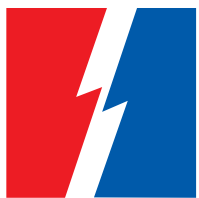
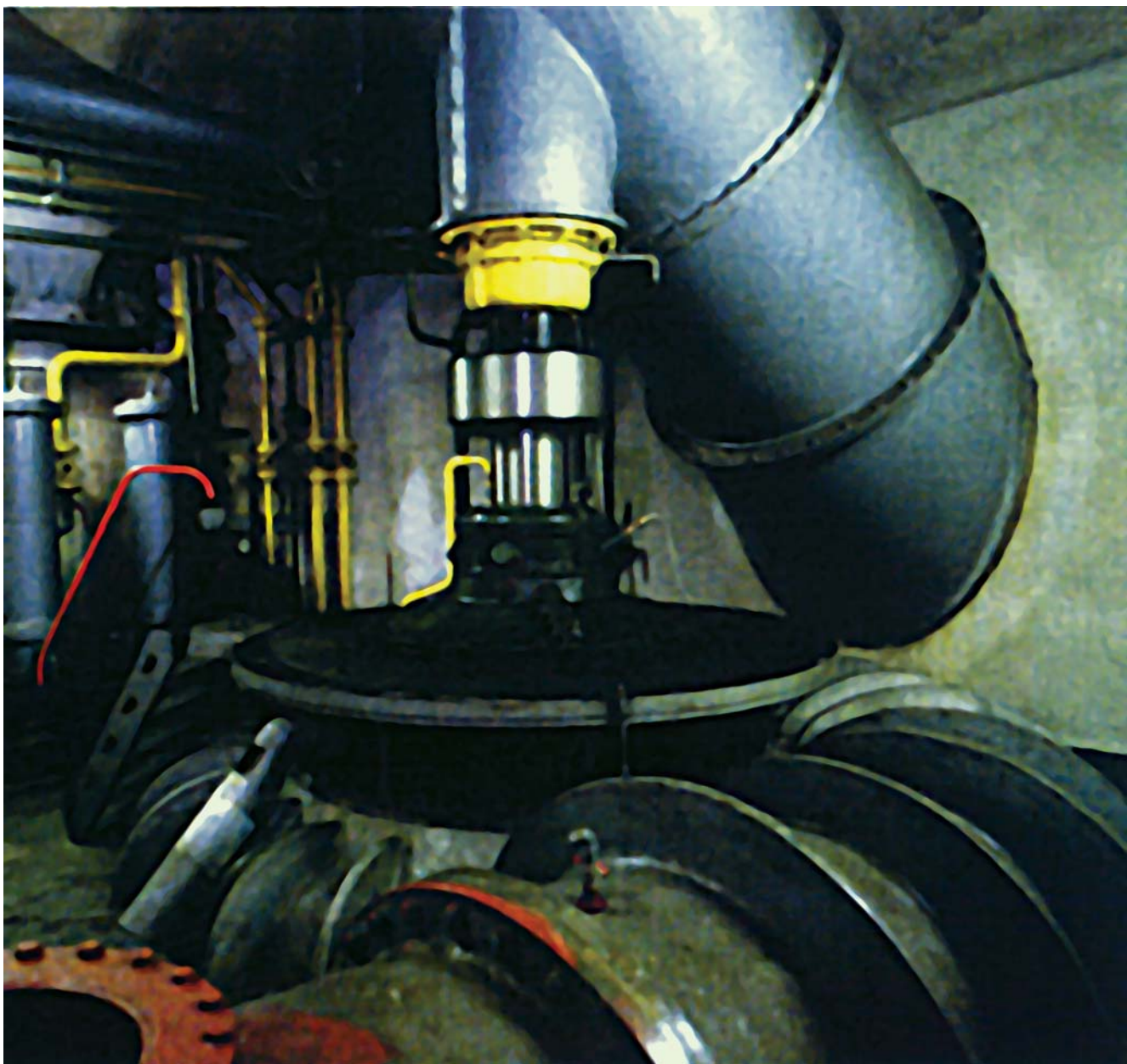


# energija 4



ČASOPIS HRVATSKE ELEKTROPRIVREDE



ENERGIJA 53 (2004) 4

UDK 621.31 ENJAAC 53 (4) 247 – 350 ISSN 0013-7448  
ENERGIJA • GODINA 53 • BROJ 4 • STRANA 247 – 350 • ZAGREB, KOLOVOZ 2004.



HEP d.d.  
Ulica grada Vukovara 37  
10000 Zagreb, Hrvatska  
Tel. 63 22 111 (centrala)

ENERGIJA – uredništvo  
Ulica grada Vukovara 37  
10000 Zagreb, Hrvatska  
Tel. 63 22 641, fax 61 70 438

IZDAVAČ – PUBLISHER

Hrvatska elektroprivreda, Zagreb

ZA IZDAVAČA

Mr. sc. Ivan Mravak, dipl. ing.

POMOĆ U IZDAVANJU

Ministarstvo znanosti, tehnologije  
i informatike

UREDIVAČKI SAVJET – THE PUBLISHING COUNCIL

Mr. sc. Branko *Grgić*, dipl. ing. (predsjednik), HEP Split –  
Adrijano *Fišer*, dipl. ing., HEP Rijeka – Marijan *Kalea*, dipl.  
ing., HEP Osijek – Damir *Karavidović*, dipl. ing., HEP Osijek  
– mr. sc. Mladen *Mandić*, dipl. oec., HEP Zagreb – dr. sc.  
Vladimir *Mikuličić*, dipl. ing., FER Zagreb – dr. sc. Niko  
*Malbaša*, dipl. ing., Ekoneg, Zagreb

UREDNIČKI ODBOR - EDITORIAL BOARD

Glavni urednik – Editor-in-chief: dr. sc. Zorko *Cvetković*, dipl. ing.  
Urednik – Editor: Zdenka *Jelić*, prof.  
Lektor: Šime *Čagalj*, prof.

Uredništvo i uprava:

Zagreb, Ulica grada Vukovara 37

Telefoni 6322-641 i 6322-083, telefax 6170-438

**Godišnje izlazi 6 brojeva.** Godišnja pretplata za pojedince iznosi  
300,00 kn, a za poduzeća i ustanove 480,00 kn (za studente 70,00 kn).

Cijena pojedinog broja u prodaji 50,00 kn.

Za inozemstvo \$ 95 godišnje.

Žiro računi kod ZAP, Zagreb – Hrvatska elektroprivreda (za "Energiju")  
broj 30101-604-495

Tisak: VARTEKS d.d., P.J. Tiskara Varaždin

Naklada 1000 primjeraka

Godište 53 (2004)

Zagreb 2004

Br. 4

## SADRŽAJ

<i>Wagmann L.</i> – <i>Žutobradić S.</i> : Strategija integracije podataka o distribucijskoj mreži zasnovanoj na IEC standardima (Pregledni članak) .....	249
<i>Plavšić T.</i> – <i>Grujić V.</i> – <i>Kuzle I.</i> : Minimiziranje gubitaka djelatne snage Newtonovom metodom na primjeru hrvatskog EES-a (Prethodno priopćenje) .....	259
<i>Komen V.</i> – <i>Krstulja B.</i> : Praćenje pokazatelja kvalitete opskrbe električnom energijom na području Elektroprimorja Rijeka (Izvorni znanstveni članak) .....	271
<i>Barić T.</i> – <i>Haznadar Z.</i> – <i>Nikolovski S.</i> : Numerički algoritam za proračun otpora rasprostiranja štapnog uzemljivača primjenom metode integralnih jednadžbi (Stručni članak) ..	283
<i>Škeljo K.</i> : Smanjenje troškova kabliranja povećanjem mehaničke otpornosti srednjonaponskog XHE 49 A kabela (Stručni članak) .....	295
<i>Uran V.</i> : Optimizacija sustava za zajedničku proizvodnju toplinske i električne energije u drvnjoj industriji (Izvorni znanstveni članak) .....	303
<b>Vijesti iz elektroprivrede i okruženja</b> .....	323
<b>Iz strane stručne literature</b> .....	338

Fotografije na omotu:

**HE FUŽINE – pumpno postrojenje** (1. str.)

**HE SKLOPE – rasklopno postrojenje** (3. str.)

**TS ERNESTINOVO** (4. str.)

Časopis je ubilježen u Ministarstvu kulture i prosvjete – Sektor informiranja pod brojem 161 od 12. 11. 1992.

## Upute autorima

U "Energiji" smo već tiskali upute o pisanju stručnih i znanstvenih članaka, pa "stari" autori znaju sve o tome kako treba prirediti članak koji će se u njoj objaviti. Cilj je ovog priloga da pomognemo onim autorima koji još nisu objavljivali i da podsjetimo "zaboravljive".

1. Da bi članak bio zanimljiv, mora biti jasan. Rečenice kratke, a izrazi poznati. Pismo: latinica. Pisati valja u trećem licu ne upotrebljavajući pasivne oblike.
2. Članak mora biti neobjavljen. Kad se preda "Energiji", više se ne smije ponuditi nekom drugom uredništvu.
3. Idealno je kad članak nema više od 20 stranica. Autori često tvrde da je teško neku problematiku iznijeti na tako malo stranica. U tom slučaju obično "pre-sude" recenzenti.
4. Valja se pridržavati zakonskih standarda i INDOK-propisa. Pri upotrebi jedinica i simbola valja poštivati zakonske mjerne jedinice Međunarodnog sustava jedinica - SI. Matematički znakovi, grčka slova i indeksi moraju biti jasni i definirani. Fizičke veličine i faktori pišu se kosim velikim i malim slovima latinicom ili grčkim slovima. Mjerne jedinice i ostali opisi pišu se uspravnim slovima.
5. Članak mora biti napisan na formatu A4 u dva primjerka. Napisan mora biti strojem s razmakom između redaka. Na lijevoj strani mora biti 4 cm širok rub za unošenje pogrešaka, uredničkih oznaka i dopuna. Mora imati **naslov** i jasno označene **podnaslove**. Ispod naslova valja napisati prezime, ime i mjesto stanovanja autora, a na kraju članka valja navesti podatke o autoru: znanstvenu titulu, prezime i ime, stručni naziv, naziv ustanove u kojoj radi i punu adresu.
6. Svaki članak mora imati:
  - **kratak sažetak**. U njemu se čitatelju daje dovoljno informacija o sadržaju članka. Autor treba navesti nova otkrića i spomenuti temeljna načela na kojima je izveo eksperimente što ih je opisao u članku. Ne smije imati više od 200 riječi.
  - **ključne riječi** (key words). To su izrazi koji čitatelju u najkraćem obliku kažu što je sadržaj članka. One pomažu da čitatelj sazna da li mu je članak zanimljiv ili nije.
  - **kategorizaciju**. Autor ima pravo predložiti u koju se kategoriju članka po kvaliteti ubraja njegov, u: originalni znanstveni članak, prethodno priopćenje, pregledni članak, stručni ili su to izvještaji sa savjetovanjima, vijesti iz svijeta itd.
  - **literaturu**. Navodi se na kraju članka onim redom kojim je spomenuta u članku. Kad se u tekstu poziva na literaturu, piše se u uglatoj zagradi samo broj pod kojim je navedena. Podaci moraju biti točni i istiniti. Naslov članka, kategorizacija, sažetak i ključne riječi moraju biti na jednom papiru. Sažeci se u "Energiji" prevode na engleski i njemački. To čine naši prevodioci.
7. Likovni prikazi (fotografije, crteži, dijagrami) moraju se nalaziti na posebnom listu - svaka slika na svom listu. Moraju biti nacrtane po pravilima tehničkog crtanja i obično 3 puta veće nego što će biti u časopisu. Pritom valja paziti da 3 puta smanjena najmanja brojka ili slovo bude veliko 3 mm - 1,5 mm.

Tako pripremljen rukopis Uredništvo pregleda, daje ga recenzentima na ocjenu i ako je povoljno ocijenjen, tehnički se obradi (lektorira, grafičko-likovno uredi) i pošalje u tiskaru. O tome da li je članak primljen ili odbijen, Uredništvo izvještava autora.

Da bi autori lakše odredili u koju kategoriju prema kvaliteti valja uvrstiti neki članak, dajemo osnovne upute o kategorizaciji članka:

**IZVORNI ZNANSTVENI ČLANAK** (originalan znanstveni rad, originalno znanstveno delo, originalnaja naučnjaja rabota, original scientific paper, originalna naučna rabota, Wissenschaftlicher Originalbeitrag) opisuje nove rezultate istraživanja tehnike ili aparata (npr. doktorska disertacija). Ovoj kategoriji pripada i dosad neobjavljeni rad koji pridonosi znanstvenoj spoznaji ili nekom shvaćanju, a napisan je tako da bilo koji kvalificirani znanstvenik na temelju danih informacija može:

- ponoviti eksperiment i postići opisane rezultate s jednakom točnošću ili unutar granice eksperimentalne pogreške, kako to navodi autor.
- ponoviti autorova zapažanja, proračune ili teorijske izvode i donijeti slična mjerenja.

**PRETHODNO PRIOPĆENJE** (prethodno sporočilo, prethodno saopštenje, preliminary communication, Vorläufige Mitteilung) sadrži znanstvene spoznaje ili rezultate čiji karakter zahtijeva objavljivanje. Rad obvezatno sadrži jedan podatak novih znanstvenih informacija ili više, ali bez dovoljno pojedinosti koje bi omogućile čitatelju provjeru iznesene informacije na način kako je to prethodno opisano.

**PREGLLEDNI ČLANAK** (pregledno delo, pregledna rabota, review, obzornja rabota, Übersichtarbeit) jest izvješće o nekom posebnom pitanju o kojem je već objavljena informacija, samo je to ovdje skupljeno i raspravljeno. Autor preglednoga članka dužan je dati podatke o svim objavljenim radovima kojima se koristio u svom radu (treba navesti literaturu i svrstati je redom kojim se pojavljuje u tekstu), a po mogućnosti u literaturi navesti radove koji bi pridonijeli razvoju razmatrane problematike.

**STRUČNI ČLANAK** (strokovno delo, stručna rabota, professional paper, profesionalnaja rabota, Fachlicher Beitrag) daje korisne priloge iz područja čija problematika nije vezana za izvorna istraživanja. To znači da rad mora biti novost u određenom području djelatnosti. To se npr. odnosi na naknadno ponavljanje poznatih istraživanja koje predstavlja koristan rad u vezi sa širenjem znanja i prilagodavanja izvornih istraživanja potrebama društva i znanosti.

---

---

# energija

ČASOPIS

HRVATSKE ELEKTROPRIVREDE

glasilo je energetičara, elektroinženjera i elektrotehničara. Izdaje ga Hrvatska elektroprivreda uz pomoć Ministarstva znanosti, tehnologije i informatike.

Njime se koriste mnogi znanstvenici i stručnjaci u našoj zemlji, a poznat je i važnijim referalnim centrima u inozemstvu, kao što su:

Engineering Index Inc., New York; Engineering Information Inc. Bibliographic Services Dept, New Jersey; Current Tehnology Index, London; Viniti, Moscow; Revue Générale de l'électricité, Paris; Current Bibliography on Science and Tehnology, Japan Information Centre, Tokyo; itd.

U Energiji se tiskaju izvorni znanstveni članci kao i članci iz prakse, vijesti iz elektroprivrede, zanimljivosti iz svijeta, priopćenja i članci graditelja elektroenergetskih objekata, proizvođača strojeva i materijala. Oglasi su sastavni dio časopisa, a priopćenja su komercijalne naravi.

---

---

**UREDNIŠTVO**

# STRATEGIJA INTEGRACIJE PODATAKA O DISTRIBUCIJSKOJ MREŽI ZASNOVANOJ NA IEC STANDARDIMA

Mr. sc. Lahorko Wagmann – dr. sc. Srđan Žutobradić, Zagreb

UDK 621.316.1:658.516  
PREGLEDNI ČLANAK

Uredno vođenje i dostupnost podataka o distribucijskoj mreži ima važnu ulogu, kako u općem poslovanju, tako i samom upravljanju mrežom. Nedostatak podataka i nemogućnost dobivanja određenih statistika usporava proces odlučivanja i dovodi do pogrešnih odluka. Podaci se često prikupljaju ad-hoc za različite namjene. Zahtjevi za podacima često dolaze i neovisno jedni o drugima tako da se isti podaci prikupljaju i po nekoliko puta. Tijekom razvoja informatičke podrške u elektrodistribucijskoj djelatnosti, kako u Hrvatskoj tako i u svijetu, nije postojala neka norma koja bi, makar na logičkoj i podatkovnoj razini, dovela do određene uniformnosti strukture podataka. U posljednje vrijeme međunarodna elektrotehnička komisija (IEC) tehnički komitet 57 (TC 57), radna grupa 14 (WG 14 – Working Group 14), koja je razvila niz standarda IEC 61968, daje okvire koji omogućuju integraciju podataka na temeljenu na standardima.

**Ključne riječi:** baza podataka, sabirnica podataka, CIM, XML, IEC 61968.

## 1. UVOD

Pri izradi studija razvoja distribucijskih elektroenergetskih mreža najmukotrpniji dio je prikupljanje podataka o promatranoj mreži. Prirediti podatke za neku distribucijsku 10 kV mrežu, koja sadrži i do nekoliko stotina čvorova, čak i u uvjetima sređenih podataka na papiru, uopće nije lagan posao i često oduzme više vremena od samog posla u čiju se svrhu podaci prikupljaju. Ukoliko se pri planiranju mreže koristi neki programski paket koji prikupljene podatke pohrani u takav format da se oni više ne mogu koristiti niti u jednoj drugoj aplikaciji, podaci su vrlo ograničeno uporabljivi.

Ako se u nekom distribucijskom području uvede geografski informacijski sustav, koji nije povezan s kvalitetnim tehničkim informacijskim sustavom, sve će ostati samo lijepa slika. U GIS-u, naime, nisu spremljeni podaci o tipu, starosti, presjeku i duljini voda, nema podataka o TS 10(20)/0.4 kV, itd.

Zadatak BPDM nije samo spremanje podataka, već i priprema podataka proizvoljnom broju aplikacija, koje mogu biti održavanje mreže, proračuni mreža, statistike i izvješća za potrebe HEP distribucije, d.d., itd.

Iako u distribucijskim područjima u HEP-u postoje baze podataka elemenata mreže, nevolja je što ih ima gotovo 21 varijanta. Gotovo svako distribucijsko područje (DP) ima neki vid svoje baze podataka distribucijske mreže (BPDM) i svoje viđenje strukture podataka. Neki koriste ORACLE, neki ACCESS, a ponegdje je prisutan i DBASE.

Često je prisutna i situacija da se podaci iz BPDM koriste samo radi izvješća, dok topologija mreže nije predviđena kao informacija u strukturi baze podataka. Takve su baze neuporabljive za proračun mreža i svih onih aplikacija koje koriste informaciju o topologiji mreže. Veliki problem predstavljaju i neujednačene oznake istih objekata distribucijske mreže, koji se koriste u bazama podataka u različitim DP-ovima, zbog čega je često nemoguće dobiti jedinstveno zbirno izvješće o mreži na razini HEP-a.

Pri planiranju mreža distribucijskih područja, da bi proračuni bili usporedivi, trebalo bi koristiti jednake konstante za isti tip elementa mreže (jedinični radni otpor, reaktancija, susceptancija,  $P_{fe}$ ,  $P_{cu}$ , itd.). Takvo što također nije moguće zbog neujednačenog pristupa kreiranju baze podataka. Negdje je predviđen unos ukupnog otpora voda, drugdje jediničnog otpora i duljine voda, a čest slučaj je da se uopće ne unose konstante vodova i transformatora.

Pri odabiru strategije povezivanja informacijskog sustava u distribuciji treba imati jasnu viziju čitavog procesa i cilja koji se želi postići.

Iako se na tržištu nude najrazličitiji proizvodi od samih relacijskih baza podataka do gotovih aplikacija, GIS-aplikacija, programa za proračun mreža podržanih grafikom, nije svejedno što odabrati. Ukoliko se odaberu zatvoreni sustavi koji nisu u mogućnosti višestruko koristiti već unesene podatke, ubrzo će se doći u slijepu ulicu i već jednom uneseni podaci, neće se moći koristiti u druge svrhe te će se ponovno morati unositi.

Kod izrade strategije integralnog povezivanja treba imati na umu već postojeće baze podataka i aplikacije koje se koriste u distribucijskim mrežama.

Određivanje strategije integralnog povezivanja informatičkih sustava u distribuciji vrlo je složen i težak zadatak, kojeg nije moguće obraditi i riješiti samo jednom studijom ili stručnim člankom. Stoga su u ovom radu navedeni najnoviji trendovi koji se javljaju u ovom području informatičke tehnologije (IT). Navedeno bi trebalo poslužiti kao putokaz u kojem smjeru treba krenuti želi li se krajnji rezultat postići uz čim manje napora, slijedeći okvire svjetske standardizacije.

Za konačan cilj trebalo bi oformiti stručni tim, koji bi se sastojao od priznatih eksperata, kako iz područja IT, tako i iz područja elektroenergetike i upravljanja distribucijskom mrežom. Također bi bilo potrebno koristiti iskustva stranih elektroprivrednih poduzeća i konzultanata, koji su u procesu integracije IT dosegli višu razinu od HEP-a. Na taj bi se način izbjegle moguće zamke samostalnog razvoja i školovanja na vlastitim pogreškama, koje je obično vrlo skupo.

Pri tom nikako ne treba odustati od vlastitog razvoja aplikacija, gdje god je to moguće. Budući da strategija predviđa uvođenje otvorenih sustava, temeljenih na IEC standardima i korištenje tzv. sabirnice podataka, koja će omogućiti slobodnu razmjenu podataka među aplikacijama, samostalan razvoj specifičnih aplikacija, bit će itekako dobrodošao. Na taj način izbjeci će se pretjerana ovisnost o stranim softverskim kućama, koje su vrlo skupe i često nisu na raspolaganju za moguće prepravke aplikacija.

Potrebno je naglasiti da konačan uspjeh integracije IT u distribucijskoj djelatnosti HEP-a ovisi o konsenzusu, koji se mora postići na razini HEP-a. Bez toga, bilo kakav napor u integraciji IT osuđen je unaprijed na propast.

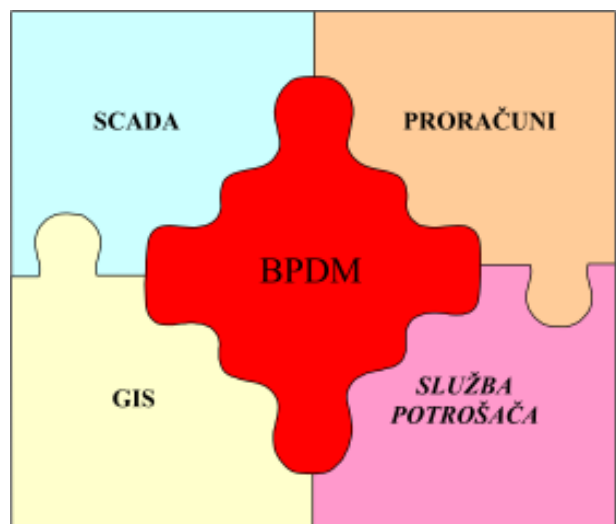
Na osnovi navedenog osnovni problemi u korištenju informatike u distribuciji su:

- Nepostojanje BPDM u pojedinim DP-ovima.
- Nepostojanje zajedničke koncepcije označavanja elektroenergetskih objekata na razini HEP-a.
- Nejednaka razina informatizacije po pojedinim DP-ovima.
- Nepostojanje zajedničke koncepcije označavanja elektroenergetskih objekata na razini DP-a.
- Postojeće BPDM u DP-ovima su heterogene po tipu.
- Ne postoji sustav kataloga tipskih elemenata mreže.
- BPDM u pojedinim DP-ovima ne poštuju logiku topološke povezanosti mreže.
- Programi za proračun mreža ne koriste podatke iz BPDM niti posjeduju svoju bazu podataka.
- Baze podataka službe potrošača nemaju mogućnost povezivanja s BPDM.

