana	23	—	—	—	—	—	0	—	0	5
Grafička djelatnost	10	—	—	—	—	—	0	—	—	3
Dorada i proizvodnja sirovina	27	—	—	—	0	0	1	0	0	1
iz otpadaka										
Proizvodnja raznovrsnih proizvoda	0	—	—	—	—	—	0	—	—	—
	6	—	—	—	—	—	0	—	0	—

¹ Uključene su i količine goriva koje su korištene za tehnološke svrhe.

² Uključene bivše neindustrijske organizacije i zajednice koje su prema Jedinствenoj klasifikaciji djelatnosti prešle u područje industrije i rudarstva.

³ Od 1980. god. u toj grupi pored potrošnje tekućih plinova prikazuje se i potrošnja ostalih plinova.

⁴ Isključena potrošnja zemnog plina u degazolinaži.

T a b l i c a 3 5

PROIZVODNJA I POTROŠNJA UKUPNE ENERGIJE												
Količine u 10 ⁶ tona uvjetnog ugljena i u kg po jednom stanovniku [10]												
Zemlja	Godina	Proizvodnja					Potrošnja					
		ukupna energija	ugljen	sirova nafta	prirodni plin	hidro i nuklearna el. energija	ukupno	čvrsta goriva	tekuća goriva	prirodni plin	hidro i nuklearna el. energ.	po 1 stanovniku
Austrija	1980	9 666	1 281	2 145	2 663	3 578	30 455	5 181	15 564	6 620	3 090	4 058
	1982	8 973	1 474	1 876	1 825	3 798	28 099	5 475	13 334	6 024	3 265	3 749
	1983	8 640	1 360	1 845	1 673	3 762	26 701	5 179	12 667	5 522	3 332	3 564
Belgija	1980	7 482	5 784	...	52	1 645	59 121	15 685	27 971	14 144	1 321	5 997
	1982	8 078	5 980	...	42	2 056	51 491	15 144	23 460	10 769	2 117	5 217
	1983	10 004	6 870	...	25	3 109	48 872	13 437	21 063	11 302	3 070	4 950
Bugarska	1980	17 059	15 216	400	228	1 215	47 324	20 988	19 604	5 046	1 686	5 254
	1982	18 458	16 228	436	97	1 697	49 750	22 507	19 152	6 068	2 022	5 466
	1983	18 830	16 316	436	150	1 927	50 181	22 519	19 152	6 292	2 218	5 488
Čehoslovačka	1980	66 436	64 431	140	722	1 142	97 448	63 511	22 412	10 157	1 368	6 364
	1982	66 265	64 176	134	776	1 179	94 740	64 319	19 244	9 776	1 401	6 127
	1983	67 655	65 596	140	686	1 234	96 930	65 144	18 823	11 438	1 525	6 243
Francuska	1980	50 298	21 729	3 033	9 854	15 683	237 254	50 116	137 021	34 054	16 064	4 409
	1982	54 250	20 595	3 474	8 769	21 412	213 228	45 960	112 826	33 500	20 940	3 938
	1983	57 024	20 213	3 408	7 868	25 535	208 163	41 597	108 100	34 579	23 877	3 832
Njemačka DR	1980	83 626	78 277	79	3 604	1 666	121 781	86 072	23 559	10 304	1 846	7 276
	1982	89 991	84 231	83	4 125	1 552	123 235	87 613	22 724	11 205	1 693	7 381
	1983	91 728	84 979	87	4 948	1 714	121 765	87 842	19 859	12 184	1 880	7 307
Njemačka FR	1980	163 421	126 239	6 735	22 778	7 669	359 413	116 698	163 405	70 934	8 377	5 829
	1982	163 120	126 892	6 190	19 801	10 236	336 884	117 374	147 656	60 782	11 072	5 483
	1983	157 790	119 721	5 985	21 658	10 426	339 655	117 044	146 911	63 995	11 705	5 538
Grčka	1980	4 760	4 341	0	0	419	20 142	4 770	14 878	0	495	2 088
	1982	7 317	5 225	1 505	149	438	20 392	5 701	14 015	149	527	2 083
	1983	7 888	5 682	1 810	110	287	21 439	7 139	13 672	110	518	2 179
Mađarska	1980	21 976	9 859	4 029	8 874	14	40 563	12 758	14 465	12 418	922	3 787