- SCADA sustavi nisu povezani s BPDM.
- HEP Distribucija, d.d. ne može brzo dobiti sintetičke podatke o stanju distribucijske mreže.
- Podaci i podloge potrebni za planiranje mreže i proračune mreža prikupljaju se dugo i mukotrpno, često pomoću programa koji ne posjeduju svoju bazu podataka.

## 2. BAZA PODATAKA DISTRIBUCIJSKE MREŽE

Baza podataka distribucijske mreže (BPDM) sadrži podatke o elementima i topologiji distribucijske mreže. U njoj su zapisani podaci o vodovima, transformatorima, transformatorskim stanicama, vodnim poljima, transformatorskim poljima, rasklopnom postrojenju, itd. Ona je pozicionirana u središtu svake informatičke sheme (slika 1).

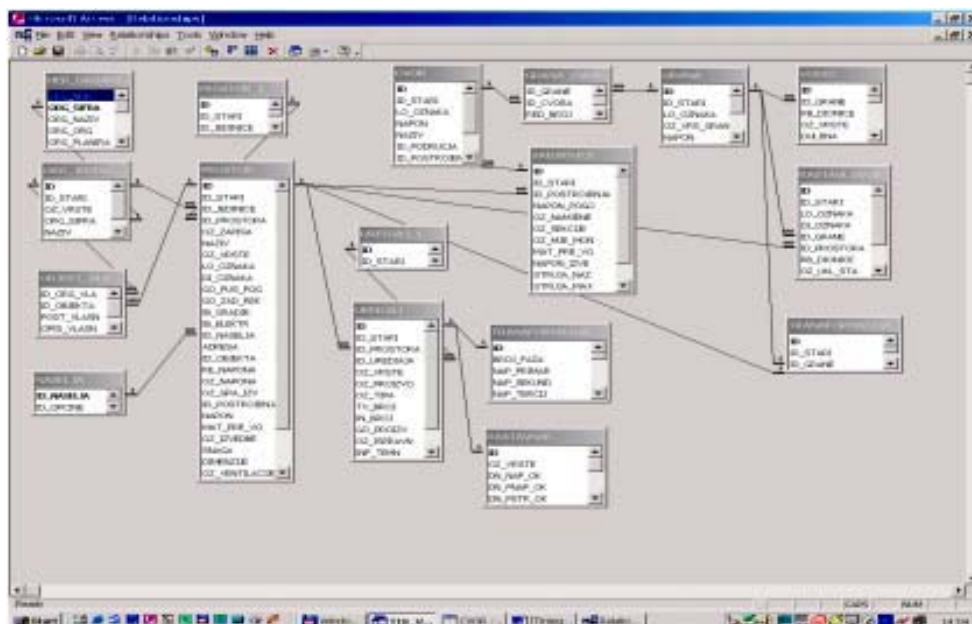


Slika 1. Položaj BPDM u informatizaciji distribucijske djelatnosti HEP-a

Uredno vođenje i dostupnost podataka o elementima distributivne mreže ima važnu ulogu kako u općem poslovanju, tako i samom upravljanju mrežom. BPDM može poslužiti kao informatička jezgra na koju se vežu ostale aplikacije kao što su SCADA, GIS, proračuni mreža, statističke aplikacije, služba potrošača. Kao informatička osnova za BPDM služi neka pouzdana relacijska baza podataka (slika 2).

## 3. MOGUĆI NAČINI INTEGRACIJE POSLOVNIH IT FUNKCIJA

Do sada uobičajen način rada u elektrodistribucijskim kompanijama, kako kod nas tako i u svijetu, bio je odvojen rad poslovnih i upravljačkih funkcija, aplikacija te baza podataka. Tako, na primjer, služba potrošača nije vezana na bazu podataka mreže, SCADA sustav radi autonomno, GIS sadrži slične podatke kao i baza poda-



Slika 2. Primjer sheme podataka BPDM

taka mreže, aplikacije planiranja i financija nisu povezane s bazom podataka mreže, itd. Takav način rada umanjuje efikasnost poslovanja elektrodistribucijskih kompanija. Da bi se to promijenilo, potrebno je na neki način ujediniti spomenute funkcije, aplikacije i baze podataka.

Sama IT integracija vrlo je kompleksan proces te, ukoliko ne postoji jasna vizija i dobro razumijevanje onoga što se želi postići, projekt IT integracije može samo slučajno uspjeti. Drugim riječima, potrebno se jasno odrediti prema načinu integracije, koji će morati omogućiti razmjenu podataka i njihovu transformaciju u korisne informacije cijelom poduzeću. IT okolina u elektrodistribucijskim kompanijama obično je istinski raznorodna, što obično uključuje:

- mnogo različitih HW platformi,
- mnogo različitih OS (operativnih sustava),
- mnogo različitih tehnologija umrežavanja,
- mnogo različitih tipova RDBMS,
- mnogo različitih aplikacija.

Postupak integracije informatičke tehnologije obično je skup i dugotrajan proces koji zahtijeva puno rada. Tijekom vremena manjak standarda može se pretvoriti u noćnu moru inženjera zaduženih za IT integraciju.

Mogući pristupi integriranju su sljedeći:

- nabava svih aplikacija od istog proizvođača,
- ujedinjavanje svih podataka u jednu bazu podataka,
- spajanje aplikacija prema potrebama,
- integracija aplikacija zasnovanih na standardima.

Svaki od pristupa bit će opisan s nabrojenim prednostima i nedostacima.

### 3.1. Nabava svih aplikacija od istog proizvođača

Teoretski je moguće nabaviti sve aplikacije od istog proizvođača, budući da je za pretpostaviti da je u okviru jedne kompanije razvijena standardna struktura baze podataka i standardna međusobna sučelja između baze podataka i aplikacija (slika 3).

Prednosti takvog pristupa su:

- određeni stupanj standardizacije,
- manje vremena potrošenog na kontakte,
- manja mogućnost nesporazuma.

Nedostatak ovakvog pristupa su ovisnost o jednom proizvođaču koji će uvijek predlagati zamjenu umjesto nadogradnje.

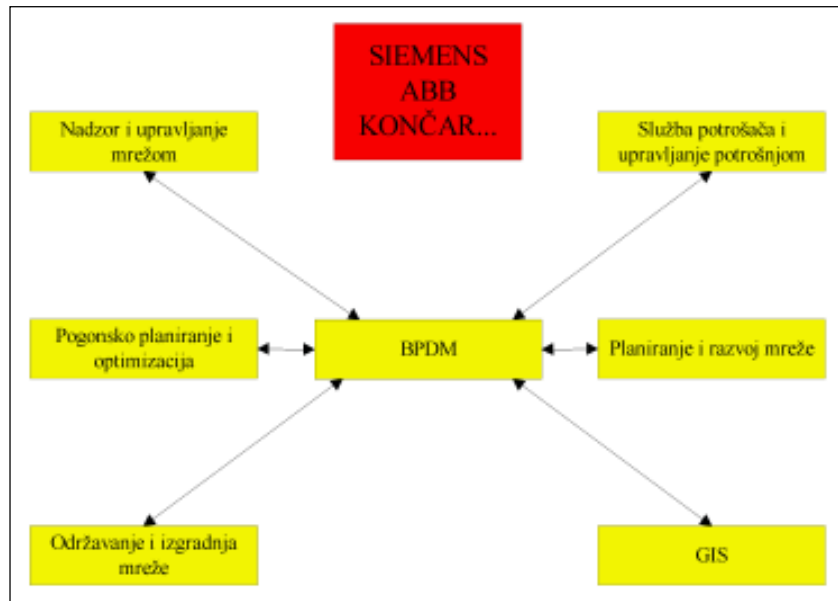
U stvarnosti teško je zamisliti proizvođača koji može pokriti sva područja i aplikacije koje se javljaju u elektrodistribucijskim kompanijama.

### 3.2. Ujedinjavanje svih podataka u jedinstvenu bazu podataka

Podatke i aplikacije moguće je integrirati na način da se svi podaci ujedine u jednu jedinstvenu bazu podataka (slika 4). Taj način je vrlo sličan metodi nabave svih aplikacija od istog proizvođača, zbog toga što uvijek postoje interne baze podataka svake od poslovnih funkcija pa je prema tome potrebno imati i dostup do svake od njih.

Prednosti ovakvog pristupa su:

- standardizacija i objedinjavanje svih podataka,
- nestanak redundancije.



Slika 3. Nabava svih aplikacija od jednog proizvođača

Nedostaci ovakvog pristupa su:

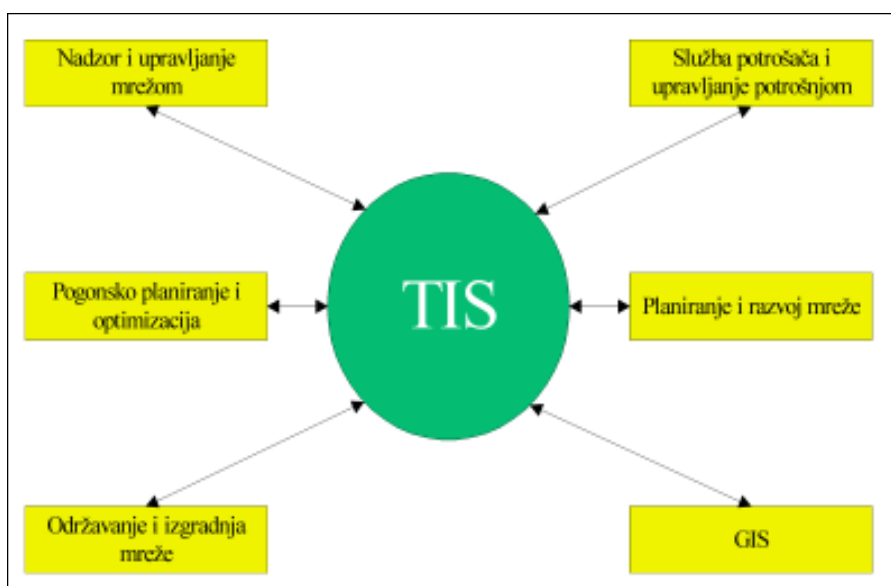
- dugotrajnost procesa,
- nemogućnost rada na razini poduzeća do samog završetka projekta,
- velik broj potrebnih aplikacija,
- baza podataka može postati usko grlo u distribuciji podataka.

### 3.3. Spajanje aplikacija prema potrebama

Kod spajanja aplikacija prema potrebama radi se sučelje između dvije aplikacije kada se za to ukaže potreba (sli-

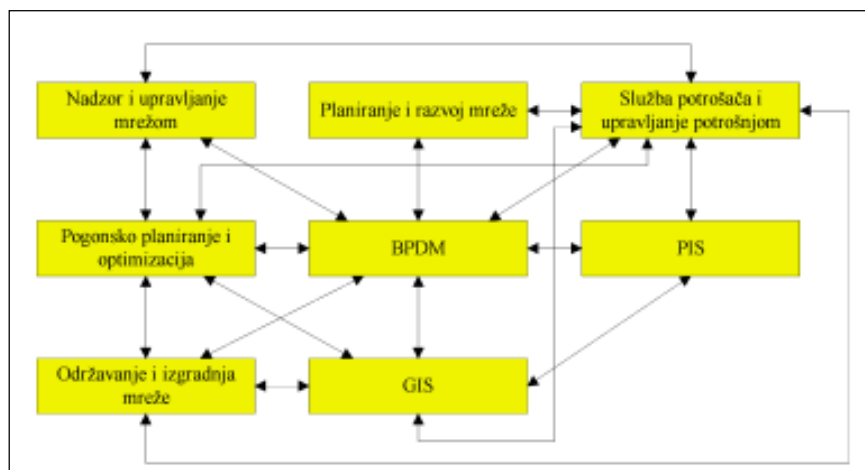
ka 5). To znači da, ukoliko se želi povezati podatke između BPDM i SCADA sustava, potrebno je napraviti programsko sučelje između te dvije aplikacije. Isti slučaj je kada se želi napraviti sučelje između BPDM i neke aplikacije za proračun tokova snage u mreži itd. Ovakav pristup donosi rješenje problema na kraće staze. Međutim, nedostaci ovakvog pristupa su sljedeći:

- velik broj potrebnih programskih sučelja,
- kod promjene jedne od poslovnih aplikacija potrebno je ponovno prerađivati programsko sučelje,
- nemogućnost pregleda podataka na razini cijelog poduzeća.



Slika 4. Integracija podataka ujedinjavanjem u jedinstvenu bazu podataka





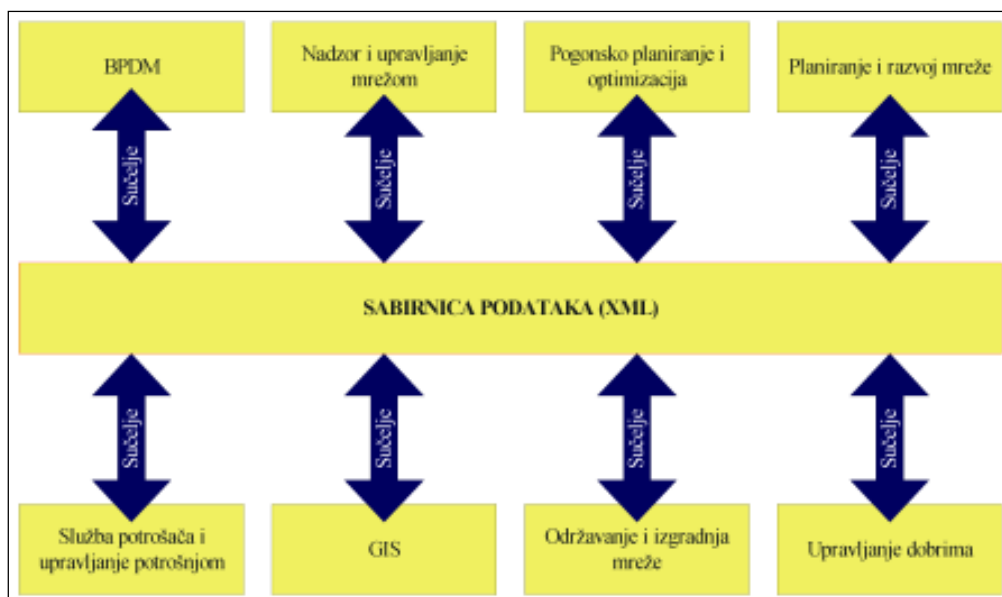
Slika 5. Spajanje aplikacija putem posebnih sučelja između aplikacija prema potrebama

### 3.4. Integracija aplikacija zasnovana na standardima

Integracija aplikacija zasnovana na standardima (slika 6), podrazumijeva postojanje standardizirane sabirnice podataka, prema kojoj svaka aplikacija ima standardizirano sučelje. Sabirnica podataka zasniva se na zajedničkom modelu podataka *CIM* (*common information model*) i takozvanom metadata jeziku XML (*Extensible markup language*). Osnova ovakvog pristupa je rad napravljen u okviru Međunarodne elektrotehničke komisije (*IEC – International Electrotechnical Commission*) tehnički komitet 57 (*TC 57 – Technical Committee 57*), radna grupa 14 (*WG 14 – Working Group 14*), koja je razvila niz standarda *IEC 61968*.

te posebne standarde sučelja kao početnu točku integracije aplikacija poslovnih procesa. Na spomenutoj normi radili su međunarodni eksperti iz područja integracije poslovnih procesa u distribucijskim kompanijama, što daje određenu garanciju smanjivanja rizika.

- **Fleksibilno održavanje i nadogradnja aplikacija;** Norma IEC 61968 daje okvire za održavanje i razvoj integracije poslovnih aplikacija tijekom njenog životnog vijeka. Posebno se daje naglasak na otvorenost postojećih rješenja k novim zahtjevima u budućnosti.



Slika 6. Način integracije poslovnih sustava na razini elektrodistributivnog poduzeća

Prednosti ovakvog pristupa su:

- **Smanjenje rizika nesigurnosti;** Norma IEC 61968 daje standardnu arhitekturu integracije, IRM, CIM

- **Neovisnost aplikacija;** Aplikacije se mogu razvijati neovisno o sustavu, budući da je standardan pogled na podatke osiguran postojanjem sabirnice podataka.

□ **Kontinuiran rad sustava;** Za rad sustava nije potrebno da se i zadnja aplikacija dovrši budući da je rad osiguran modularnim pristupom i pristupom programskih sučelja.

Osnovni nedostatak ovakvog pristupa je izvjesna količina redundantnosti podataka.

#### 4. TRENUTAČAN RAD NA RAZVOJU NORMI

Međunarodna elektrotehnička komisija (IEC – International Electrotechnical Commission) tehnički komitet 57 (TC 57 – Technical Committee 57), radna grupa 14 (WG 14 – Working Group 14) razvija niz normi (IEC 61968,) koje će olakšati tzv. **A2A** (aplikacija prema aplikaciji, application to application) integraciju i **B2B** (međuposlovna, business to business) integraciju u elektrodistribucijskim kompanijama. te norme olakšavaju razmjenu informacija među sustavima, koji podržavaju poslovne funkcije za planiranje, izgradnju, održavanje i vođenje mreže prijenosa i distribucije električne energije (slika 7).

Norma IEC 61968 imaju značajnu ulogu zbog toga što smanjuje rizik svih proizvođača i korisnika ovakvih sustava. Rješenja, koja se u **IEC 61968** preporučuju, neovisna su o dobavljaču opreme ili sustava i dopuštaju da poslovni proces bude prilagodljiv različitim zahtjevima. Rješenja, koja se nude ovom normom, zasnivaju se na nekoliko tehnologija i modela od kojih su glavni sljedeći:

□ **CIM (Common Information Model)**, u kojem je sadržan razumljiv opis podataka koji se mogu naći u distribucijskim mrežama.

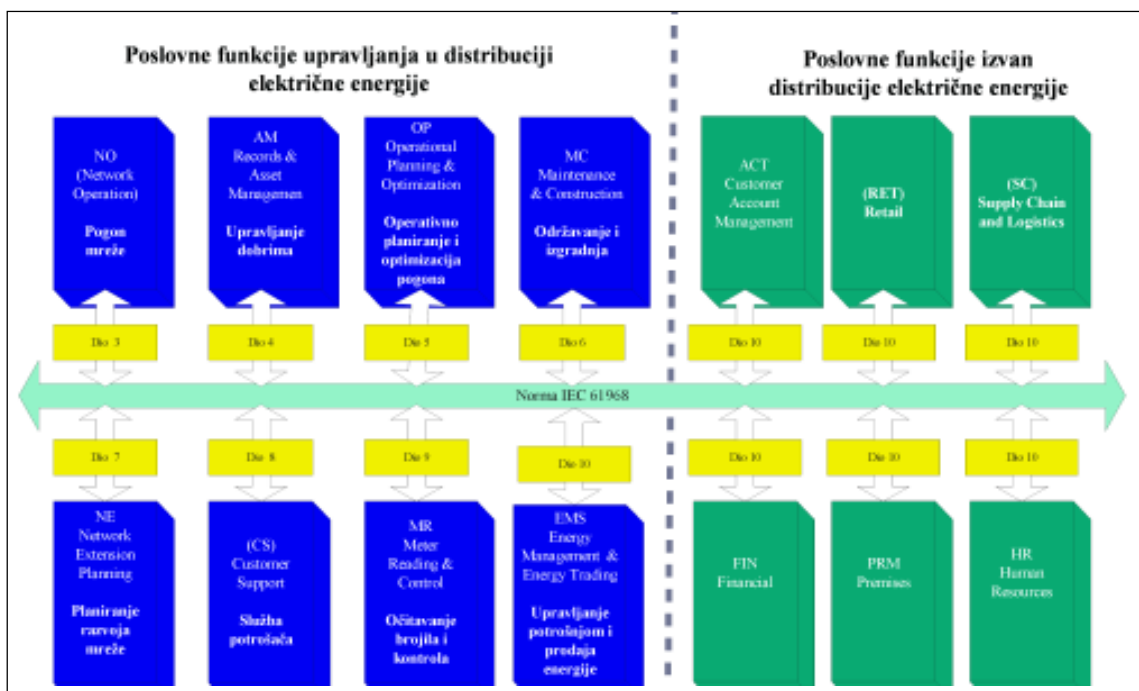
□ **XML (Extensible Mark-up Language)**, koji ima veliku podršku proizvođača opreme za automatizaciju.

□ **EAI (Enterprise Application Integration)** tehnologija služi za semantičku integraciju poslovnih procesa kao što su kritični zahtjevi na komunikacije, integraciju podataka, analize u realnom vremenu i automatizaciju poslovnih procesa.

Komponente norme IEC 61968 su:

□ **Arhitektura sučelja;** Norma IEC 61968 definira arhitekturu sučelja za visok stupanj integracije poslovnih procesa u elektrodistribuciji. Ova norma predviđa razdvajanje aplikacija, tako da se nove komponente mogu dodavati mijenjati ili zamjenjivati uz minimalne intervencije u ostalim aplikacijskim sučeljima. Arhitektura je neovisna o platformi i odvaja IEC komponente sučelja od ostalih aplikativnih komponenata. Na taj se način odvaja dizajn integracijske infrastrukture, koji ima dugi vijek trajanja, od tehnologije korištene za implementaciju, koja ima relativno puno kraći vijek trajanja.

□ **Referentni model sučelja;** Norma IEC 61968 prikazuje organizaciju elektrodistribucijske kompanije kao standardiziranu hijerarhijsku strukturu poslovnih funkcija, tzv. referentni model sučelja (*IRM, Interface Reference Model*) (slika 7). Počevši od vrha s glavnim funkcionalnim područjima, model dijeli svako od nabrojanih područja u podfunkcije koje se opet dijele sve do tzv. apstraktnih komponenata, koje kolektivno detaljno opisuju poslovanje elektrodistribucijske kompanije. Norma radije definira standardna sučelja između apstraktnih funkcionalnih kompone-



Slika 7. Preporučena strategija koordinacije standarda za elektrodistribucijske kompanije

nata nego između aplikacija, zbog toga što su aplikacije ovisne o isporučitelju i često se mijenjaju. Funkcionalno područje IRM-a je puno stabilnije pri definiranju toka informacija kroz elektrodistribucijsku kompaniju.

- **Modeli razmjene informacija;** Glavno područje norme IEC 61968 je koncept zajedničkog jezika (*Common Language*), kojeg koriste aplikacije koje sudjeluju u razmjeni informacija. Semantika tog jezika definirana je u logičkom modelu podataka koji se naziva zajednički informacijski model (*CIM, Common Information Model*). CIM ujednačava poglede, koje različite poslovne funkcije distribucijskog poduzeća imaju na imovinu, dokumentaciju, događaje, lokacije i ostalo, povezujući sve to u jedan model zajedničkih podataka. CIM daje osnove za razvoj praktičnog korporativnog modela razmjene informacija (*IEM, Information Exchange Models*), koji određuje kako integracijska infrastruktura prikazuje podatke jedne aplikacije drugoj. Neizbježna je prilagodba CIM-a svakom pojedinačnom poduzeću radi zadovoljavanja nekih specifičnih potreba.
- **Metodologija razvoja;** Proces, koji je razvila radna skupna 14 (WC 14) pri izradi norme IEC 61968, je korisna metodologija razvoja detaljnih zahtjeva na projekt integracije. Metodologija je orijentirana prema poslovnim procesima i koristi se pri izradi zahtjeva prema sučeljima iz početnog skupa definicija procesa.

#### 4.1. Zajednički model podataka (CIM – Common Information Model)

Zajednički model podataka CIM (eng. *Common Information Model*) je standard koji definira konzistentan model distribucijske mreže s razumljivim opisom podataka elemenata, događaja i procesa određenog sustava.

**Zajednički model podataka CIM** (eng. *Common Information Model*) predstavlja zajednički pogled podatke EMS-a (*Energy Management System*), na način kako ih vide kroz sučelja za pristup podacima (*Data Access Interface*) iz EMSAPI (*Energy Management System Application Program Interface*) referentnog modela. Definicije CIM-a sastoje se od razumljivog informacijskog modela, koji je neovisan od tehnologije i metoda koje se primjenjuju.

CIM je, radi lakšeg snalaženja, podijeljen u sljedeći broj podmodela ili paketa:

- **Osnovni model** (*Core Model*) opisuje osnovne klase CIM-a i njihove međuveze.
- **Model žica** (*Wires Model*) prikazuje fizičku opremu i definira kako je oprema spojena. Uključuje informacije o prijenosnoj i distribucijskoj opremi, vodovima i transformatorima, transformatorskim stanicama, srednjonaponskim izvodima, itd. Informacije iz

ovog modela koriste se za aplikacije poput proračuna tokova snaga, planiranja mreža i optimalnog uklopnog stanja.

- **Topološki model** (*Topology Model*) opisuje topološku povezanost elemente elektroenergetskog sustava. Topološki model se koristi za prikaz topološke povezanosti različitih dijelova vodljive opreme (*Conducting Equipment*).
- **SCADA model** (*Scada Model*) opisuje objekte kao što su mjerni uređaji, strujni i naponski transformatori i služi kao podrška u vođenju mreže, daljinskom očitavanju i prikupljanju podataka.
- **Model opterećenja** (*Load model*) daje modele za sve razine opterećenja od potrošača preko izvoda sve do zona potrošnje na razini sustava. Teret se modelira s vremenski promjenjivom krivuljom koja prikazuje utjecaj različitih sezona te radnih i neradnih dana. Također se mogu modelirati naponska i frekvencijska ovisnost o opterećenju.
- **Model mjerenja** (*Measurement Model*) opisuje entitete i njihove međusobne odnose koji postoje u sustavu mjerenja u elektroenergetskom sustavu.
- **Model ispada** (*Outage Model*) opisuje entitete kao što su prekidači, sklopne operacije, vodljiva oprema, plan ispada itd.
- **Model proizvodnje** (*Generation Model*) uključuje objekte i entitete koji postoje u proizvodnji električne energije, kao što su generatori, gorivo, temperaturne krivulje, itd.
- **Model zaštite** (*Protection Model*) opisuje opremu i entitete koji se koriste u zaštiti elektroenergetskog sustava.

CIM je definiran i održavan korištenjem skupa UML (*Unified Modeling Language*) dijagrama klasa. UML je objektno orijentirani jezik za modeliranje podataka, specifikiranje sustava, vizualizaciju i dokumentiranje pomoću dijagrama. UML razumiju i korisnici i programeri koji razrađuju sustav.

#### 4.2. Prošireni opisni jezik (XML – Extensible Markup Language)

**XML** koji ima veliku podršku proizvođača opreme za automatizaciju i kao takav je prerastao dominantnu tehnologiju za kodiranje strukturiranih dokumenata. **XML** je opisni jezik razvijen od **World Wide Web Consortium (W3C)** i standardiziran preporukama **W3C**. To je trenutačno odabrani format za podatke na razini dokumenata i razmjene podataka putem interneta ili mreža unutar poduzeća.

**XML** je predložen kao zajednički model razmjene podataka zasnovan na CIM (*Common Information Model*) definiciji podataka. **CIM-XML** format prolazi kroz proces IEC standardizacije i svi veći dobavljači sustava za upravljanje energetskim sustavima dali su podršku predloženom formatu.

### 4.3. Integracija aplikacija na razini poduzeća (EAI – Enterprise Application Integration)

Sama tehnologija međusobnog povezivanja unutar poduzeća u hardverskom smislu predstavlja manji problem od standardizacije međusobnog softverskog komuniciranja poslovnih aplikacija, kojih u pojedinom poduzeću može biti i više desetaka. Zbog toga se ovdje standardizira integracija aplikacija, propisivanjem semantičkih pravila, na temelju kojih se olakšava razvoj programskih sučelja između aplikacija i sabirnice podataka.

## 5. ZAKLJUČCI

### 5.1. Konsenzus

Potrebno je postići konsenzus zainteresiranih strana u HEP-u o pristupu i načinu integracije informatičke tehnologije i aplikacija. Bez toga, bilo kakav napor u integraciji IT osuđen je unaprijed na propast.

### 5.2. Stručni tim

Potrebno je oformiti stručni tim, koji bi se sastojao od priznatih eksperata, kako iz područja IT, tako i iz područja elektroenergetike i upravljanja distribucijskom mrežom. Također bi bilo potrebno koristiti iskustva vanjskih elektroprivrednih kompanija i konzultanata, koji su u procesu integracije IT dosegli višu razinu od HEP-a. Na taj bi se način izbjegle moguće zamke samostalnog razvoja i školovanja na vlastitim pogreškama, koje je obično vrlo skupo.

### 5.3. Zajednički model podataka (CIM)

Potrebno je na razini HEP Distribucije prihvatiti zajednički model podataka. Na raspolaganju je već razvijeni model podataka [2]. Postojeći model potrebno je eventualno nadopuniti, ukoliko postoje neke posebne potrebe. Postojeće nazive i međuveze trebalo bi preuzeti iz navedenog standarda, budući da će to biti polazišna točka razvoja baza podataka i računalskih aplikacija svjetskih isporučitelja programskih alata (ABB, Siemens, itd.).

### 5.4. Zajednička baza podataka distribucijske mreže

Efikasno, ali pomalo kruto rješavanje integracije podataka, bilo bi formiranje zajedničke baze podataka na razini HEP-a. Takav pristup doveo bi do sigurne standardizacije podataka. Bazu podataka trebalo bi napraviti na osnovi zajedničkog modela podataka, tzv. CIM. Za takvo rješenje, trebalo bi ukloniti otpore u samim DP-ovima, zanemariti postojeće baze podataka i sav trud koji je do sada u njih uložen. Na razvijenu zajedničku bazu podataka vezale bi se ostale aplikacije. Takvo rješenje također treba razmotriti sa svojim dobrim i lošim stranama. Dobre su strane to što se nudi stan-

dardizacija na razini HEP-a, dok su loše strane krutost i nemogućnost podešavanja, rad na novim verzijama i glomaznost čitavog projekta.

### 5.5. Integracija podataka pomoću XML sabirnice podataka

Rješenje koje se preporučuje normom IEC 61968 je integracija podataka putem XML sabirnice (Slika 6). Na taj način postiže se veća fleksibilnost sustava i uzimanje u obzir postojećih aplikacija u HEP-u. Aplikacije se integriraju pomoću sučelja prema poznatoj i unaprijed definiranoj strukturi podataka (zajedničkom modelu podataka CIM). Međusobna komunikacija obavlja se pomoću XML dokumenata i CIM XML strukture podataka. Na taj se način postiže veća fleksibilnost sustava uz standardiziranu strukturu podataka. Sve aplikacije povezane su s unaprijed poznatim sučeljima API (*Application Interface* [3]).

### 5.6. Katalog oznaka elektroenergetskih objekata

Bez obzira na to kakva će strategija integracije podataka i aplikacija biti prihvaćena, potrebno je razraditi način šifriranja (označavanja) elektroenergetskih objekata u HEP Distribuciji. Na taj način bi se izbjegla redundancija pojavljivanja istog sloga podataka u različitim bazama podataka.

### 5.7. Normiranje kataloških podataka elektroenergetske opreme

U bazama podataka i programskim aplikacijama često postoji potreba za kataloškim unosom pojedinih elemenata mreže. To su obično tipovi TS po načinu građenja, po instaliranoj opremi, po tipu objekta, tip transformatora, tip vodiča itd. Ukoliko katalozi nisu standardizirani na razini HEP Distribucije, kod izrade zbirnih izvješća dolazi do zbrke jer svaki DP ima svoj kataloški tip i nemoguće je napraviti zajedničko izvješće.

### 5.8. Poštovati topološku strukturu podataka o distribucijskoj mreži

Pri definiranju strukture baze podataka potrebno je voditi računa o topološkoj povezanosti elemenata distribucijske mreže. Baza podataka koja služi samo kao popis opreme elektrodistribucijske mreže ne zadovoljava potrebe proračuna, GIS-a, SCADA-e i ostalih aplikacija, koje zahtijevaju topologiju mreže.

### 5.9. Programi i aplikacije

Programi i aplikacije koji ne posjeduju vlastitu bazu podataka i koje podatke spremaju u neku zatvorenu strukturu nisu prihvatljivi u kontekstu kasnije integracije podataka. Takve aplikacije nemoguće je pomoću sučelja

uklopiti u integrirani sustav aplikacija. Potrebno je, dakle, da su podaci spremljeni u takvom obliku, koji omogućuje dvosmjernu komunikaciju, odnosno slobodan pristup do podataka. Struktura podataka treba biti jasno opisana.

### 5.10. Korištenje TCP/IP, Interneta i WEB tehnologije

Korištenje TCP/IP tehnologije svjetski je trend. U tom smislu treba podržati uporabu i izradu aplikacija, koje će se bazirati na aktivnim WEB stranicama. Prednosti su vrlo niski troškovi, budući da se licence ne moraju kupovati za svako računalo. Druga prednost je lako održavanje, zbog toga što nije potrebno ići od korisnika do korisnika, već je moguće prepravke obaviti samo na serveru. Treća prednost je standardan izgled aplikacije za sve korisnike, na taj način otpada privikavanje na različite tipove aplikacija i editora za unos podataka.

#### LITERATURA

- [1] WAGMANN, L., "Strategija integralnog povezivanja informatičkih sustava u distribuciji", Studija, EIHP, ZAGREB, 2002.
- [2] EC TC57 WG 13 *EMSAPI*, Energy Management System Application Program Interface, Document 1, Common Information Model (CIM), Version 1, December, 1996.
- [3] IEC TC 57, WG 14, System Interfaces For Distribution Management, Part 1: Interface Architecture And General Requirements, 1998.
- [4] WAGMANN, L., ŽUTOBRADIĆ, S., PUHARIĆ, M., KULIŠ, I.G., "Strategija automatizacije mreža 10(20) kV", Studija, EIHP, ZAGREB, 1999.
- [5] CARRE, O., SUTER, G., MACQUEEN, C., "Utility Application Integration Standards, Perspectives From Three Communities: Utility, Systems Vendors And Systems Integrator", Distributech 2001, Berlin.
- [6] ANGENEND, M., PFEIFER, G., KÖNIG, S., TÜRKUCAR, T., "Case Study: Development Of An It Integration Strategy For A German Distribution Network Company", Distributech 2001, Berlin.
- [7] CIRIC, R, NOURI, H., "Emerge Of Dms Power Application As A Tool In De-Regulated Industry". Distributech 2001, Berlin.
- [8] APOSTOLOV, A., "Distribution Substation Protection Monitoring And Control Systems With Web Browser Based Remote Interface", Distributech 2001, Berlin.
- [9] RIGNEY, M., "Building The Integration Puzzle-Piece By Piece", Distributech 2001, Berlin.
- [10] BECKER, D., FALK, H., GILLERMAN, R., MAUSER S., PODMORE R., SCHNEBERGER L., "Standards Based Approach Integrates Utility Applications", IEEE Computer Applications In Power, October 2000.
- [11] WANG, X., NEUMANN, S., SHULZ, N. Z., "CIM XML for the IEEE Radial Distribution Test Feeders", June, 2001.
- [12] PODMORE, R., ROBINSON, M., "Introduction to CIM", November, Incremental Systems, PowerData corp., 2000.
- [13] LONSKI, T., HELMER, T., "Database Integration Criteria and Techniques", Utility Automation, November/December, 1997.
- [14] HOFMANN, S., "The Benefits of Integrating Information Systems Across the Energy Enterprise", EPRI report, December, 2000.
- [15] VOS, A., WIDERGREN, S. E., ZHU, J., "XML For CIM Model Exchange", IEEE conference for Power Industry Computer Applications, PICA 2001, Sidney.

### STRATEGY OF THE DISTRIBUTION NETWORK DATA INTEGRATION BASED ON IEC STANDARDS

Orderly management and availability of the distribution network data plays an important role in general operation as well as in network control. Lack of data and unavailability of certain statistical data makes the decision process slower and leads to incorrect decisions. Data are often collected ad hoc for different purposes. The need for data often comes independently one from another so that the same data are collected more times. During the development of information technology within electric distributions, in Croatia and in the world, there was no norm that could at least on the logical and data level lead to a certain uniformity of data structure. Recently, the International Commission for Electrical Engineering (IEC), technical committee 57(TC57), work group (WG14) developed a series of standards IEC 61968, that create the framework for integration of data based on standards.

### AUF IEC-NORMEN BERUHENDE VORGEHEN DER ZUSAMMENSCHLISSUNG DER VERTEILUNGSNETZDATEN

Regelmäßiges Aufschreiben der Verteilungsnetzdata und deren Zugänglichkeit spielen eine wichtige Rolle sowohl im allgemeinen Geschäftsgang, als auch in der Netzführung. Der Datenmangel und damit verursachte Unmöglichkeit gewisser statistischer Bearbeitungen verlangsamen den Entscheidungsprozess und führen zu unsachgemässen Entscheidungen. Daten werden oft gelegentlich und für verschiedene Zwecke aufgeschrieben. Gelegentliche Verlangen von Daten erfolgen voneinander unabhängig, so daß dieselben Daten wiederholt mehrmals angesammelt werden. Im Laufe der Entwicklung informatischer Unterstützung der Stromverteilungstätigkeit besteht -weder in Kroatien noch anderswo- keine gleichgestaltete Struktur der Daten, Für die Zusammenschliessung der Verteilungsnetzdaten bietet die Arbeitsgruppe 14 (WG -Working Group 14) des Technischen Ausschusses 57 (TC -Technical Comitée 57) der Internationalen elektrotechnischen Kommission (IEC - International Electrotechnical Commission), einen normierten Rahmen an, und zwar auf Grund einer entwickelter Reihe der IEC-Normen 61986.

Naslov pisaca:

**Mr. sc. Lahorko Waggmann, dipl. ing.  
dr. sc. Srdan Žutobradić, dipl. ing.  
Institut "Hrvoje Požar"  
Savska cesta 163,  
10000 Zagreb, Hrvatska**

Uredništvo primilo rukopis:  
2004 – 02 – 17.



# MINIMIZIRANJE GUBITAKA DJELATNE SNAGE NEWTONOVOM METODOM NA PRIMJERU HRVATSKOG EES-a

Mr. sc. Tomislav Plavšić – mr. sc. Vladimir Grujić – dr. sc. Igor Kuzle, Zagreb

UDK 621.315.05:621.3.016.2  
PRETHODNO PRIOPĆENJE

U radu je opisan problem optimalnih tokova snaga s naglaskom na minimiziranje gubitaka djelatne snage. Predloženo je rješavanje problema Newtonovom metodom, tehnikom nelinearnog optimiranja s ograničenjima. Opisana metoda ispitana je na modelu prijenosne mreže Hrvatske. Za ulazne podatke proračuna korišteni su stvarni podaci. Rezultati su pokazali opravdanost optimiranja tokova snaga radi ekonomičnog upravljanja prijenosnom mrežom te održavanja sigurne razine napona u sustavu.

**Ključne riječi:** optimalni tokovi snaga, Newtonova metoda, upravljanje elektroenergetskim sustavom.

## 1. UVOD

Zbog rastućih potreba za električnom energijom te različitih zapreka koje se javljaju pri proširenju postojećih prijenosnih elektroenergetskih mreža, uz razvitak tržišta električne energije i intenziviranje tranzitnih tokova električne energije, suvremeni elektroenergetski sustavi (EES) rade sve bliže i bliže svojim pogonskim ograničenjima. Tokovi snaga po interkonekcijskoj prijenosnoj mreži postaju sve veći i dinamičniji, uzrokujući zagušenja, neželjene tokove i povećane gubitke, utječući tako na sigurnost opskrbe te ekonomičnost prijenosa električne energije.

Osim osiguranja stabilnog rada elektroenergetskog sustava održavanjem frekvencije, operator elektroenergetskog sustava osigurava kvalitetu električne energije i sigurnost opskrbe potrošača održavanjem vrijednosti napona u čvorištima mreže unutar dozvoljenih ograničenja. Predmetni je zahtjev moguće ispuniti preraspodjelom proizvodnje i tokova jalove snage upravljajući automatskim regulatorima napona generatora i regulacijskim sklopkama transformatora s mogućnošću promjene prijenosnog omjera pod opterećenjem (engl. Under-Load Tap Changer – ULTC), te kompenzacijskim uređajima. Optimiranjem raspodjele tokova jalove snage moguće je postići minimiziranje gubitaka djelatne snage pri prijenosu električne energije uz očuvanje sigurne razine napona u elektroenergetskom sustavu.

Problem optimalnih tokova snaga (OTS) predstavljen je još 1962. godine [1]. Pravi razvoj optimalnih tokova snaga započeo je istraživanjima Dommela i Tinneya iz 1968. godine [2, 3], koji su razvili nelinearnu gradijentnu optimizacijsku metodu za određivanje optimal-

nih tokova snaga uz korištenje Kuhn-Tuckerovih uvjeta za optimalnost rješenja. Teorija rijetkih matrica [4] dodatno unaprjeđuje algoritme, a sredinom 80-ih i početkom 90-ih godina značajni rezultati postižu se primjenom nelinearnih optimizacijskih tehnika, točnije Newtonovom metodom [8, 9]. U novije vrijeme sve se više primjenjuje metoda unutarnje točke (engl. interior point method) [10, 11]. U [12] problem optimalnih tokova snaga uspješno je primijenjen na modelu EES-a Ontario Hydro s 381 čvorištem, a u [13] uspješnost proračuna dokazana je na primjeru Tajvanskog elektroenergetskog sustava, s 217 čvorišta, 27 generatora i 65 ULTC transformatora.

Do današnjih dana optimalni tokovi snaga ne samo da nisu izgubili svoju važnost već postaju sve zanimljiviji zbog moguće primjene pri vođenju sustava u stvarnom vremenu [14, 15] koju je omogućio razvoj računalne tehnologije i primjena novih matematičkih algoritama. U novom, liberaliziranom okruženju sve je značajnije višekriterijsko optimiranje [16, 17] koje u sebi istodobno uključuje i ekonomske i sigurnosne kriterije. Osim minimiziranja gubitaka djelatne snage i očuvanja sigurne razine napona u sustavu optimalni tokovi snaga sve se češće koriste i za izračun raspoložive prijenosne moći (engl. available transfer capacity – ATC) prekograničnih vodova, upravljanje zagušenjima na prekograničnim i unutarnjim vodovima, određivanja cijene jalove energije, određivanje cijene korištenja prijenosne mreže ili dodatnih usluga sustava.

U članku je opisan klasičan problem optimalnih tokova snaga te je dan detaljan opis rješavanja problema minimiziranja gubitaka djelatne snage primjenom Newtonove metode. U nastavku su dani numerički rezultati

minimiziranja gubitaka djelatne snage Newtonovom metodom na modelu prijenosne mreže Hrvatske uz uključanje novoizgrađenih objekata TS Ernestinovo 400/110 kV i TS Žerjavinec 400/220/110 kV, te 400 kV poteza kroz BIH unutar modela. Za ulazne podatke proračuna (proizvodnja djelatne i jalove snage elektrana, opterećenja djelatnom i jalovom snagom u svim čvorištima mreže, postavke regulacijskih sklopki ULTC transformatora) korišteni su stvarni podaci iz EES-a Hrvatske. Podaci su preuzeti na temelju snimke stvarnog stanja u 10:30 sati, za karakterističnu srijedu u srpnju 2003., te siječnju 2004.

## 2. PRORAČUN OPTIMALNIH TOKOVA SNAGA

Svrha proračuna optimalnih tokova snaga je određivanje vrijednosti upravljačkih varijabli kako bi se postigao optimalan pogon EES-a, vodeći pri tome računa o očuvanju pogonske sigurnosti EES-a. Optimalan pogon EES-a određen je nekim kriterijem, odnosno funkcijom cilja, uz obvezatno uvažavanje pogonskih ograničenja kao što su minimalna i maksimalna dozvoljena proizvodnja djelatne i jalove snage generatora, maksimalna dozvoljena opterećenja vodova i transformatora te dozvoljena odstupanja vrijednosti napona u čvorištima sustava. Da bi se postiglo rješenje proračun upravlja proizvodnim jedinicama te elementima prijenosnog sustava kao što su transformatori s uzdužnom i/ili poprečnom regulacijom, kompenzacijski uređaji, te različiti FACTS (eng. Flexible AC Transmission System) uređaji. Rješenje proračuna optimalnih tokova snaga uvijek se odnosi na stacionarno pogonsko stanje EES-a, tj. ne razmatra se dinamika sustava i mogući utjecaj prijelazne stabilnosti na sigurnost sustava.

Problem određivanja optimalnih tokova snaga može se matematički formulirati na sljedeći način:

$$\begin{array}{ll} \text{minimizirati skalarnu funkciju cilja} & F(x, u) \\ \text{uz uvjete} & g(x, u) = 0 \\ \text{i} & h(x, u) \geq 0 \end{array}$$

gdje je  $x$  vektor varijabli stanja, a  $u$  vektor upravljačkih varijabli.

Kriterij optimizacije  $F(x, u)$  najčešće je ekonomskog karaktera (npr. minimalni troškovi proizvodnje proizvodnih jedinica ili minimalni gubici djelatne snage), ali može biti i sigurnosnog (maksimiziranje udaljenosti od točke sloma napona, očuvanje stabilnosti sustava uz minimalan broj upravljačkih zahvata ili minimalno potrebno rasterećenje sustava, minimalno narušavanje pogonskih ograničenja), [14].

Skup jednakosti  $g(x, u)$  predstavljaju jednadžbe ravnoteže djelatne, odnosno jalove snage u svakom od čvorišta mreže:

$$P_{Gk} - P_{Lk} - U_k \sum_{m=1}^n [U_m (G_{km} \cos \theta_{km} + B_{km} \sin \theta_{km})] = 0 \quad (1)$$

$$Q_{Gk} - Q_{Lk} - U_k \sum_{m=1}^n [U_m (G_{km} \sin \theta_{km} - B_{km} \cos \theta_{km})] = 0 \quad (2)$$

gdje je  $U$  apsolutna vrijednost napona,  $\theta$  kut napona,  $G$  konduktancija,  $B$  susceptancija,  $P_{Gk}$  proizvodnja djelatne snage u čvorištu  $k$ ,  $Q_{Gk}$  proizvodnja jalove snage u čvorištu  $k$ ,  $P_{Lk}$  potrošnja djelatne snage u čvorištu  $k$ ,  $Q_{Lk}$  potrošnja jalove snage u čvorištu  $k$ .

Skup nejednakosti  $h(x, u)$  odnosi se na fizikalna i pogonska ograničenja koja je potrebno uvažiti kako bi rezultat proračuna OTS imao praktičnog smisla. Ograničenja tipa nejednakosti dijele se u tri osnovne grupe:

1. ograničenja proizvodnje djelatne i jalove snage generatorskih jedinica
2. ograničenja varijabli, npr. ograničenja napona u čvorištima mreže, ograničenja kuta napona, ograničenja prijenosnih omjera regulacijskih transformatora, itd.
3. ograničenja funkcija varijabli, npr. ograničenja tokova snaga po vodovima, ograničenja snaga razmjene, itd.