	1982	22 859	10 036	4 102	8 700	20	41 122	13 559	13 220	13 248	1 095	3 823
	1983	22 383	9 545	4 027	8 480	331	39 831	12 820	12 669	12 895	1 447	3 697
Italija	1980	26 274	696	2 846	16 287	6 444	174 861	15 646	115 948	36 076	7 192	3 112
	1982	29 707	449	2 755	19 908	6 595	171 613	18 896	109 602	36 440	7 475	3 042
	1983	27 608	604	3 431	17 089	6 484	172 638	16 533	112 881	35 378	7 847	3 051
Norverška	1980	82 644	309	35 697	36 331	10 327	26 288	1 503	13 137	1 379	10 270	6 423
	1982	82 638	472	35 645	35 096	11 425	25 715	1 401	12 153	1 481	10 680	6 243
	1983	93 289	512	44 542	35 208	13 027	23 753	1 366	11 284	278	11 381	5 751
Poljska	1980	173 839	166 329	517	6 589	403	176 755	143 178	20 816	12 386	374	4 935
	1982	168 059	161 617	418	5 703	320	160 372	131 506	16 471	12 282	113	4 389
	1983	170 931	164 479	375	5 669	408	161 412	131 733	16 952	12 699	27	4 376
Portugal	1980	1 097	104	...	...	993	11 229	535	9 476	...	1 218	1 153
	1982	1 012	153	...	...	859	13 121	487	11 410	...	1 224	1 330
	1983	1 158	158	...	...	1 000	13 225	518	11 545	...	1 162	1 331
Rumunjska	1980	85 710	17 004	17 493	49 659	1 554	100 008	23 520	23 469	51 412	1 606	4 505
	1982	89 474	17 309	17 859	52 848	1 458	99 991	22 981	20 475	54 943	1 591	4 433
	1983	92 376	19 914	17 658	53 570	1 235	101 470	25 454	18 616	55 839	1 498	4 462
Španjolska	1980	21 246	14 489	2 329	1	4 427	88 374	18 556	62 795	2 766	4 257	2 359
	1982	25 431	18 752	2 226	4	4 448	88 171	25 310	55 462	3 321	4 079	2 314
	1983	27 722	18 892	4 329	—	4 502	81 816	23 923	50 329	3 395	4 170	2 130
V. Britanija	1980	280 157	108 556	116 468	49 949	5 184	270 990	101 606	99 965	64 234	5 184	4 850
	1982	210 253	103 261	150 293	50 597	6 102	255 516	92 341	92 349	64 724	6 102	4 578
	1983	328 688	98 810	167 397	55 547	6 935	260 630	93 114	89 742	70 838	6 935	4 670
S. S. S. R.	1980	1 935 909	510 430	878 586	516 895	29 998	1 473 133	490 825	503 955	450 692	27 661	5 549
	1982	2 021 132	503 262	892 215	594 329	31 325	1 566 902	490 969	524 468	522 563	28 902	5 791
	1983	2 065 509	499 173	897 760	635 937	32 639	1 611 511	484 929	534 739	501 995	29 847	5 900
USA	1980	2 045 682	626 451	696 522	657 039	65 671	2 364 400	538 706	1 064 253	692 544	68 957	10 386
	1982	2 000 818	628 393	696 400	602 427	73 598	2 193 437	529 592	962 821	623 644	77 379	9 463
	1983	1 904 617	585 639	699 243	541 838	77 898	2 174 795	533 410	947 587	591 569	82 228	9 304
Jugoslavija	1980	28 583	16 382	6 164	2 573	3 464	48 042	19 548	20 567	4 513	3 413	2 152
	1982	31 470	17 869	6 326	3 878	3 397	49 580	20 152	19 164	6 627	3 637	2 185
	1983	33 504	19 921	6 016	3 568	3 999	52 888	23 278	18 639	6 843	4 129	2 313
Svijet	1980	9 264 622	2 625 747	4 947 149	1 840 316	301 309	8 544 341	2 831 884	3 777 799	1 833 733	300 925	1 919
	1982	8 986 278	2 707 382	4 079 733	1 865 226	333 937	8 429 305	2 684 800	3 566 607	1 844 421	333 477	1 830
	1983	8 968 878	2 709 711	4 042 725	1 857 907	358 533	8 523 830	2 753 429	3 536 888	1 875 825	357 687	1 820