U stacionarnim pogonskim stanjima tokovi djelatne snage  $P$  tijesno su povezani s kutevima napona  $q$ , dok su tokovi jalove snage  $Q$  tijesno povezani s iznosima napona čvorišta  $U$ . Međusoban utjecaj  $P$ - $\theta$  i  $Q$ - $U$  skupova varijabli je pri tome vrlo slab. Stoga se ovi skupovi varijabli mogu promatrati odvojeno, te se govori o  $P$ - $\theta$ , odnosno o  $Q$ - $U$  pod problemu. Takav se pristup još naziva neulančeni ili razdvojeni (eng. *decoupled*). U literaturi je razdvojeni pristup vrlo često korišten pri rješavanju problema OTS, [7, 8, 14].

Podjelom sustava na  $P$ - $\theta$ , odnosno  $Q$ - $U$  podsustav, dolazi i do podjele upravljačkih i varijabli stanja, te ograničenja. Proračun OTS određuje vrijednosti  $P$ - $\theta$  upravljačkih varijabli minimiziranjem funkcije  $P$ - $\theta$  varijabli uz zadovoljenje  $P$ - $\theta$  ograničenja. Tijekom optimizacije  $Q$ - $U$  varijable su konstantne, izuzev napona onih generatorskih čvorišta čiji su generatori dosegili donje ili gornje ograničenje proizvodnje jalove snage. Na jednak se način izvodi proračun optimalnih tokova jalove snage. Upravljačke varijable i ograničenja mogu se podijeliti na sljedeći način:

*$P$ - $\theta$  upravljačke varijable:* proizvodnja djelatne snage generatorskih jedinica, snage razmjene, podešenja transformatora s mogućnošću promjene kuta (eng. phase shifter), tokovi djelatne snage HVDC (eng. High Voltage DC) vodova, rasterećenje sustava

*$Q$ - $U$  upravljačke varijable:* naponi generatorskih čvorišta, proizvodnja jalove snage sinkronih kompenzatora i statičkih VAR sustava, postavke kondenzatorskih baterija, položaj regulacijske sklopke ULTC transformatora



*P-θ ograničenja:* ograničenja *P-θ* upravljačkih varijabli, kut napona između određenih čvorišta, tokovi djelatne snage po vodovima, pričuva djelatne snage, tokovi djelatne snage razmjene, proizvodnja djelatne snage određenog područja

*Q-U ograničenja:* ograničenja *Q-U* upravljačkih varijabli, vrijednost napona čvorišta, proizvodnja jalove snage, tokovi jalove snage po vodovima, pričuva jalove snage, tokovi jalove snage razmjene.

Više je prednosti korištenja ulančenog pristupa proračuna OTS, [14]:

- znatno povećanje računске učinkovitosti proračuna,
- mogućnost korištenja različitih optimizacijskih algoritama za rješavanje *P-θ* odnosno *Q-U* podproblema,
- mogućnost određivanja različite frekvencije izvođenja proračuna pri on-line primjeni optimalnih tokova snaga. *P-θ* upravljačke varijable potrebno je češće namještati kako bi se zadovoljili ekonomski kriteriji, dok se *Q-U* upravljačke varijable namještaju rjeđe, kako bi se osigurao siguran pogon uz zadovoljenje zadanog kriterija nakon određene promjene u sustavu.

Istodobno namještanje *P-θ* i *Q-U* upravljačkih varijabli naziva se “cjeloviti” proračun OTS. Tijekom poremećenih pogonskih stanja i stanja oporavka, gdje je potrebna raspodjela tokova snaga velikih razmjera, cjeloviti proračun OTS može biti nužan, kao i kod EES-a kod kojih je znatnije izražen međusobni utjecaj *P-θ* i *Q-U* varijabli.

### 3. MINIMIZIRANJE GUBITAKA DJELATNE SNAGE NEWTONOVOM METODOM

Dok se optimalna raspodjela djelatnih snaga po elektranama, a time i optimalna raspodjela tokova snaga po mreži, izvodi prema ekonomskim kriterijima, za optimalnu raspodjelu jalove snage po izvorima jalove snage u sustavu, te preraspodjelu tokova jalove snage ULTC transformatorima, mogu se postaviti sljedeći kriteriji:

- očuvanje sigurne razine napona u sustavu što ujednačenijim naponima u svim čvorištima mreže unutar dozvoljenih ograničenja i
- minimiziranje gubitaka djelatne snage.

Primjenom kriterija minimalnih gubitaka uz uvažavanje odgovarajućih naponskih ograničenja oba navedena kriterija su zadovoljena.

Rješavanje problema OTS primjenom Newtonove metode predstavlja problem nelinearne optimizacije uz ograničenja (eng. non-linear constrained optimization) te zahtijeva oblikovanje Lagrangeove funkcije  $L(z)$ , [8, 9]:

$$L(z) = F(y) + \lambda^T g(y) + \mu^T h(y) \quad (3)$$

gdje je  $y = [x \ u]$ ,  $z = [y \ \lambda \ \mu]$ ,  $l$  i  $m$  su vektori Lagrangeovih množitelja.

Vrijednosti vektora  $y$ ,  $\lambda$  i  $\mu$  određuju se iteracijskim postupkom rješavanjem matrične jednadžbe:

$$H(z) \times \Delta z = -G(z) \quad (4)$$

$G$  je gradijentni vektor prvih parcijalnih derivacija Lagrangeove funkcije po elementima vektora  $z$ :

$$G = \nabla L(z) = \begin{bmatrix} \nabla L_y \\ \nabla L_\lambda \\ \nabla L_\mu \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial L}{\partial y} \\ \frac{\partial L}{\partial \lambda} \\ \frac{\partial L}{\partial \mu} \end{bmatrix} \quad (5)$$

Matrica drugih parcijalnih derivacija Lagrangeove funkcije po elementima vektora  $z$  naziva se Hessianova matrica  $H$ :

$$H = \nabla^2 L(z) = \begin{bmatrix} \frac{\partial^2 L(z)}{\partial y_i \partial y_j} & \frac{\partial^2 L(z)}{\partial y_i \partial \lambda_j} & \frac{\partial^2 L(z)}{\partial y_i \partial \mu_j} \\ \frac{\partial^2 L(z)}{\partial \lambda_i \partial y_j} & 0 & 0 \\ \frac{\partial^2 L(z)}{\partial \mu_i \partial y_j} & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (6)$$

$$i = 1, \dots, N + M; j = 1, \dots, N + M$$

Dimenzija Hessianove matrice je  $(N+M) \times (N+M)$ , gdje je  $N$  broj upravljačkih varijabli i varijabli stanja, a  $M$  broj Lagrangeovih množitelja. Uočljiva je rijetkost Hessianove matrice te je pri rješavanju jednadžbe (4) nužno koristiti tehnike za upravljanje rijetkim matricama, [4].

Kuhn-Tuckerov teorem daje nužne uvjete za optimalnost rješenja:

$$\nabla_y L(z^*) = 0;$$

$$\nabla_\lambda L(z^*) = 0;$$

$$\nabla_\mu L(z^*) = 0;$$

$$\mu_i^* \geq 0 \text{ ako je } h(y^*) = 0 \text{ (ograničenje je aktivno),}$$

$$\mu_i^* = 0 \text{ ako je } h(y^*) \leq 0 \text{ (ograničenje nije aktivno),}$$

$$\lambda_i^* = \text{Realno,}$$

gdje je  $z^* = [y^* \ \lambda^* \ \mu^*]$  optimalno rješenje.

Tok postupka rješavanja optimizacijskog problema Newtonovom metodom je sljedeći:

1. Određivanje početnih vrijednosti elemenata vektora  $z$  (elementi vektora  $y$  mogu biti jednaki kao kod klasič-

nog proračuna tokova snaga, a vrijednosti Lagrangeovih množitelja mogu biti 0) i početnih aktivnih ograničenja,

2. oblikovanje Lagrangeove funkcije  $L(z)$  na temelju danih aktivnih ograničenja,
3. proračun prvih i drugih parcijalnih derivacija Lagrangeove funkcije po elementima vektora  $z$ , oblikovanje Hessianove matrice  $H$  i gradijentnog vektora  $G$ ,
4. rješavanje matrične jednadžbe  $H(z) \times \Delta z = -g(z)$  po  $\Delta z$ ,
5.  $z^{k+1} = z^k + \Delta z$ ,
6. provjera ispunjenosti Kuhn-Tuckerovih nužnih uvjeta optimalnosti; ako nisu ispunjeni - povratak na korak 3,
7. provjera ispravnosti aktiviranih ograničenja; ako su sva ograničenja ispravno aktivirana problem je riješen; ako ne – izvesti aktiviranje, odnosno deaktiviranje, potrebnih ograničenja, povratak na korak 2.

Lagrangeova funkcija uključuje samo ona ograničenja tipa nejednakosti koja su trenutno aktivna. Ograničenje određene varijable, upravljačke ili varijable stanja, aktivno je u slučaju da varijabla tijekom proračuna dosegne minimalnu ili maksimalnu vrijednost. Dok je ograničenje aktivno predznak pripadajućeg Lagrangeovog množitelja određuje da li je daljnje aktiviranje ograničenja nužno. Lagrangeov množitelj može se definirati kao negativna vrijednost derivacije funkcije cilja po ograničenju kojem je pridružen [8]. Ako je predznak pozitivan daljnje će nametanje ograničenja dovesti do smanjivanja vrijednosti funkcije cilja, te ograničenje ostaje aktivno. Ako je predznak negativan daljnje nametanje ograničenja uzrokovat će povećanje vrijednosti funkcije cilja, te ga je potrebno deaktivirati.

Jedan od problema koji se može javiti pri izvođenju optimizacijskog proračuna Newtonovom metodom je nepostojanje prihvatljivog rješenja, što kod proračuna optimalnih tokova snaga znači da takvo rješenje pogonski nije moguće ostvariti. Razlog tomu najčešće je preveliki broj nametnutih ograničenja, što dovodi do toga da ne postoji prihvatljivo rješenje koje zadovoljava sva nametnuta ograničenja. Drugi se problem javlja kada je, npr., aktivirano ograničenje vrijednosti napona u nekom čvorištu. Takav uvjet utječe na promjenu vrijednosti napona u okolnim čvorištima. Istodobno aktiviranje ograničenja vrijednosti napona u više susjednih čvorišta ima za posljedicu isprekidane tokove snaga, a time i divergenciju proračuna.

Opisane probleme moguće je riješiti korištenjem mekih ograničenja. Meko ograničenje znači da ograničenje nije varijabli u potpunosti nametnuto već je dopuštena određena tolerancija oko granične vrijednosti. Takvo se ograničavanje varijable postiže dodavanjem tzv. "kaznene" funkcije (eng. *penalty function*) funkciji cilja. Vrijednost kaznene funkcije je mala kada je vrijednost varijable blizu vrijednosti ograničenja, a raste velikom

brzinom kako se vrijednost varijable udaljava od vrijednosti ograničenja u neželjenom smjeru. Kaznena funkcija može biti linearna ili kvadratna. Linearna kaznena funkcija (eng. *linear penalty function*) ima sljedeći oblik:

$$PF = k \cdot (\max(0, x - x_{MAX}) - \min(0, x - x_{MIN})) \quad (7)$$

gdje je  $y$  varijabla, a  $k$  težinski koeficijent koji određuje mekoću ograničenja. Za velike vrijednosti faktora  $k$  kaznena funkcija ponaša se kao čvrsto ograničenje. U literaturi faktor  $k$  često se naziva i faktor penaliziranja [14]. Kvadratna kaznena funkcija (eng. *quadratic penalty function*) ima oblik:

$$PF = k \cdot \left( y - \frac{(y_{MIN} + y_{MAX})}{2} \right)^2 \quad (8)$$

Kaznenu funkciju moguće je primijeniti na pogonski ograničene varijable (npr. napon čvorišta), dok su fizikalna ograničenja varijabli (npr. regulacijski opseg transformatora ili proizvodnja jalove snage generatora) uvijek čvrsta.

Problem minimiziranja gubitaka djelatne snage primjenom Newtonove metode, optimiranjem tokova jalove snage (razdvojeni pristup), matematički je formuliran na sljedeći način:

*funkcija cilja minimiziranja gubitaka djelatne snage*

$$F(x, u) = P_{GUB} = \sum_i^n \sum_j^n U_i U_j G_{ij} \cos \theta_{ij} \quad (9)$$

gdje  $P_{GUB}$  označava gubitke djelatne snage sustava.

*ograničenja tipa jednakosti*

$$g_i(x, u) = \left( \begin{array}{l} -U_i^2 B_{ii} + U_i \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n U_j (G_{ij} \sin \theta_{ij} - B_{ij} \cos \theta_{ij}) \\ -Q_{Gi} + Q_{Li} \end{array} \right) = 0 \quad (10)$$

*ograničenja tipa nejednakosti*

1. Ograničenje proizvodnje/potrošnje jalove snage generatora

$$Q_{GiMIN} < Q_{Gi} < Q_{GiMAX} \quad (11)$$

gdje je  $Q_G$  jalova snaga koja se proizvodi/troši u generatoru

## 2. Ograničenje vrijednosti napona u čvorištima mreže

$$U_{iMIN} < U_i < U_{iMAX} \quad (12)$$

gdje je  $U_i$  apsolutna vrijednost napona u čvorištu  $i$

## 3. Ograničenje regulacijskog opsega ULTC transformatora

$$t_{ijMIN} < t_{ij} < t_{ijMAX} \quad (13)$$

gdje je  $t$  prijenosni omjer ULTC transformatora

## 4. Ograničenje prijenosne moći vodova

$$|S_{ij}|^2 - |S_{ijMAX}|^2 \leq 0 \quad (14)$$

gdje je  $S_{ij}$  prividna snaga koja teče vodom između čvorišta mreže  $i$  i  $j$

Varijable stanja su naponi PQ čvorišta (potrošačka čvorišta), a upravljačke varijable naponi PV čvorišta (čvorišta s proizvodnjom) te prijenosni omjeri ULTC transformatora.

Newtonova metoda je vrlo učinkovit matematički algoritam i često korišten u literaturi [8, 9, 12], prvenstveno radi brze konvergencije u okolici rješenja. To je svojstvo posebno značajno kod proračuna optimalnih tokova snaga jer je jednostavno postaviti početne uvjete koji će biti blizu rješenju. Naponi čvorišta postavljaju se na nazivnu vrijednost, proizvodnju jalove snage generatora moguće je procijeniti, a prijenosni omjeri regulacijskih transformatora postavljaju se oko 1.0 p.u. Dodatne značajke su neovisnost vremena izvođenja proračuna i memorijskih zahtjeva o broju upravljačkih varijabli i broju ograničenja, primjenjivost na osnovne tipove optimizacije u EES-u (minimalni troškovi proizvodnje, optimalna raspodjela djelatne odnosno jalove tokova snaga) te nepotrebnost intervencije korisnika tijekom izvođenja proračuna. Korištenje ulančenog pristupa zadovoljava u najvećem broju slučajeva.

Nedostatak metode predstavlja nepostojanje sustavnog postupka određivanja skupa aktivnih ograničenja. U slučaju ispravno određenog skupa aktivnih ograničenja Newtonova metoda konvergiraće vrlo brzo. Ipak, skup aktivnih ograničenja nije unaprijed poznat te je potrebno koristiti određene heurističke metode za njegovo određivanje. Vrlo često se koriste tzv. probne iteracije (eng. *trial iterations*) između glavnih iteracija proračuna. Meko ograničavanje funkcija varijabli korištenjem kaznene funkcije nije preporučljivo.

U literaturi se preporučuje korištenje Newtonove metode kod minimiziranja gubitaka djelatne snage optimalnom raspodjelom tokova jalove snage [14]. Ovaj se tip optimizacije smatra vrlo problematičnim, prvenstveno zbog velikog broja ograničenja koje treba uvažiti, uz nepromjenjivu proizvodnju djelatne snage. Preporu-

ka je da se u proračunu teži lokalnom minimumu, a nika-ko globalnom, koji za posljedicu može imati preopsežnu raspodjelu tokova jalovih snaga i time ugrožavanje sigurnosti pogona EES-a.

## 4. NUMERIČKI REZULTATI

Opisani algoritam minimiziranja gubitaka djelatne snage Newtonovom metodom ispitan je na modelu prijenosne mreže Hrvatske, s ukupno 143 čvorišta. Proizvodnja elektrana, opterećenja djelatnom i jalovom snagom u svim čvorištima mreže, te postavke regulacijskih sklopki transformatora s regulacijom pod opterećenjem preuzeti su na temelju snimke stvarnog stanja u EES-u Hrvatske u 10:30 (karakteristično vrijeme prema UCTE), za dvije karakteristične (treće) srijede, jednu u ljetnom razdoblju 2003. godine, 16. 7. 2003., a drugu u zimskom razdoblju 2004. godine, 21. 1. 2004. Razlika korištenog modela u odnosu na preuzeto stvarno stanje EES-a Hrvatske je uvrštenje novoizgrađenih objekata TS Ernestinovo 400/110 kV i TS Žerjavinec 400/220/110 kV, te 400 kV poteza kroz BIH unutar modela, slika 1. Računati gubici djelatne snage ne uključuju gubitke na transformatorima 110/x kV jer isti nisu obuhvaćeni modelom.

Proračuni su izvedeni korištenjem profesionalnog programskog paketa PSS/E. Granične vrijednosti napona u čvorištima mreža postavljene su sukladno propisanim ograničenjima [18]. Za ograničavanje vrijednosti napona u čvorištima korištene su linearna i kvadratna kaznena funkcija. Proračuni su napravljeni uz tri različita faktora penaliziranja ( $k$ ) za svaku od kaznenih funkcija te je dana usporedba dobivenih vrijednosti, tablica 5. Korištena su stvarna termička ograničenja vodova, te stvarna ograničenja proizvodnje jalove snage elektrana i regulacijskog opsega transformatora s regulacijom pod opterećenjem.

Za karakterističnu srijedu 16.7.2003., u 10:30, uz ukupno opterećenje sustava od 1731 MW, smanjenje gubitaka djelatne snage dano je u tablici 5. Najveće smanjenje gubitaka dobiveno je, očekivano, uz najmekša ograničenja (linearna kaznena funkcija, faktor penaliziranja = 1). Pri tome su proračunata optimalna podešenja primarnih regulatora napona na generatorima u pogonu te optimalna podešenja regulacijskih preklopki transformatora s regulacijom pod opterećenjem. U tablici 1 dana je usporedba napona i jalove snage u čvorištima angažiranih elektrana prije i nakon optimizacije, a u tablici 2 dana je usporedba prijenosnog omjera te opterećenja transformatora s regulacijom pod opterećenjem prije i nakon optimizacije. U tablici 1 pozitivna vrijednost jalove snage označava proizvodnju, a negativna vrijednost potrošnju jalove snage generatora. Primjetan je izraziti kapacitivni rad generatora čemu su razlog slabo opterećeni vodovi (posebno 400 kV DV Žerjavinec – Ernestinovo) koji pri tome generiraju znatnu količinu jalove snage. Iako nije realno za očekivati ovakav režim rada generatora važno je uočiti promjenu



Slika 1. Prikaz modela prijenosne mreže Hrvatske s okruženjem korištenog u proračunu

produkcije/potrošnje jalove snage generatora kao rezultata optimiranja. U tablici 2 pozitivna vrijednost jalove snage označava smjer energije od višeg ka nižem naponu, a negativna vrijednost smjer energije od nižeg ka višem naponu.

Budući da je bitan uvjet pri optimiranju tokova jalove snage očuvanje sigurne razine napona u sustavu postavljanjem ograničenja na vrijednosti napona u čvorištima mreže, usporedba naponskog profila u mreži prije i na-

kon optimizacije nužna je za konačnu ocjenu uspješnosti proračuna. Korištenje mekših ograničenja napona (linearna kaznena funkcija), uz faktor penaliziranja 1, za posljedicu ima manje gubitke u mreži, ali povećanu razinu napona, slika 2, u odnosu na korištenje čvršćih ograničenja (kvadratna kaznena funkcija), slika 3. Iz slika je vidljivo da je proračun održao zadovoljavajuću razinu napona u mreži, čak vrlo sličnu stanju prije optimizacije.

**Tablica 1. Usporedba napona i jalove snage u čvorištima angažiranih elektrana prije i nakon optimizacije za karakterističnu srijedu 16. 7. 2003., uz linearno ograničenje napona ( $k=1$ )**

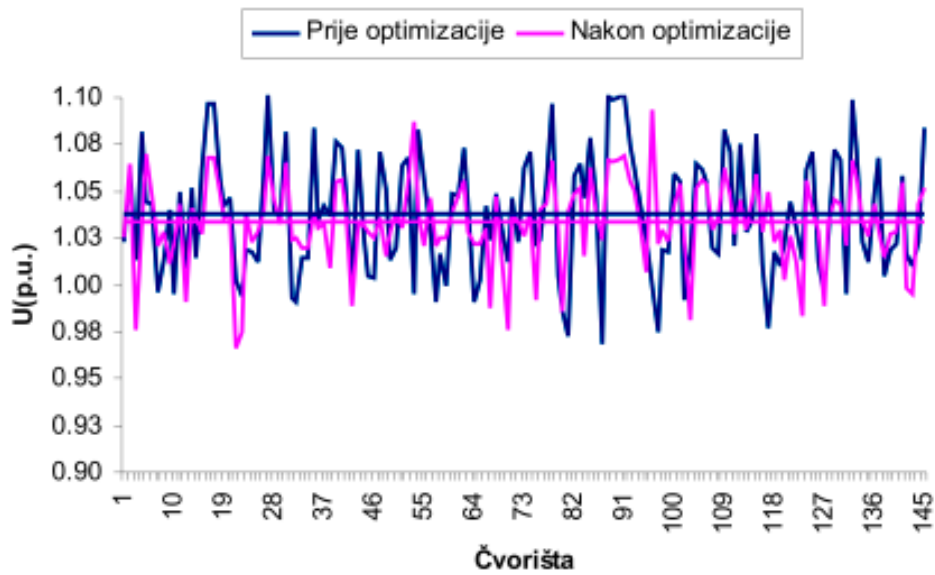
Elektrana	Proizvodnja	Početno stanje		Optimalno stanje		$\Delta Q$
		U	Q	U	Q	
	MW	kV	Mvar	kV	Mvar	Mvar
HE SENJ 220kV	70	228.14	-3.70	222.05	-29.30	-25.60
HE ORLOVAC	50	238.49	0.00	228.67	1.20	1.20
HE PERUČA	37	113.86	16.00	113.38	-6.37	-22.37
HE ZAKUČAC 110kV	165	112.78	-30.00	113.51	-28.00	2.00
HE DUBROVNIK	100	110.00	2.00	120.30	17.51	15.51
HE ČAKOVEC	41	109.23	-14.24	112.64	1.19	15.43
HE VARAŽDIN	78	110.55	30.00	113.08	12.79	-17.21
HE DUBRAVA	40	109.00	-14.15	112.81	1.36	15.51
TE JERTOVEC	60	112.20	-5.10	114.30	-7.95	-2.85
PTE OSIJEK	20	120.90	-10.00	117.21	-8.85	1.15
TE RIJEKA	285	226.80	26.50	222.64	-40.78	-67.28
TE PLOMIN 2	215	224.80	42.37	220.66	32.47	-9.90
TE SISAK 2	117	222.90	19.70	216.28	-14.80	-34.50
EL-TO	21	111.40	-10.50	113.15	16.35	26.85
TE-TO	174	111.10	-92.15	113.26	-39.00	53.15
NE KRŠKO	586	394.80	-195.10	394.32	-104.30	90.80

**Tablica 2. Usporedba prijenosnog omjera i opterećenja ULTC transformatora prije i nakon optimizacije za karakterističnu srijedu 16. 7. 2003., uz linearno ograničenje napona ( $k=1$ )**

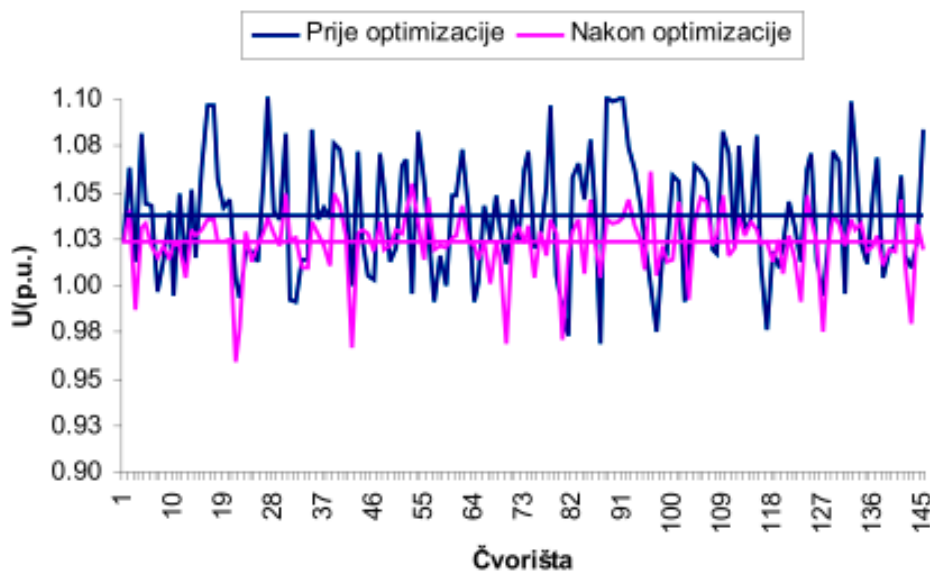
Postrojenje	Početno stanje					Optimalno stanje					Promjena prijenosnog omjera
	$U_1$	$U_2$	Opterećenje		Prij. omjer ( $U_1/U_2$ )	$U_1$	$U_2$	Opterećenje		Prij. omjer ( $U_1/U_2$ )	
	kV	kV	MW	Mvar		kV	kV	MW	Mvar		%
BILICE 220/115	238.00	114.86	74	-12.4	1.0875	227.28	117.67	83.2	20.2	1.0000	-8.75
ERNESTINOVO 400/115	424.14	121.27	124.8	31.4	1.0000	415.84	117.56	119.4	11.0	1.0125	1.25
ĐAKOVO 220/115	233.85	120.66	47.6	-8.4	1.0250	225.99	117.41	47.6	-1.8	1.0000	-2.50
KONJSKO 220/115	238.16	113.31	16.8	43.2	1.1000	228.31	115.11	17.6	82.0	1.0375	-6.25
MEĐURIĆ 220/115	225.33	115.30	19.2	-16.6	1.0250	217.38	115.26	20.7	-2.0	0.9875	-3.75
MELINA 220/115	226.58	115.12	63.6	-5.4	1.0250	222.64	114.21	64.7	6.2	1.0250	0.00
MRACLIN 220/115	224.58	112.66	60	-16.5	1.0500	218.28	114.42	71.2	33.0	1.0000	-5.00
PEHLIN 220/115	225.46	114.79	67.4	22.4	1.0250	221.44	113.61	68.0	24.1	1.0250	0.00
ŽERJAVINEC 400/231	403.43	223.54	35.1	-22.6	1.0500	398.23	219.67	52.2	14.7	1.0500	0.00
ŽERJAVINEC 400/115	403.43	112.57	85.5	79.2	1.0250	398.23	114.77	102.6	69.2	1.0000	-2.50

Za karakterističnu srijedu 21. 1. 2004., u 10:30, uz ukupno opterećenje sustava od 2032 MW, smanjenje gubitaka djelatne snage dano je u tablici 5. Usporedba naponskog profila u mreži prije i nakon optimizacije dana je na slici 4, uz korištenje linearnog ograničenja napona i faktor penaliziranja 1, odnosno na slici 5 uz korištenje kvadratnog ograničenja napona i faktor penaliziranja 1. Iz slika 4 i 5 vidljiv je utjecaj čvrstoće

ograničenja napona pri čemu uz linearno ograničenje proračun daje neznačajno povišenu razinu napona u mreži, dok je uz kvadratno ograničenje napona razina napona u mreži snižena. Zaključak je da proračun optimalnih tokova snaga može, uz pravilno postavljena ograničenja, osigurati uravnoteženost naponskog profila EES-a, a time i povećati sigurnost pogona.



Slika 2. Usporedba naponskog profila u mreži prije i nakon optimizacije za 16. 7. 2003., uz linearno ograničenje napona ( $k=1$ )



Slika 3. Usporedba naponskog profila u mreži prije i nakon optimizacije za 16. 7. 2003., uz kvadratno ograničenje napona ( $k=1$ )

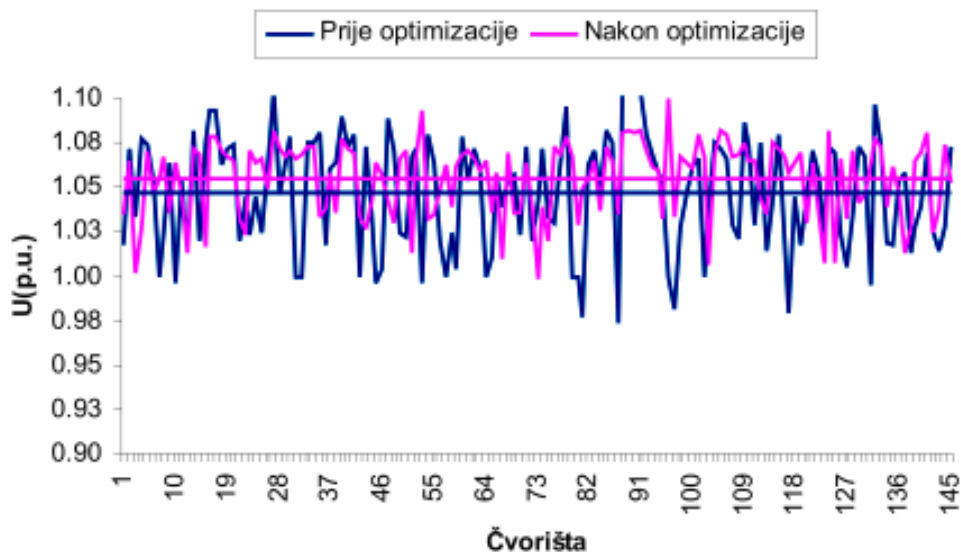
Usporedba napona i jalove snage u čvorištima angažiranih elektrana prije i nakon optimizacije dana je u tablici 3, a usporedba prijenosnog omjera te opterećenja transformatora s regulacijom pod opterećenjem prije i nakon optimizacije dana je u tablici 4.

## 5. ZAKLJUČAK

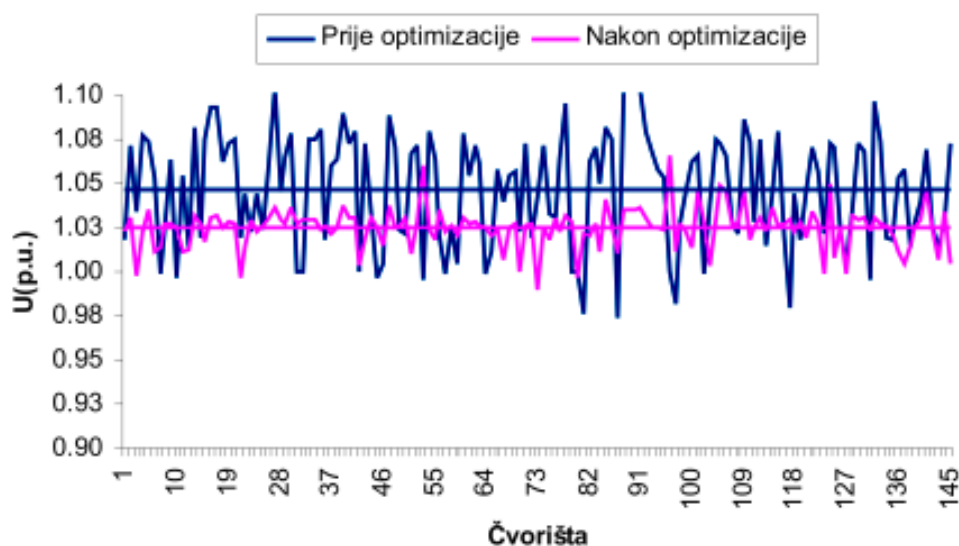
Numerički rezultati optimiranja tokova snaga Newtonovom metodom na modelu Hrvatskog EES-a doka-

zuju uspješnost ove metode u minimiziranju gubitaka djelatne snage te održavanja ujednačenog i stabilnog naponskog profila u čitavoj mreži. Ujedno, dobiveni rezultati ukazuju i na potrebu uvođenja proračuna optimalnih tokova snaga u proces vođenja sustava u realnom vremenu.

U provedenim proračunima unutar modela uključeni su i novoizgrađeni objekti TS Ernestinovo 400/110 kV i TS Žerjavinec 400/220/110 kV, te 400 kV potez kroz BiH, iako zbog toga rezultate nije moguće usporediti



Slika 4. Usporedba naponskog profila u mreži prije i nakon optimizacije za 21. 1. 2004., uz uz linearno ograničenje napona ( $k=1$ )



Slika 5. Usporedba naponskog profila u mreži prije i nakon optimizacije za 21. 1. 2004., uz kvadratno ograničenje napona ( $k=1$ )

sa stvarnim stanjem sustava. Budući da će spomenuti objekti, u vrijeme objavljivanja članka, biti u pogonu, njihovo uvrštenje unutar modela je opravdano. Prezentirane proračune u budućnosti je potrebno proširiti s obzirom na rekonstrukciju I i II UCTE sinkrone zone te njen utjecaj na tokove snaga u Hrvatskom EES-u. Kao rezultat detaljnijih proračuna s obzirom na različita pogonska stanja elektroenergetskog sustava Hrvatske i usporedbe rezultata sa stvarnim stanjima EES-a moći će se donijeti i konkretni zaključci o koristi optimiranja tokova snaga u Hrvatskom EES-u te mogućnosti uvođenja koordiniranog nadređenog sustava upravljanja

automatskim regulatorima napona generatorskih jedinica i transformatora s mogućnošću regulacije pod opterećenjem s ciljem ekonomičnog i sigurnog vođenja EES-a.

#### LITERATURA

- [1] J. CARPIENTER, "Contribution e l'étude do dispatching économique", *Bulletin Society Française Electriciens*, Vol. 3, August 1962.
- [2] H. W. DOMMEL, W. F. TINNEY, "Optimal Power Flow Solutions", *IEEE Trans. on Power Apparatus and Systems*, Vol. PAS-87, No. 10, October 1968, pp. 1866-1876.

**Tablica 3. Usporedba napona i jalove snage u čvorištima angažiranih elektrana prije i nakon optimizacije za karakterističnu srijedu 21. 1. 2004., uz linearno ograničenje napona ( $k=1$ )**

Elektrana	Proizvodnja	Početno stanje		Optimalno stanje		$\Delta Q$
		$U$	$Q$	$U$	$Q$	
	MW	kV	Mvar	kV	Mvar	Mvar
HE GOJAK	48	118.25	21.00	117.98	-0.45	-21.45
HE RIJEKA	39	116.60	-17.70	116.41	-15.06	2.64
HE SENJ 220kV	70	234.08	34.90	227.72	-21.65	-56.55
HE SENJ 110kV	140	119.90	-27.30	118.53	-4.63	22.67
HE SKLOPE	20	117.96	-10.00	117.85	-2.25	7.75
HE VINODOL	37	118.80	6.90	117.63	-8.03	-14.93
RHE VELEBIT	136	419.84	-60.00	414.56	-56.45	3.55
HE PERUČA	20	111.98	1.50	114.14	4.24	2.74
HE ZAKUČAC 220kV	150	236.06	32.20	225.76	-11.04	-43.24
HE ZAKUČAC 110kV	142	113.63	32.40	114.63	-6.33	-38.73
HE DUBROVNIK	100	110.00	0.00	120.98	15.64	15.64
HE ČAKOVEC	39	110.00	11.10	117.33	9.40	-1.70
HE VARAŽDIN	80	110.00	-5.00	117.41	15.50	20.50
HE DUBRAVA	39	110.00	-10.10	117.52	5.35	15.45
TE-TO OSIJEK	23	121.66	-10.00	118.95	-8.71	1.29
TE PLOMIN 1	105	117.81	-27.30	117.07	-9.29	18.01
TE PLOMIN 2	202	229.90	-11.50	226.69	1.68	13.18
TE SISAK 1	108	118.03	7.80	119.05	-19.77	-27.57
EL-TO	76	112.64	31.60	117.29	20.20	-11.40
TE-TO	176	111.98	-90.00	117.67	18.14	108.14
NE KRŠKO	681	400.00	-137.00	411.72	-108.56	28.44

**Tablica 4. Usporedba prijenosnog omjera i opterećenja ULTC transformatora prije i nakon optimizacije za karakterističnu srijedu 21. 1. 2004., uz linearno ograničenje napona ( $k=1$ )**

Postrojenje	Početno stanje					Optimalno stanje					Promjena prij. omjera
	$U_1$	$U_2$	Opterećenje		Prij. omjer	$U_1$	$U_2$	Opterećenje		Prij. omjer	
	kV	kV	MW	Mvar	( $U_1/U_2$ )	kV	kV	MW	Mvar	( $U_1/U_2$ )	%
BILICE 220/115	236.98	118.11	61.8	10.3	1.0500	225.94	117.78	63.6	28.0	1.0000	-5.00
ERNESTINOVO 400/115	424.64	121.48	166.8	29.6	1.0000	419.78	119.06	160.2	-1.4	1.0125	1.25
ĐAKOVO 220/115	236.55	120.27	80.2	-34.6	1.0250	223.69	118.60	82.2	-19.2	0.9875	-3.75
KONJSKO 220/115	237.57	112.20	87.2	-7.4	1.1000	227.17	115.42	90.2	52.0	1.0250	-7.50
MEĐURIĆ 220/115	228.65	115.97	23.4	-12.8	1.0375	222.12	117.65	24.1	-1.0	0.9875	-5.00
MELINA 220/115	232.54	118.05	17.6	1.3	1.0250	227.82	117.04	14.7	-13.8	1.0125	-1.25
MRACLIN 220/115	227.24	113.34	63.2	-27.4	1.0500	224.26	117.96	70.8	15.6	1.0000	-5.00
PEHLJIN 220/115	231.89	116.39	37.9	7.4	1.0500	227.20	116.58	40.0	35.2	1.0125	-3.75
ŽERJAVINEC 400/231	405.78	225.25	65.8	-37.1	1.0500	415.10	225.28	66.6	27.5	1.0625	1.25
ŽERJAVINEC 400/115	405.78	113.05	127.6	83.5	1.0375	415.10	118.19	133.4	60.6	1.0000	-3.75

[3] J. PESCHON, D. S. PIERCY, W. F. TINNEY, O. J. TVEIT, M. CUENOD, "Optimum control of reactive power flow", IEEE Trans. on Power Apparatus and Systems, Vol. PAS-87, No. 1, January 1968, pp. 40-48.

[4] O. ALSAC, W. F. TINNEY, B. STOTT, "Sparsity-oriented compensation methods for modified network solutions", IEEE Trans. on Power Apparatus and Systems, Vol. PAS-102, No. 5, May 1983, pp. 1050-1060.



**Tablica 5. Usporedba stanja sustava i gubitaka za dva pogonska stanja korištena u proračunu**

	Ukupno opterećenje sustava	Gubici prije optimizacije	Gubici poslije optimizacije					
			Linearno ograničenje			Kvadratno ograničenje		
			$k=1$	$k=10$	$k=100$	$k=1$	$k=10$	$k=100$
	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW
16. 7. 2003., 10:30	1731.04	22.4	18.1	18.4	18.4	19.1	19.9	20.1
21. 1. 2004., 10:30	2032.13	27.2	20.9	21.8	22.6	23	23.8	24.4

- [5] O. ALSAC, J. BRIGHT, M. PRAIS, B. STOTT, "Further developments in LP-based OPF", IEEE Trans. on Power Systems, vol. 5, no. 3, Aug 1990, pp. 697-711.
- [6] A. M. SASSON, F. VILORIA, F. ABOYTES, "Optimal load flow solution using the Hessian matrix", IEEE Trans. on Power Apparatus and systems, Vol. PAS-92, January/February 1973, pp. 31-41.
- [7] R. R. SHOULTS, D. T. SUN, "Optimal Power flow upon P-Q decomposition", IEEE Trans. on Power Apparatus and Systems, Vol. PAS-101., No.2, February 1982, pp. 397-405.
- [8] D. I. SUN, B. ASHLEY, A. HUGHES, W. F. TINNEY, "Optimal power flow by Newton approach", IEEE Trans. on Power Apparatus and Systems, Vol. PAS-103, No. 10, October 1984, pp. 2864-2875.
- [9] M. BJELOGRLIĆ, M. S. ČALOVIĆ, B. S. BABIĆ, "Application of Newton's optimal power flow in voltage/reactive power control", IEEE Trans. on Power Systems, Vol. 5, No. 4, November 1990, pp. 1447-1453.
- [10] Y. WU, DEBS A. S, R. E. MARSTEN, "Direct nonlinear predictor-corrector primal-dual interior point algorithm for optimal power flows", 1993 IEEE Power Industry Computer Applications Conference, pp. 138-145.
- [11] G. L. TORRES, V. H. QUINTANA, "An interior-point method for nonlinear optimal power flow using voltage rectangular coordinates", IEEE Trans. on Power Systems, Vol. 13, No. 4, November 1998, pp. 1211-1218.
- [12] G. A. MARIA, J. A. FINDLAY., "A Newton optimal power flow program for Ontario Hydro EMS", IEEE Trans. on Power Systems, Vol. 2, No. 3, August 1987, pp. 576-584.
- [13] D. I. SUN, T. HU, G. LIN, C. LIN, C. CHEN, "Experiences with implementing optimal power flow for reactive scheduling in the Taiwan power system", IEEE Trans. on Power Systems, Vol. 3, No. 3, August 1988, pp. 1193-1200.
- [14] K. FRAUENDORFER, H. GLAVITSCH, R. BACHER, "Optimization in planning and operation of electric power systems", Physica-Verlag Heidelberg, 1993.
- [15] S. S. SHARIFF, J. H. TAYLOR, E. F. HILL, B. SCOTT, D. DALEY, "Real-time implementation of optimal reactive power flow", IEEE Power Engineering Review, August 2000, pp. 47-51.
- [16] W. ROSEHART, C. CAÑIZARES, V. H. QUINTANA, "Optimal power flow incorporating voltage collapse constraints", Proc. 1999IEEE-PES Summer Meeting, Edmonton, Alberta, Canada, July 1999.
- [17] C. A. CAÑIZARES, W. ROSEHART, A. BERIZZI, C. BOVO, "Comparison of voltage security constrained optimal power flow techniques", Proc. 2001 IEEE-PES Summer Meeting, Vancouver, BC, Canada, July 2001.
- [18] HRN IEC 60038:1998 – IEC Normirani naponi
- [19] PSS/E OPF MANUAL, A Shaw Group Company, October 2002

### ACTIVE POWER LOSS MINIMISATION BY NEWTON METHOD ON THE CROATIAN ELECTRIC ENERGY SYSTEM (EES)

The paper gives an overview on optimal load flows where minimisation of active power losses is stressed. The solution to the problem is proposed by the Newton method using non-linear optimisation technique with boundaries. The method described is tested on the model of the Croatian transmission network. For input data real data are used. The results showed proof for load flow optimisation in order to realise economic transmission network control and keeping the voltage level secure in the system.

### DAS HERABSETZERN DER WIRKLEISTUNG SVERLUSTE AUF MINDESTMASS MITTELS METHODE NACH NEWTON AM BEISPIEL DES KROATISCHEN STROMVERSORGUNGSSYSTEMS

Beschrieben wurde das Problem optimaler Kraftflüsse mit Betonung auf Mindestleistungsverluste. Vorgeschlagen wird die Lösung dieser Frage mittels Newton'scher Methode unter Anwendung des nichtlinearen Optimierens mit Begrenzungen. Die beschriebene Methode wurde am Model des Kroatischen Stromversorgungssystems getestet. Als Eigangswerte für die Berechnung sind reele Werte gebraucht worden. Die Ergebnisse haben die Rechtschaffenheit von Kraftflussoptimierung zwecks wirtschaftlicher Betriebsführung des Übertragungsnetzes und der Erhaltung eines sicheren Spannungspegels im System gezeigt.

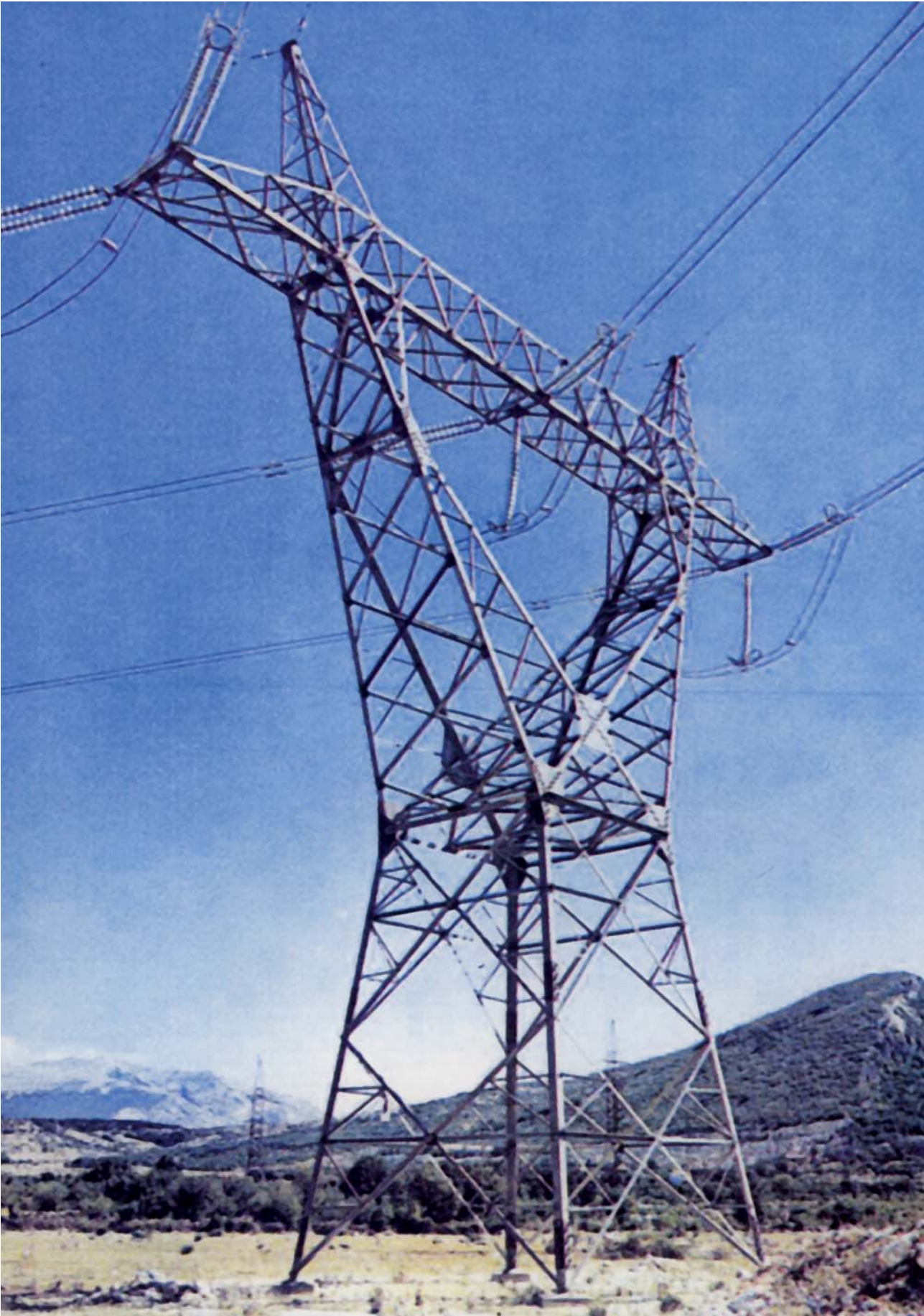
Naslov pisaca:

**Mr. sc. Tomislav Plavšić, dipl. ing.**  
**mr. sc. Vladimir Grujić, dipl. ing.**  
Hrvatski nezavisni operator sustava  
i tržišta d.o.o.

Ulica grada Vukovara 37,  
10000 Zagreb, Hrvatska

**dr. sc. Igor Kuzle, dipl. ing.**  
Fakultet elektrotehnike i računarstva  
Zavod za visoki napon i energetiku  
Unska 3, 10000 Zagreb, Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:  
2004 – 04 – 23.



# PRAĆENJE POKAZATELJA KVALITETE OPSKRBE ELEKTRIČNOM ENERGIJOM NA PODRUČJU ELEKTROPRIMORJA RIJEKA

Vitomir K o m e n – Boris K r s t u l j a, Rijeka

UDK 621.316,1:658.26  
IZVORNI ZNANSTVENI ČLANAK

U sklopu sveukupnih priprema za poslovanje na otvorenom tržištu električne energije, a s obzirom da ne postoje odgovarajuće smjernice i pravila u europskoj i domaćoj literaturi, u distribucijskom području Elektroprimorje Rijeka je 2000. g. razrađen i uspostavljen izvorni sustav praćenja pokazatelja kvalitete opskrbe kupaca električnom energijom.

U ovom radu, u prvom dijelu je prikazana struktura sustava, metodologija prikupljanja, unosa, obrade i prikaza rezultata. U drugom dijelu detaljno su prikazani rezultati praćenja pokazatelja kvalitete opskrbe električnom energijom kupaca na području DP Elektroprimorje Rijeka u razdoblju od 2001. – 2003. g. Rezultati omogućuju usporedbu s distribucijama u Europi i svijetu te usmjeravanje aktivnosti za poboljšanje kvalitete opskrbe.

**Ključne riječi:** kvaliteta opskrbe, pokazatelji kvalitete, distribucijska mreža.

## 1. UVOD

Poslovanje distribucijske mreže u uvjetima otvorenog tržišta električne energije iziskuje povećane i ujednačene zahtjeve prema kvaliteti opskrbe kupaca, a što se propisuje kroz paket energetske zakona i podzakonskih akata. Postavlja se izričit zahtjev da se kvaliteta opskrbe kupaca kvantificirano iskazuje preko određenih i prikladnih parametara kvalitete električne energije, a temeljem uspostavljenih praćenja i mjerenja.

Kvaliteta opskrbe (engl. *Quality of supply*) kupaca električnom energijom se u najširem smislu određuje i sastoji od tri skupine čimbenika:

1. POUZDANOST OPSKRBE,
2. KVALITETA ELEKTRIČNE ENERGIJE (kvaliteta napona),
3. KVALITETA SERVISNIH USLUGA KUPCIMA (komercijalna kvaliteta).

Za svaku od ovih skupina određuju se parametri kvalitete i metodologija njihovog mjerenja i praćenja (nagledanja). U ovom radu obrađena je problematika pouzdanosti opskrbe, kao temeljnog dijela kvalitete opskrbe.

Praćenjem stručne literature iz domene osiguranja kvalitetne opskrbe električnom energijom korisnika distribucijskih mreža uprava Elektroprimorja Rijeka je sredinom 1999. god. donijela odluku o osmišljavanju i ustroju sustava praćenja pokazatelja opskrbe svojih kupaca. Temelj na kojem je počivala navedena odluka nađen je u [1], [2], [3] i [4]. Osobito odluka Vlade RH

o približavanju europskim integracijama i Direktiva [5], ukazale su na nužnost uvođenja *sustava* praćenja pokazatelja kvalitete opskrbe.

Tijekom 2000. g. prihvaćena je zamisao i fazna razrada izvornog sustava praćenja te ograničenja koja se nameću na sustav u ovoj prvoj fazi. Probni rad sustava započeo je u drugoj polovici 2000 g., a u cijelosti je u primjeni od 2001. godine.

## 2. METODOLOGIJA PRAĆENJA

### 2.1. Definicija pojmova

- PREKID (OPSKRBE) – Stanje u kojem je napon na priključku kupca manji od 1 % nominalnog napona mreže u trajanju jednakom ili dužem od 3 minute (EN 50160 Točka 1.3.18., engl. *supply interruption*).
- KRATKOTRAJNI PREKID – Prekid opskrbe u trajanju manjem od 3 minute.
- PLANIRANI PREKID – Najavljeni prekid opskrbe, putem javnih medija.
- NEPLANIRANI PREKID – Nenajavljeni prekid opskrbe.
- OSNOVNI PODACI ZA PRORAČUN POKAZATELJA:
  - $N_i$  = Broj prekinutih kupaca u svakom prekidu u periodu prikupljanja,
  - $N_T$  = Ukupan broj kupaca na promatranom području,

- $r_i$  = Vrijeme pojedinog prekida,
- $P_k$  = Prosječna snaga kupaca neposredno prije prekida.

- SAIFI (engl. *System Average Interruption Frequency Index*) – Prosječan broj prekida napajanja kupca na određenom odabranom području unutar kalendarske godine dana. U europskoj literaturi jednak je pojmu CI (eng: *Customer Interruptions*) – broj prekida kupca.

$$\text{SAIFI} = \frac{\sum \text{kupaca koji su osjetili prekid opskrbe}}{\text{ukupan broj kupaca na promatranom području}}$$

Koristi se sljedeća funkcija:

$$\text{SAIFI} = \frac{\sum N_i}{N_T}$$

- SAIDI (engl. *System Average Interruption Duration Index*) – Prosječno trajanje prekida napajanja kupca na određenom odabranom području unutar kalendarske godine dana. U europskoj literaturi jednak je pojmu CML (eng: *Customer Minutes Lost*) – trajanje (u minutama) prekida kupca.

$$\text{SAIDI} = \frac{\sum \text{trajanje prekida} * \text{broj kupaca koji su osjetili prekid opskrbe}}{\text{ukupni broj kupaca na određenom području}}$$

Koristi se sljedeća funkcija:

$$\text{SAIDI} = \frac{\sum r_i N_i}{N_T}$$

- CAIDI (engl. *Customer Average Interruption Duration Index*) – Prosječno vrijeme trajanja jednog prekida po prosječnom kupcu koji je osjetio prekid opskrbe.

$$\text{CAIDI} = \frac{\sum \text{trajanje prekida} * \text{broj kupaca koji su osjetili prekid opskrbe}}{\sum \text{kupaca koji su osjetili prekid opskrbe}}$$

Koristi se sljedeća funkcija:

$$\text{CAIDI} = \frac{\sum r_i N_i}{\sum N_i} = \frac{\text{SAIDI}}{\text{SAIFI}}$$

- ASAI (engl. *Average Service Availability Index*) – Postotak vremena tijekom kalendarske godine dana u kojem su kupci, koji su osjetili prekid opskrbe, imali opskrbu električnom energijom.

$$\text{ASAI} = \frac{\text{ukupni broj kupaca} * \text{sati godišnje} - \sum \text{trajanje} * \text{broj kupaca koji su osjetili prekid}}{\text{ukupni broj kupaca} * \text{sati godišnje}}$$

Koristi se sljedeća funkcija:

$$\text{ASAI} = \frac{N_T (\text{brojsati godišnje}) - \sum r_i N_i}{N_T (\text{brojsati godišnje})}$$

Broj sati godišnje iznosi za normalnu godinu 8760 sati, a za prijestupnu 8784 sati.

- ENS (engl. *Energy Not Supplied*) – Neisporučena električna energija kupcima u zadanom vremenskom periodu (godina).

ENS = Prosječna snaga kupaca neposredno prije prekida \* vrijeme trajanja prekida

Koristi se sljedeća funkcija:

$$\text{ENS} = \frac{P_k}{r_i}$$

- AENS (engl. *Average Energy Not Supplied*) – Prosječna neisporučena električna energija kupcima u zadanom vremenskom periodu (godina).

AENS = ENS / Ukupan broj kupaca na promatranom području

Koristi se sljedeća funkcija:

$$\text{AENS} = \frac{\text{ENS}}{N_T}$$

## 2.2. Osnovni činitelji prekida

Osnovni činitelji sustava praćenja jesu:

- Odabrani pokazatelji koji se prate jesu: SAIDI, SAIFI, CAIDI, ASAI, ENS i AENS.
- Podjela po uzrocima prekida opskrbe:
  - Planirani prekidi,
  - Neplanirani prekidi.
- Podjela po naponskim razinama distribucijske mreže:
  - 110 kV i više (zajedno),
  - 35 kV,
  - 20 i 10 kV,
  - 0,4 kV.
- Podjela po pogonima (područjima) koji se prate:
  - Rijeka,
  - Skrad,
  - Opatija,
  - Crikvenica,
  - Cres - Lošinj,
  - Rab,
  - Krk,
  - Ukupno cijelo područje.

Ukratko to znači da se prate odabrani pokazatelji, podijeljeni po uzrocima prekida, prema naponskim razinama mreža u kojima nastaju i na određenom području (pogonu).

### 2.3. Sklopovska oprema i programska podrška sustava

Temelji se na TIS-u, ORACLE bazi podataka elemenata mreže, mreži radnih stanica u dispečersko – dežurnim poslovima, predobradi u ORACLE bazi te završnoj tablično – grafičkoj obradi u EXCEL programu.

Svi podaci su dokumentirani i arhivirani putem mjesečnih izvješća i u papirnatom obliku.

### 2.4. Postupak praćenja prekida

Postupak praćenja prekida, prema postupku prikazanom na slici 1, izvršavaju nadležne dispečerske službe pogona/DP-a a prema kategorizaciji prekida prikazanim na slici 2. Unos u ORACLE bazu podataka nadležne dispečerske službe obavljaju neposredno koristeći sklopovsku i programsku podršku sustava.

Za kontrolu unesenih podataka i rezultate predobrade prekida zadužen je Odjel za upravljanje DP-a. Uneseni podaci se kontroliraju nakon njihove predobrade mehanizmima usporedbe podataka s ostalim izvorima podataka o prekidima (izvješća pogona, obavijesti o planiranim radovima, planovima održavanja, izvješća o kvarovima i dr.).

Nakon prijenosa predobrađenih sumarnih podataka u EXCEL bazu obavlja se izračun pokazatelja te analiza rezultata (mjesečno) kao i izvješćivanje (polugodišnje).

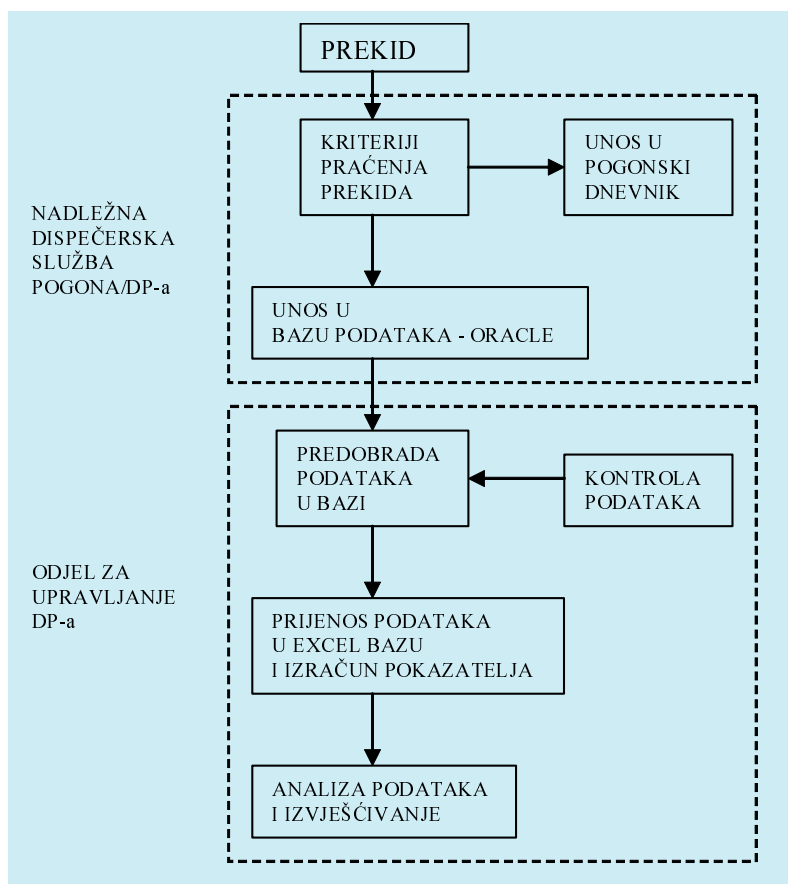
### 2.5. Unos podataka u bazu

Unos podataka u bazu [6] obavlja se na osnovi pogonskog dnevnika dispečerske službe DP-a, pogonskog dnevnika dispečerske službe pogona i pogonskog dnevnika dežurne službe pogona, a prema određenim kriterijima praćenja prekida (slika 2).

Podaci koji se unose u bazu podataka za 110, 35, 20 i 10 kV mreže jesu:

1. REDNI BROJ – U jedan redak se upisuje pojedinačni prekid koji je nastao u određenom vremenu, a mogao je pogoditi jednu ili više TS.
2. NAZIV POSTROJENJA – kratki naziv TS ili grupe TS (vodno polje) na kojem je izvršeno isključenje (uključenje).
3. ISKLJUČENO DATUM – datum nastanka isključenja.
4. ISKLJUČENO VRIJEME – vrijeme nastanka isključenja (sat i minuta).
5. UKLJUČENO DATUM – datum uključenja.
6. UKLJUČENO VRIJEME – vrijeme uključenja (sat i minuta).

Napomena: Ukoliko je uklop izvršio uspješan brzi ili spori APU, tj kod kratkotrajnih prekida, upisuje se samo datum i vrijeme isključenja, a u posebnoj koloni se označava da je to kratkotrajni prekid.



Slika 1. Postupak praćenja prekida



7. ISKL – Način isključenja – Upisuje se brojučana šifra iz šifrnika.
0. NESTANAK – nestanak napona “izvana” koristi se samo kada dođe do ispada napajanja kupaca zbog nestanka napona u 110 kV mreži.
1. ZAŠTITA – za proradu zaštite.
2. LOKALNO – za isključenje u postrojenju.
3. DALJINSKI – za isključenje daljinsko.
8. TIP – Vrsta isključenja – Upisuje se brojučana šifra tipa isključenja iz šifrnika.
0. PRISILNO ISKLJUČENJE je isključenje postrojenja **djelovanjem zaštite**. Može biti i isključeno lokalno ili daljinski ako je uvjetovano hitnom potrebom da se spriječi nastanak neželjenih posljedica.
1. ISKLJUČENJE ZBOG PLANIRANIH RADOVA.
9. UKL – Način uključivanja – Upisuje se brojučana šifra iz šifrnika.
0. UK – za uključen napon “izvana”.
1. APU-B – za uklop brzim APU-om.
2. APU-S – za uklop sporim APU-om.
3. LOK – za ručni uklop u postrojenju.
4. DALJ – za uklop daljinskom komandom.
10. K (kratkotrajno) – Upisuje se oznaka za kratkotrajne prekide.
11. ISKLJUČENA SNAGA – Upisuje se iznos (kW) procjenjene ili poznate isključene snage za sve pogođene kupce.
12. BROJ KUPACA – Upisuje se broj svih kupaca koji su ostali bez električne energije u navedenom prekidu. Broj kupaca po pojedinoj TS vodi se u tehničkoj bazi podataka.

Podaci koji se unose u bazu podataka za 0,4 kV mreže jesu:

1. Ukupan broj intervencija dežurne službe.
2. NEPLANIRANI PREKIDI:
  - Ukupan broj prekida napajanja kupaca.
  - Ukupan broj kupaca pogođenih prekidima.
  - Prosječno trajanje prekida.
  - Ukupna neisporučena el. energija.
3. PLANIRANI PREKIDI:
  - Ukupan broj prekida napajanja kupaca.
  - Ukupan broj kupaca pogođenih prekidima.
  - Prosječno trajanje prekida.
  - Ukupna neisporučena el. energija.

Prosječno trajanje prekida (u minutama) računa se kao omjer sume svih vremena prekida i broja prekida po formuli:

$$\text{Prosječno trajanje} = \frac{\text{suma vremena prekida}}{\text{broj prekida}}$$

Ukupna neisporučena električna energija (u kWh) se procjenjuje po iskustvu. Za procjenu vrijedi račun:

ZA PREKIDE DANJU:

$$\text{Neisporučena el. energija} = \text{broj pogođenih kupaca} * 2 \text{ kW} * \text{vrijeme trajanja}$$

ZA PREKIDE NOĆU:

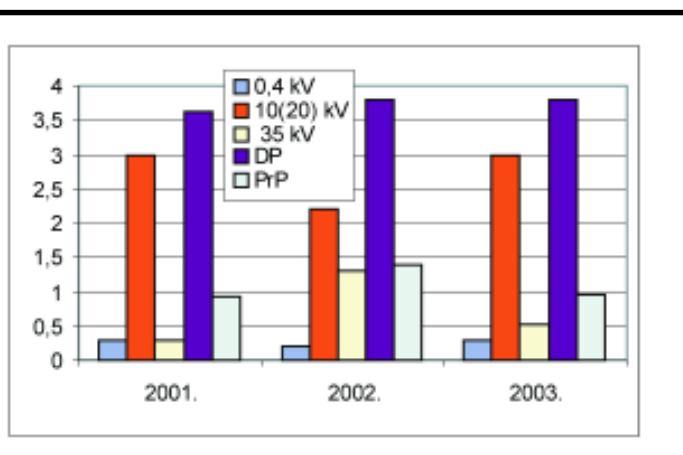
$$\text{Neisporučena el. energija} = \text{broj pogođenih kupaca} * 1 \text{ kW} * \text{vrijeme trajanja}$$

### 3. REZULTATI PRAĆENJA POKAZATELJA

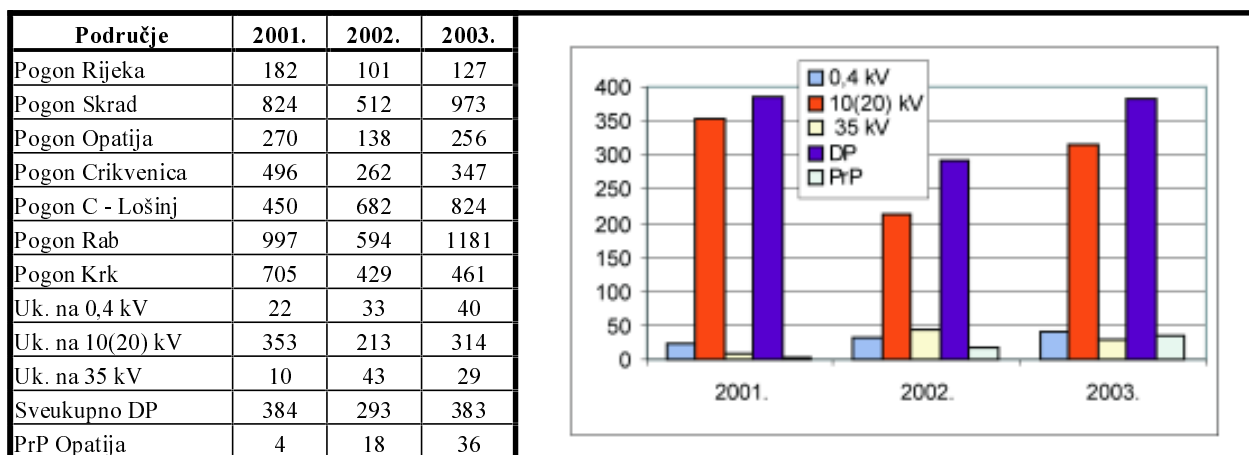
#### 3.1. Ukupni pokazatelji

Ukupni SAIFI ili CI (specifični broj prekida po kupcu)

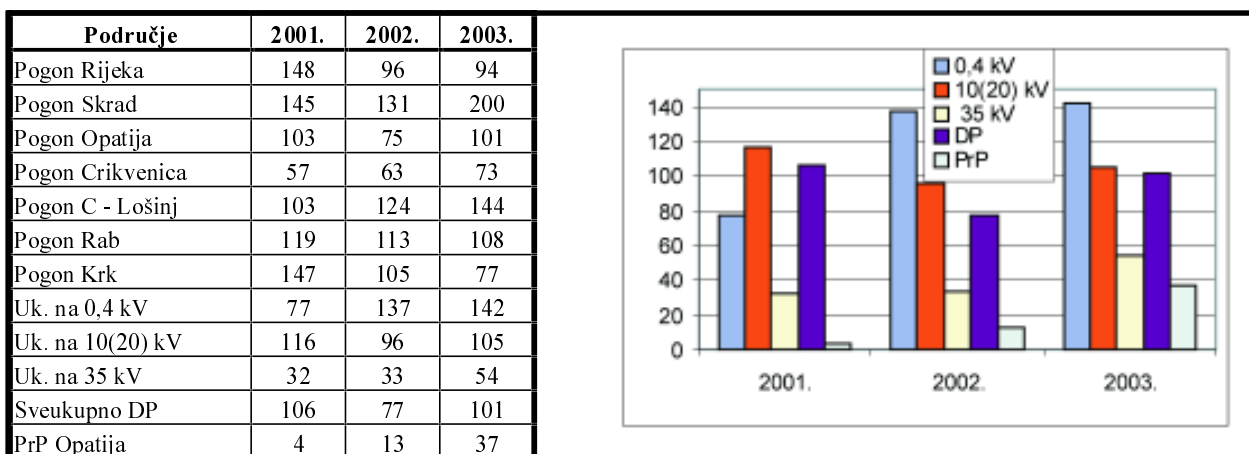
Područje	2001.	2002.	2003.
Pogon Rijeka	1,23	1	1,35
Pogon Skrad	5,69	3,9	4,86
Pogon Opatija	2,6	1,8	2,5
Pogon Crikvenica	8,68	4,2	4,75
Pogon C - Lošinj	4,37	5,5	5,73
Pogon Rab	8,35	5,3	10,97
Pogon Krk	4,79	4,1	6
Uk. na 0,4 kV	0,28	0,2	0,28
Uk. na 10(20) kV	3	2,2	2,98
Uk. na 35 kV	0,3	1,3	0,53
Sveukupno DP	3,63	3,8	3,79
PrP Opatija	0,92	1,4	0,97



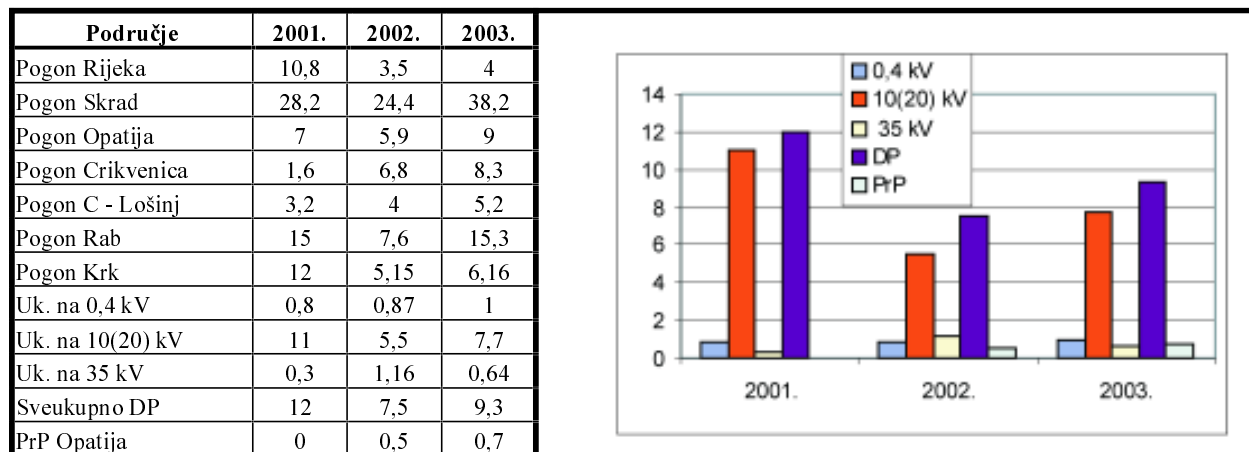
## Ukupni SAIDI ili CML (specifično trajanje prekida u minutama, po kupcu)



## Ukupni CAIDI (prosječno vrijeme jednog prekida, po kupcu)



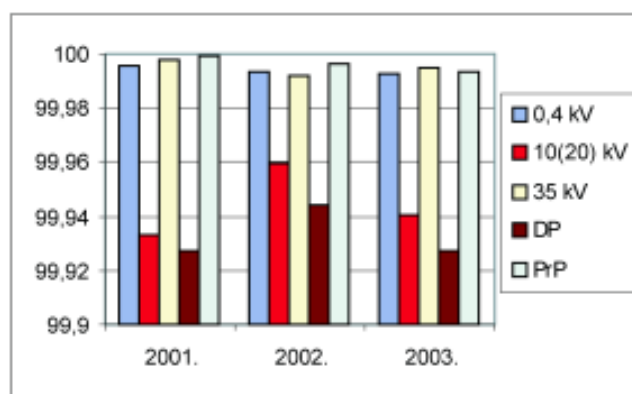
## Ukupni AENS (prosječna neisporučena el. energija, po kupcu)





## Ukupni ASAI (postotak vremena opskrbe)

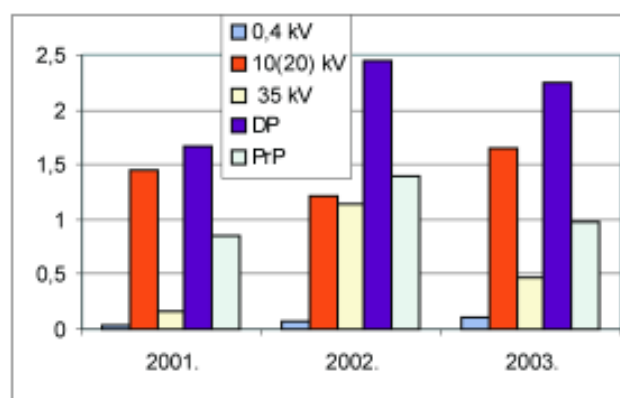
Područje	2001.	2002.	2003.
Pogon Rijeka	99,9654	99,9807	99,9759
Pogon Skrad	99,8432	99,9027	99,8149
Pogon Opatija	99,9487	99,9738	99,9514
Pogon Crikvenica	99,9057	99,9502	99,9341
Pogon C - Lošinj	99,9144	99,8703	99,8432
Pogon Rab	99,8103	99,8871	99,7754
Pogon Krk	99,8658	99,9185	99,9124
Uk. na 0,4 kV	99,9959	99,9937	99,9924
Uk. na 10(20) kV	99,9328	99,9596	99,9403
Uk. na 35 kV	99,9981	99,9919	99,9945
Sveukupno DP	99,9269	99,9442	99,9272
PrP Opatija	99,9993	99,9966	99,9932



## 3.2. Pokazatelji za neplanirane prekide

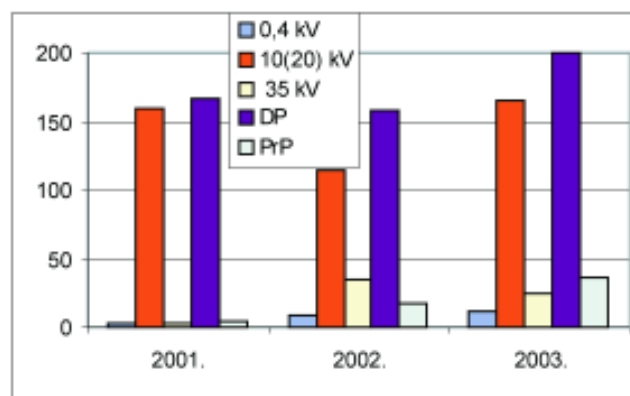
SAIFI ili CI (specifični broj prekida po kupcu)

Područje	2001.	2002.	2003.
Pogon Rijeka	0,41	0,54	0,65
Pogon Skrad	3,41	2	3,15
Pogon Opatija	1,35	0,78	1,06
Pogon Crikvenica	2,97	1,37	1,71
Pogon C - Lošinj	2,85	2,9	2,69
Pogon Rab	3,53	2,4	6,81
Pogon Krk	2,23	3,37	4,17
Uk. na 0,4 kV	0,04	0,08	0,1
Uk. na 10(20) kV	1,45	1,22	1,65
Uk. na 35 kV	0,16	1,15	0,48
Sveukupno DP	1,66	2,45	2,24
PrP Opatija	0,85	1,4	0,97



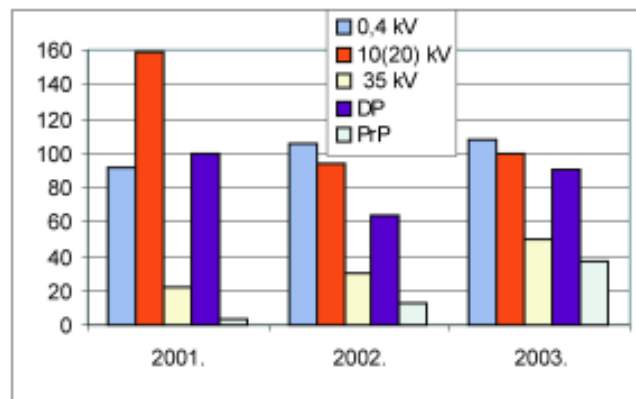
SAIDI ili CML (specifično trajanje prekida u minutama, po kupcu)

Područje	2001.	2002.	2003.
Pogon Rijeka	20	45	43
Pogon Skrad	468	183	606
Pogon Opatija	109	41	77
Pogon Crikvenica	176	72	114
Pogon C - Lošinj	282	394	422
Pogon Rab	370	322	831
Pogon Krk	467	341	252
Uk. na 0,4 kV	3,4	8	11
Uk. na 10(20) kV	159	114	165
Uk. na 35 kV	3,49	35	24
Sveukupno DP	166	158	200
PrP Opatija	3,65	18	36



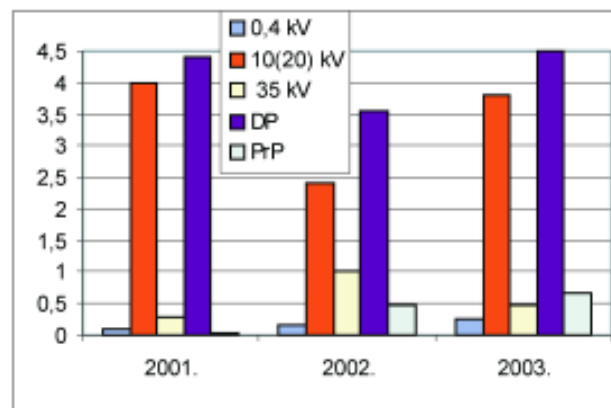
## CAIDI (prosječno vrijeme jednog prekida, po kupcu)

Područje	2001.	2002.	2003.
Pogon Rijeka	44	86	63
Pogon Skrad	139	92	195
Pogon Opatija	80	51	74
Pogon Crikvenica	58	50	66
Pogon C - Lošinj	100	139	159
Pogon Rab	105	138	122
Pogon Krk	219	96	54
Uk. na 0,4 kV	92	105	108
Uk. na 10(20) kV	159	94	100
Uk. na 35 kV	22	30	50
Sveukupno DP	100	64	90
PrP Opatija	4	13	37



## AENS (prosječna neisporučena el. energija, po kupcu)

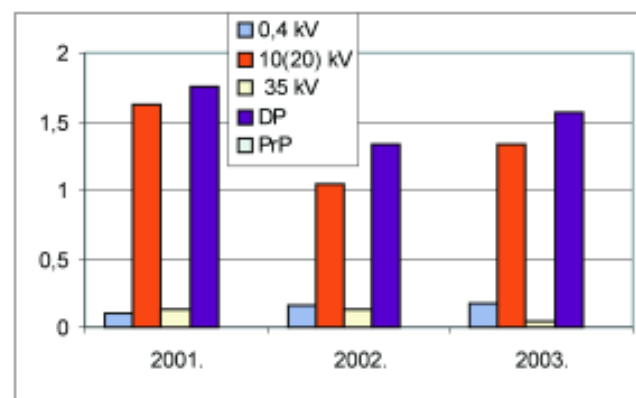
Područje	2001.	2002.	2003.
Pogon Rijeka	0,9	1,61	1,5
Pogon Skrad	16	8,67	20,3
Pogon Opatija	3,13	1,7	2,8
Pogon Crikvenica	3,5	1,5	2
Pogon C - Lošinj	2,2	2,16	3,2
Pogon Rab	6,1	4,2	11,1
Pogon Krk	9,3	3,65	3,5
Uk. na 0,4 kV	0,1	0,17	0,24
Uk. na 10(20) kV	4	2,4	3,8
Uk. na 35 kV	0,3	1	0,47
Sveukupno DP	4,4	3,56	4,51
PrP Opatija	0,03	0,46	0,67



## 3.3. Pokazatelji za planirane prekide

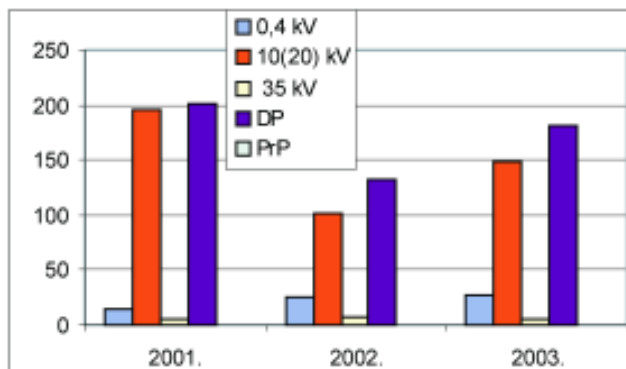
## SAIFI ili CI (specifični broj prekida po kupcu)

Područje	2001.	2002.	2003.
Pogon Rijeka	0,7	0,53	0,7
Pogon Skrad	2,3	1,92	1,72
Pogon Opatija	1,05	1,07	1,48
Pogon Crikvenica	5,2	2,9	3,03
Pogon C - Lošinj	1,8	2,66	3,02
Pogon Rab	4,6	2,93	4,18
Pogon Krk	2,1	1,04	1,84
Uk. na 0,4 kV	0,1	0,16	0,18
Uk. na 10(20) kV	1,62	1,05	1,33
Uk. na 35 kV	0,13	0,13	0,05
Sveukupno DP	1,76	1,34	1,56
PrP Opatija	0	0	0



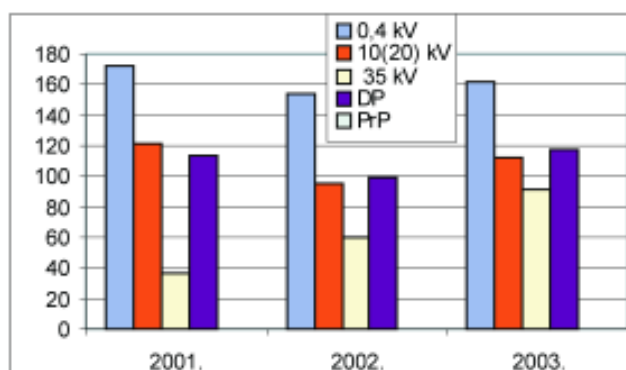
## SAIDI ili CML (specifično trajanje prekida u minutama, po kupcu)

Područje	2001.	2002.	2003.
Pogon Rijeka	150	56	84
Pogon Skrad	380	330	366
Pogon Opatija	138	98	178
Pogon Crikvenica	300	194	233
Pogon C - Lošinj	215	292	400
Pogon Rab	615	274	349
Pogon Krk	220	97	209
Uk. na 0,4 kV	15	25	28
Uk. na 10(20) kV	196	101	149
Uk. na 35 kV	5	8	5
Sveukupno DP	201	133	182
PrP Opatija	0	0	0



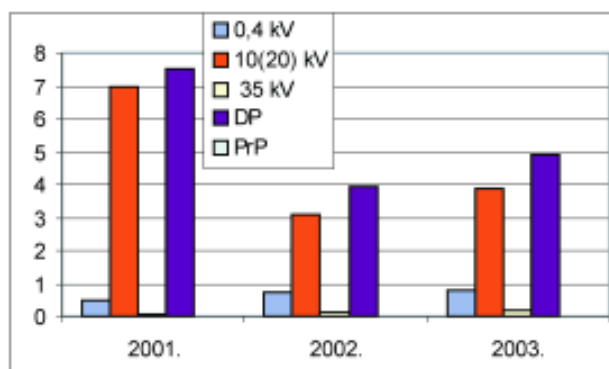
## CAIDI (prosječno vrijeme jednog prekida, po kupcu)

Područje	2001.	2002.	2003.
Pogon Rijeka	129	96	106
Pogon Skrad	168	163	215
Pogon Opatija	123	85	118
Pogon Crikvenica	49	55	66
Pogon C - Lošinj	112	111	134
Pogon Rab	133	98	83
Pogon Krk	103	85	110
Uk. na 0,4 kV	172	154	162
Uk. na 10(20) kV	121	95	112
Uk. na 35 kV	37	60	91
Sveukupno DP	114	99	117
PrP Opatija	0	0	0



## AENS (prosječna neisporučena el. energija, po kupcu)

Područje	2001.	2002.	2003.
Pogon Rijeka	9,3	2	2,5
Pogon Skrad	12,2	15,8	17,8
Pogon Opatija	4,5	4,2	6,2
Pogon Crikvenica	6,7	5,3	6,2
Pogon C - Lošinj	1,2	1,7	2
Pogon Rab	10,7	5,3	4,2
Pogon Krk	2,5	1,6	2,7
Uk. na 0,4 kV	0,5	0,7	0,8
Uk. na 10(20) kV	7	3,1	3,9
Uk. na 35 kV	0,04	0,15	0,17
Sveukupno DP	7,54	3,95	4,9
PrP Opatija	0	0	0



#### 4. ČIMBENICI KOJI UTJEČU NA POKAZATELJE KVALITETE OPSKRBE

Postignuta kvaliteta opskrbe kupaca električnom energijom rezultat je niza organizacijskih i tehnoloških aspekata koji na nju utječu na različite načine i različitim intenzitetom. Sve te aspekte potrebno je uvažavati i analizirati radi poboljšanja postignutih rezultata. Više od 80 % utjecaja na kvalitetu opskrbe imaju prekidi u 10 (20) kV mreži te se tu mogu i postići najznačajniji rezultati.

Najznačajniji su sljedeći čimbenici:

1. Postojanje i kvaliteta sustava daljinskog vođenja distribucijske mreže, kako osnovnih napojnih transformatorskih stanica tako i trafostanica i rasklopnih aparata po dubini distribucijske mreže.
2. Vrsta, opseg te koordinacija zaštitnih uređaja i automatizacije u trafostanicama.
3. Standardizacija i kontrola kvalitete primijenjenih materijala.
4. Primjena novih tehnoloških rješenja u izvedbi elemenata mreža (posebno kod zaštita od atmosferskih utjecaja).
5. Kontrola kvalitete izvršenih radova u mreži.
6. Optimalni kriteriji planiranja mreža.
7. Primijenjena strategija održavanja.
8. Prevencija od utjecaja “trećih lica” (građevinska operativa, male životinje, promet...).
9. Rad pod naponom.
10. Korištenje agregata.
11. Korištenje mobilnih trafostanica.

12. Optimizacija i koordinacija planiranih radova.
13. Postojanje jakih informacijskih sustava podrške (GIS, TIS, skladišta, vozila...).

Organizacijski i teritorijalni aspekti:

1. Zemljopisna rasprostranjenost – površina,
2. Gustoća naseljenosti i distribucijske mreže,
3. Međusobna udaljenost i brojnost interventnih ekipa.
4. Opremljenost mobilnih interventnih ekipa.
5. Postojanje “kućne pripravnosti” interventnih ekipa.
6. Atmosferski i vremenski uvjeti na području djelovanja.

#### 5. USPOREDBA S DISTRIBUCIJAMA EUROPE

Usporedba navedenih pokazatelja s distribucijama u Europi nije uvijek moguća radi njihovog raznolikog načina praćenja pokazatelja [8, 9, 10, 11, 12]. Naime, usporedba rezultata ovisi jesu li određene zemlje u Europi:

- definirale praćenje pokazatelja temeljem:
  - ukupnog broja kupaca,
  - energetskog transformatora ili
  - preuzete električne snage,
- definirale prekide na isti način,
- prekide podijelile na planirane i neplanirane na isti način,
- pratile prekide na svim naponskim razinama ili samo neke (NN, SN i VN),
- izuzele pojedine vrste prekida (“viša sila”).

Tablica 1. Prikaz ostvarenih ukupnih SAIDI pokazatelja

Područje	Godina							
	1996.	1997.	1998.	1999.	2000.	2001.	2002.	2003.
Nizozemska <sup>1</sup>	26	18	21	26	27	34	-	35
Velika Britanija	72	75	70	81	71	86	90	85
Irska <sup>2</sup>	-	-	-	424	428	385	372	385
Italija	272	209	196	228 <sup>1</sup>	333	298	181	300
Portugal	-	-	-	-	-	587	-	>500
Elektroprimorje	-	-	-	381	-	388	311	419

Tablica 2. Prikaz ostvarenih ukupnih SAIFI pokazatelja

Područje	Godina				
	1999.	2000.	2001.	2002.	2003.
Nizozemska <sup>1</sup>	0,44	0,41	0,67	-	-
Velika Britanija	0,78	0,82	0,85	-	-
Irska <sup>2</sup>	1,6	1,98	1,86	-	-
Italija	4,21 <sup>1</sup>	4,64	4,25	-	-
Portugal	-	-	7,83	-	-
Elektroprimorje	-	-	4,55	5,2	4,76

<sup>1</sup> = samo neplanirani prekidi

<sup>2</sup> = bez podataka za VN

## 6. ZAKLJUČAK

Prikazani sustav praćenja pokazatelja kvalitete opskrbe kupaca električnom energijom na području DP Elektroprimorje Rijeka je u primjeni od početka 2001. godine. Rezultati praćenja [7] prikazani su za period od 2001. – 2003. godine. Iskustvo nam govori da je sustav dobro osmišljen i relativno jednostavno uspostavljen ugradnjom u postojeću organizaciju dispečersko – dežurnih poslova DP-a.

Analizom rezultata dosadašnjeg praćenja pokazatelja kvalitete može se, za distribucijsku mrežu DP Elektroprimorja Rijeka iskazati sljedeće ocijene:

1. Pokazatelj SAIFI ili CI pokazuje visoku kvalitetu u cijelom periodu promatranja. Ako se gleda distribucija rezultata po pogonima pojavljuju se tri grupe pogona:
  - I. Rab s pokazateljem oko **10**,
  - II. Rijeka i Opatija s pokazateljem oko **2**,
  - III. Ostali pogoni s pokazateljem oko **5**.
2. Pokazatelj SAIDI ili CML pokazuje visoku kvalitetu u cijelom periodu promatranja. Distribucija rezultata trajanja prekida ukazuje na tri grupe pogona:
  - I. Skrad, Cres – Lošinj i Rab s pokazateljem **od 800 do 1200** minuta,
  - II. Rijeka s pokazateljem **od 130** minuta,
  - III. Ostali pogoni s pokazateljem **od 250 do 500** minuta.
3. Kod pokazatelja CAIDI, prosječna trajanja prekida, distribucija rezultata ukazuje na četiri grupe pogona:
  - I. Skrad s pokazateljem **od 200** minuta,
  - II. Cres – Lošinj s pokazateljem **od 150** minuta,
  - III. Rijeka, Opatija i Rab s pokazateljem **od 100** minuta,
  - IV. Crikvenica i Krk s pokazateljem **od 75** minuta.

Prosjek za DP je oko **100** minuta.
4. Kod analize prekida podijeljenih na neplanirane i planirane dolazimo do rezultata da je značajno veći broj neplaniranih prekida u odnosu na planirane prekide. Prosječno trajanje prekida je uglavnom isto (oko **200** minuta). Pogoni Skrad, Cres – Lošinj i Rab imaju značajno nadprosječno dulje trajanje neplaniranih i planiranih prekida. U broju neplaniranih prekida značajno nadprosječne vrijednosti imaju Skrad, Rab i Krk, a Pogon Rab kod planiranih prekida.
5. Neisporučena električna energija je oko 0,1 % ukupno preuzete energije DP-a iz mreže. Usporedba neplaniranih i planiranih prekida pokazuje podjednako neisporučenu energiju. Može se reći da je u DP Elektroprimorje Rijeka neisporučeno prosječno po kupcu 10 kWh. Od toga 83 % neisporučene električne energije je u 10(20) kV mreži, 7 % u 35 kV mreži, a 10 % u 0,4 kV mreži.

Za uočiti je nerealno korištenje SAIFI i SAIDI parametara za područja na kojima je mala specifična gustoća kupaca (npr. Pogon Rab) jer se tada ti parametri prekida računaju na ukupan broj kupaca, a specifični broj prekida po dužini (veličini) mreže ostaje isti kao i na drugim područjima. Stoga je potrebno promatrati parametre prema vrsti područja (“gradsko”, “mješovito”, “seosko”). Također, potrebno je posebno prikazati prekide uzrokovane velikim vremenskim nepogodama (poplave, požari, orkanski vjetrovi s jakom posolicom i sl. – “viša sila”) jer oni u pogođenim manjim sredinama bitno narušavaju pokazatelje.

Dodatno vrijednostima koje su postignute za DP treba uračunati, s gledišta kupaca, i parametre prekida za koje **nije odgovorna distribucija**, a to su podaci u tablicama označeni za Prijenosno Područje (PrP) Opatija.

Uspostavljeni sustav praćenja pokazatelja kvalitete opskrbe omogućuje:

- a) kvantificirano iskazivanje stanja kvalitete opskrbe – pouzdanosti opskrbe kroz određene pokazatelje,
- b) identifikaciju stanja i usmjeravanje aktivnosti za poboljšanje kvalitete opskrbe,
- c) usporedbu s distribucijama u Hrvatskoj, Europi i svijetu.

Unaprjeđenje sustava praćenja pokazatelja kvalitete opskrbe planiramo u smjeru dodatne podjele prekida kako po njihovom uzroku (“viša sila”, utjecaj 3-ćih lica, ostalo) tako i po područjima s različitim gustoćom kupaca (“gradsko”, “mješovito”, “seosko”).

## LITERATURA

- [1] IEEE P1366/D19: “Trial Use Guide for Electric Power Distribution Reliability Indices”, New York, 1997.
- [2] CENELEC EN 50160: “Voltage characteristic of electricity supplied by public distribution systems”, Brussels, July 1994., second edition: November 1999.
- [3] BOKAL D., BERGANT P.: “Postavitev sistema za spremljanje kakovosti napajanja v DEES s posebnim ozirom na pomebnjše odjemalce”, EIMV Ljubljana, December 1999.
- [4] ŽUTOBRADIĆ S.: “Kvaliteta isporuke električne energije”, EIHP Zagreb, listopad 2000. g.
- [5] COUNCIL OF THE EUROPEAN UNION: “Directive 2003/54/EC of the European Parliament and of the Council concerning common rules for the internal market in electricity and repealing Directive 96/92/EC”, Brussels, 26 June 2003.
- [6] DP ELEKTROPRIMORJE RIJEKA: “Uputa za izdavanje mjesečnog pogonskog izvješća dispečerske službe”; Uputa broj 2.3-07, Rijeka, prosinac 2001. g.
- [7] DP ELEKTROPRIMORJE RIJEKA: “Analiza pokazatelja pouzdanosti opskrbe u periodu 2001 g. - 2003. g.”, Rijeka, veljača 2004. g.
- [8] CEER (WG on Quality of Electricity Supply): “QUALITY OF ELECTRICITY SUPPLY: Initial Benchmarking on Actual Levels, Standards and Regulatory Strategies”, April 2001.

- [9] CEER (WG on Quality of Electricity Supply): “Second Benchmarking Report on Quality of Electricity Supply“, September 2003.
- [10] COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES: “First benchmarking report on the implementation of the internal electricity and gas market“, Brussels, December 2001.
- [11] COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES: “Second benchmarking report on the implementation of the internal electricity and gas market“, Brussels, October 2002.
- [12] COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES: “Third benchmarking report on the implementation of the internal electricity and gas market“, Brussels, March 2004.

#### **OBSERVATION OF ELECTRIC ENERGY QUALITY INDICATORS IN THE DISTRIBUTION DEPARTMENT OF ELEKTROPRIMORJE RIJEKA**

In the frame of overall preparation for electric energy open market operation and as there are no corresponding directives and rules in the European and domestic literature, in 2000 the distribution department of Elektroprimorje Rijeka worked out and applied a unique system of electric energy quality indicators supplied to customers.

In the first part of the paper the system structure, collecting methodology, data input, processing and evaluation results are given. In the second part the monitoring results of electric energy quality indicators supplied to customers are presented for DP Elektroprimorje Rijeka for the period from 2001 to 2003. The results enable the comparison with the European and world data and direct the activities for supply quality increase.

#### **DIE VERFOLGUNG VON ANGESAMMELTEN DATEN DER STROMVERSORGUNG IM BEREICH DES STROMVERSORGUNGSUNTERNEHMENS “ELEKTROPRIMORJE” IN RIJEKA**

Das Fehlen entsprechender Richtlinien und Regeln in der Literatur sowohl in Europa als auch hierzulande berücksichtigend, wurde im Jahre 2000 innerhalb des Rahmens allgemeiner Vorbereitungen für das Wirtschaften am offenen Markt, im Stromversorgungsunternehmen “Elektroprimorje” in Rijeka für den eigenen Bereich ein originelles Verfahren geschaffen und angewandt.

Im ersten Teil dieses Artikels ist die Zusammensetzung des Versorgungssystems, die Methodologie der Ansammlung, des Eintragens und des Verarbeitens von Daten, sowie der Präsentierung der Ergebnisse dargestellt worden. Im zweiten Teil wurden ausführlich die Ergebnisse der Untersuchung von Qualitätsdaten der Kundenstromversorgung im Bereich von “Elektroprimorje” in der Jahreszeitspanne 2001-2003 dargestellt. Die Ergebnisse machen einen Vergleich mit den Stromversorgungsunternehmen in Europa und in der Welt und ein Hinlenken der Tätigkeiten auf die Qualitätsbesserung der Stromversorgung möglich.

Naslovi pisaca:

**Mr. sc. Vitomir Komen, dipl. ing.**  
**Direktor Elektroprimorja Rijeka**  
**Boris Krstulja, dipl. ing.**  
**Rukovoditelj Odjela za upravljanje**  
**HEP – Distribucija d.o.o.**  
**DP Elektroprimorje Rijeka**  
**Viktora Cara Emina 2**  
**51000 Rijeka, Hrvatska**

Uredništvo primilo rukopis:  
 2004 – 05 – 06.

# NUMERIČKI ALGORITAM ZA PRORAČUN OTPORA RASPROSTIRANJA ŠTAPNOG UZEMLJIVAČA PRIMJENOM METODE INTEGRALNIH JEDNADŽBI

Tomislav Barić, Osijek – prof. dr. sc. Zijad Haznadar, Zagreb – prof. dr. sc. Srete Nikolovski, Osijek

UDK 621.3.053:518  
STRUČNI ČLANAK

Sve dostupnija osobna računala (PC) te porast njihove procesorske moći (oko 2 puta svakih 18 mjeseci – zakonitost koju je zapazio Gordon Moore davne 1965. godine) otvorila su vrata uporabi osobnih računala u gotovo svim područjima elektrotehnike, pa tako i elektroenergetike. Iako je cijena osobnih računala s obzirom na procesorsku moć u stalnom padu, mnogi profesionalni specijalizirani programski alati za proračune elektromagnetske kompatibilnosti zbog stalnog porasta cijene postaju sve nedostupniji manjim poduzećima i zainteresiranim pojedincima. Izlaz iz ovakve situacije jedino je moguć razvojem vlastitog, ovisno o namjeni specijaliziranog programskog alata. U članku je prikazan način kako se može uporabom relativno jeftinog (oko 500 €) matematičkog paketa “opće namjene” “Mathcad 2000” izvršiti proračun otpora rasprostiranja. Za proračun otpora rasprostiranja korišteno je računalo na bazi Pentium III (667 MHz) procesora s 256 Mb radne memorije. Rezultat dobiven predstavljenim algoritmom i korištenjem programskog paketa Mathcad uspoređen je s rezultatom dobivenim korištenjem suvremenog profesionalnog programskog paketa CDEGS (Current Distribution Electromagnetic Interference Grounding and Soils Structure Analysis) kanadskog proizvođača: “Safe Engineering Services & Technologies Ltd.”, kojemu je točnost provjerena na međunarodnoj razini, brojnim mjerenjima i uspoređivanjem s drugim programskim paketima.

**Ključne riječi:** otpor rasprostiranja, distribucija struje odvoda iz uzemljivača, metoda integralnih jednadžbi.

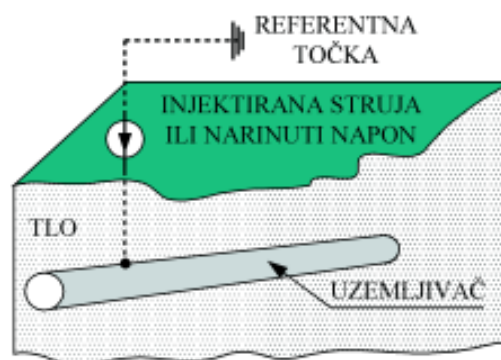
## 1. UVOD

Cilj ovog članka je pokazati opći postupak primjene metode integralnih jednadžbi za proračune otpora rasprostiranja korištenjem općenamjenskih matematičkih paketa na primjeru matematičkog paketa “Mathcad 2000”. Radi jednostavnosti izlaganja algoritam za proračun otpora rasprostiranja prvo je izveden za slučaj vrlo duboko ukopanog štapnog uzemljivača (cijevi) u tlo, zatim je isti algoritam proširen kako bi se uvažio utjecaj diskontinuiteta električne vodljivosti na granici tlo – zrak. Pod pojmom vrlo duboko ukopanog uzemljivača misli se na dubinu ukopavanja koja je nekoliko puta veća od najveće dimenzije uzemljivača. Za tlo je uzet specifični otpor od  $100 \text{ } \Omega \cdot \text{m}$ , koja je tipična vrijednost otpora tla u Slavoniji. Prikazan matematički model namjerno je sveden na oblik koji se lako može prenamijeniti za: određivanje kapaciteta voda, analizu utjecaja korozije, analizu korone na krajevima sabirnice ili iskrišta. Promatrani uzemljivač je obična cijev, kružnog poprečnog presjeka s oštrim završetkom.

## 2. FIZIKALNI MODEL

Radi pojednostavljenja fizikalne slike te izgradnje što jednostavnijeg matematičkog aparata kojemu je točnost unutar prethodno zadanih granica, pretpostavit ćemo

da je uzemljivač duboko ukopan, na taj način se može zanemariti utjecaj diskontinuiteta električne vodljivosti na granici tlo – zrak. Iako je na ovaj način svjesno učinjena pogreška fizikalnog modela prema kojemu se redovito ne može zanemariti utjecaj odslikavanja vodiča, na ovaj način se lakše dolazi do algoritma za proračun otpora rasprostiranja, odnosno lakše se provjerava konvergencija algoritma prema točnom rješenju, a poslije proširenjem dobivenog algoritma uvažava se odslikavanje te na taj način dobivamo praktično uporabljive rezultate. Nadalje potpuno je svejedno uzimamo li da je u uzemljivač (slika 1) injektirana struja



Slika 1. Trodimenzionalni prikaz vrlo duboko ukopanog cjevastog uzemljivača u uniformno homogeno tlo

ili je na njega narinut napon, uvijek dobivamo isti iznos otpora rasprostiranja.

### 3. MATEMATIČKI MODEL

Metoda integralnih jednadžbi se vrlo često koristi za proračun otpora rasprostiranja. Pogodnost ove metode u odnosu na druge, npr. FEM (Finite Element Method) ili MCM (Monte Carlo Method), je u njezinoj uspješnosti rješavanja zadaća u neograničenom prostoru. Praktički to su slučajevi kada nas zanimaju električne prilike izvan i na površini vodljivih struktura, kao što je to npr. uzemljivač. Bez obzira što distribucija površinskih struja na vodiču uzemljivača s konačnim dimenzijama nije poznata, može se pretpostaviti da je vodič uzemljivača dovoljnog presjeka na konstantnom potencijalu. Distribucija površinske gustoće struje bit će takvog oblika i iznosa kojim se osigurava jednak potencijal na cijelom uzemljivaču. Pojednostavljeni matematički izraz za skalarni električni potencijal u okolini žičanih struktura nastao zbog elementarnih izvora (površinskih struja uzemljivača), može se pisati u obliku:

$$\varphi(r) = \frac{1}{4\pi\kappa} \int_{l'} \frac{\lambda(r')}{|\vec{r} - \vec{r}'|} dl' \quad (1)$$

$$|\vec{r} - \vec{r}'| = \sqrt{(x-x')^2 + (y-y')^2 + (z-z')^2} \quad (2)$$

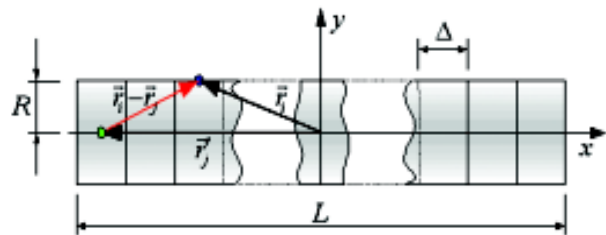
gdje je:  $\vec{r}'(x', y', z')$  koordinatni položaj izvora, tj. površinske struje,  
 $\vec{r}(x, y, z)$  koordinatni položaj točke promatranja,  
 $dl'$  krivulja integracije, odnosno geometrija vodiča,  
 $|\vec{r} - \vec{r}'|$  udaljenost između izvora i mjesta promatranja,  
 $\lambda(r')$  linijska gustoća struje duž vodiča [A/m].

Naravno, izraz (1) bi bio koristan u praksi kada bismo poznavali funkciju  $\lambda(r')$ , koja je redovito nepoznata. Korištenjem Leibnitz-ovog tretmana integrala kao beskonačne sume, u našem slučaju konačne, dobivamo

$$\varphi(r) = \frac{1}{4\pi\kappa} \int_{l'} \frac{\lambda(r')}{|\vec{r} - \vec{r}'|} dl' \approx \frac{1}{4\pi\kappa} \lim_{N \rightarrow \infty} \sum_{j=1}^N \frac{\lambda(r'_j)}{|\vec{r} - \vec{r}'_j|} \Delta l' \quad (3)$$

Navedeni integral možemo riješiti i numeričkom integracijom s time da vodič moramo izdijeliti na dovoljan broj segmenata, čiji je broj određen s obzirom na točnost rezultata. Izraz (3) bi se mogao lako riješiti numeričkom integracijom kada bi se poznavala linijska gustoća struje svakog segmenta, no kao što je prije rečeno, ona nije poznata. Iz istoga razloga je potrebno promatrati skalarni električni potencijal u onoliko točaka na površini

uzemljivača koliko ima segmenata. Na taj način dobiva se sustav jednadžbi kojemu je broj nepoznanica jednak broju jednadžbi. Radi toga potrebno je prikazati geometriju uzemljivača u koordinatnom sustavu u kojemu je jednoznačno određen položaj točke promatranja i položaj izvora polja. Izvor polja je u biti točkasti izvor smješten na osi vodiča u sredini svakog segmenta, a izražen je preko linijske gustoće struje na promatranom segmentu  $\Delta i_j = \lambda_j \cdot \Delta$  (slučaj jednakih segmenata).



Slika 2. Segmentacija vodiča i položaji elementarnih izvora i točaka promatranja

Prema proizvoljno odabranom načinu indeksiranja linijskih gustoća struje ( $\lambda_j$ ) duž pojedinog segmenta, prva s lijeva ima indeks "0", a posljednja ili krajnje desna indeks "N-1". Vodjač uzemljivača je podijeljen na N jednakih dijelova (u daljnjem tekstu segmenata) koji su označeni na jednak način kao i linijske gustoće struje  $\lambda_j$ , (slika 2). Na osnovi iznesenog, izraz (3) možemo napisati u obliku

$$\varphi_i = \frac{\Delta}{4\pi\kappa} \sum_{j=0}^{N-1} \frac{\lambda_j}{|\vec{r}_i - \vec{r}'_j|} \quad (4)$$

Položaj svake površinske gustoće struje i točke promatranja koja se nalazi na sredini svakog segmenta s obzirom na zajednički koordinatni sustav izražen s x i y koordinatama glasi:

$$\vec{r}_i = \left( -\frac{L}{2} + \Delta \cdot \left( i + \frac{1}{2} \right) \right) \hat{x} + R \cdot \hat{y} \quad \text{odnosno}$$

$$\vec{r}'_j = \left( -\frac{L}{2} + \Delta \cdot \left( j + \frac{1}{2} \right) \right) \hat{x} + 0 \cdot \hat{y} \quad (5)$$

Uvrštavanjem izraza (5) u izraz (4), dobivamo izraz (6) koji glasi

$$\varphi_i = \frac{\Delta}{4 \cdot \pi \cdot \kappa} \sum_{j=0}^{N-1} \frac{\lambda_j}{\sqrt{(\Delta(i-j))^2 + R^2}} =$$

$$= \frac{L}{4 \cdot \pi \cdot \kappa \cdot N} \sum_{j=0}^{N-1} \frac{\lambda_j}{\sqrt{(\Delta(i-j))^2 + R^2}} \quad (6)$$

gdje je:  $\kappa$  specifična vodljivost tla [S/m],  
 $\Delta$  duljina segmenta ( $\Delta = L/N$ ),



- $R$  radijus vodiča [m],  
 $\lambda_j$  linijska gustoća struje  $j$ -og segmenta [A/m],  
 $\vec{r}_i$  vektor položaja točke promatranja [m],  
 $\vec{r}'_j$  vektor položaja izvora polja [m].

Izraz (6) je temeljni izraz na osnovi kojeg će biti izvršen numerički proračun otpora rasprostiranja. Korištenjem matrične notacije izraz (6) glasi

$$[\varphi] = [p] \cdot [\lambda] \quad (7)$$

gdje je:  $[\varphi]$  vektor slobodnih koeficijenata (potencijala),  
 $[\lambda]$  vektor rješenja (nepoznanica),  
 $[p]$  matrica sustava.

Elementi matrice sustava  $[p]$  u izrazu (7) dani su sljedećom formulom

$$p_{ij} = \frac{\Delta}{4 \cdot \pi \cdot \kappa} \frac{1}{\sqrt{(\Delta(i-j))^2 + R^2}} \quad (8)$$

Na osnovi matrične jednadžbe (7) te činjenice da je vodič uzemljivača na konstantnom potencijalu  $\varphi_i = \varphi$ , zaključujemo da imamo ukupno  $N+1$  nepoznanicu, od kojih je  $N$  nepoznanica u vektoru rješenja, odnosno linijske gustoće struje  $[\lambda]^T = [\lambda_0, \lambda_1, \dots, \lambda_{N-1}]$  te preostala nepoznanica potencijal vodiča. Potencijal vodiča može biti poznata vrijednost potencijala uzemljivača ili proizvoljna vrijednost. U oba slučaja dobit ćemo istu vrijednost otpora rasprostiranja, jedino što će se razlikovati struja uzemljivača. Otpor rasprostiranja uzemljivača dan je sljedećim općim izrazom

$$R_u = \frac{\varphi_{uzemljivača} - \varphi_{ref}}{i} \quad (9)$$

gdje je:  $\varphi_{uzemljivača}$  potencijal uzemljivača [V],  
 $\varphi_{ref}$  potencijal referentne točke (najčešće uzimamo 0 V),  
 $i$  struja koja izlazi iz uzemljivača [A].

Za određivanje otpora rasprostiranja potrebno je još odrediti iznos struje koja istječe iz uzemljivača za unaprijed zadani potencijal uzemljivača. Ukupna struja koja istječe iz uzemljivača dana je izrazom

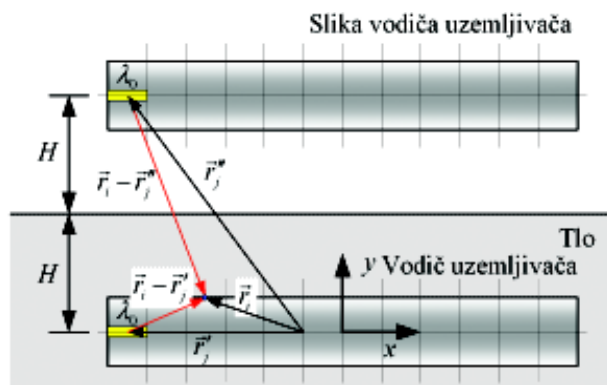
$$i = \sum_{j=0}^{N-1} \lambda_j \cdot \Delta = \frac{L}{N} \cdot \sum_{j=0}^{N-1} \lambda_j, \quad (10)$$

a dobivena je zbrajanjem struja koje istječu iz svakog segmenta vodiča.

#### 4. UTJECAJ DISKONTINUITETA ELEKTRIČNE VODLJIVOSTI

Utjecaj diskontinuiteta električne vodljivosti na granici tlo – zrak najlakše je uvažiti korištenjem metode od-

slikavanja. Pri tome su električne prilike u tlu, što uključuje i granicu tlo-zrak, takve kao da se iznad tla nalazi još jedan vodič identičan ukopanom, a koji je protjecan jednakom strujom kao i vodič uzemljivača. Točnije rečeno odslikani vodič ima jednaku površinsku distribuciju struje kao i vodič uzemljivača. Drugim riječima kao da je došlo do odslikavanja na granici tlo – zrak (slika 3).



Slika 3. Segmentacija i odslikavanje vodiča na granici tlo – zrak

S obzirom da odslikani vodič ima jednaku površinsku distribuciju struje kao i vodič uzemljivača, pogodno je indeksirati segmente, odnosno položaje linijskih gustoća struja na jednak način kao i na vodiču uzemljivača. Položaj svake površinske gustoće struje na slici uzemljivača iznad zemlje  $\vec{r}''_j$  u zajedničkom koordinatnom sustavu izraženom s  $x$  i  $y$  koordinatama glasi

$$\vec{r}''_j = \left( -\frac{L}{2} + \Delta \cdot \left( j + \frac{1}{2} \right) \right) \hat{x} + (2 \cdot H - R) \cdot \hat{y}. \quad (11)$$

Skalarni električni potencijal u  $i$ -toj točki promatranja na površini vodiča uzemljivača dobivamo proširenjem izraza (4), što se da zapisati kao

$$\varphi_i = \frac{\Delta}{4\pi\kappa} \sum_{j=0}^{N-1} \left( \frac{\lambda_{j(\text{uzemljivača})}}{|\vec{r}_i - \vec{r}'_j|} + \frac{\lambda_{j(\text{slike uzemljivača})}}{|\vec{r}_i - \vec{r}''_j|} \right). \quad (12)$$

Drugi član u zagradi predstavlja utjecaj odslikane linijske gustoće struje u  $i$ -toj točki.

Uvrštavanjem izraza (5) i (11) te svojstva  $\lambda_{j(\text{uzemljivača})} = \lambda_{j(\text{slike uzemljivača})}$  u izraz (12) dobivamo izraz (13) koji glasi

$$\varphi_i = \frac{L}{4 \cdot \pi \cdot \kappa \cdot N} \sum_{j=0}^{N-1} \left( \frac{\lambda_j}{\sqrt{(\Delta(i-j))^2 + R^2}} + \frac{\lambda_j}{\sqrt{(\Delta(i-j))^2 + (2 \cdot H - R)^2}} \right). \quad (13)$$

Izraz (13) se može prikazati u matričnoj notaciji, odnosno kao izraz (7), gdje elementi matrice sustava  $[p]$  glase

$$p_{ij} = \frac{\Delta}{4 \cdot \pi \cdot \kappa} \left( \frac{1}{\sqrt{(\Delta(i-j))^2 + R^2}} + \frac{1}{\sqrt{(\Delta(i-j))^2 + (2H-R)^2}} \right). \quad (14)$$

Detaljnije informacije o rješavanju elektromagnetskih zadaća primjenom metode integralnih jednadžbi i numeričkim postupcima u elektrotehnici zainteresirani čitatelj može pronaći u [1], [2], [3], [4], [5] i [7]. Neki elementi numeričke matematike i iterativne metode rješavanja sustava linearnih jednadžbi detaljno su opisani u [6].

## 5. IZBOR TOČAKA PROMATRANJA I NAČIN SEGMENTACIJE

Skalarni električni potencijal u bilo kojoj točki promatranja dan je kao superpozicija svih potencijala uzrokovanih istjecanjem struje iz površine svakog segmenta. Točke promatranja su odabrane tako da leže na pravcu koji je paralelan s osi uzemljivača i udaljen od nje za veličinu radijusa vodiča (što znači da se nalaze na površini uzemljivača), a s položajem koji odgovara sredini svakog segmenta. Ovakav način izbora točaka je odabran radi pojednostavljenja matematičkog modela, ali kao što će se kasnije vidjeti znatno utječe na točnost proračuna. Naime, izbor točaka promatranja, a tako i izbor položaja elementarnih izvora struje, odabire se približno tako da je gustoća točaka veća na mjestima gdje očekujemo najveću promjenu površinskih struja. Pri tome nam može koristiti sljedeća smjernica koja kaže da se najveće površinske struje mogu očekivati na oštrim bridovima ili krajevima vodiča. U nerijetkim slučajevima električna površinska aktivnost vodiča uz krajeve je takva da površinske struje imaju gotovo singularne vrijednosti. Praktički to znači pojačanu galvansku aktivnost odnosno, koroziju kod uzemljivača te koronu u slučaju sabirnice ili iskrišta.

## 6. UBRZANJE ALGORITMA

Vrlo često su uzemljivači simetrične strukture kao i u ovom slučaju te u tome slučaju nije potrebno rješavati sustav jednadžbi s  $N$  nepoznanica. Primjerice u ovom slučaju postoji samo  $N/2$  različitih nepoznanica s obzirom da vrijedi  $\lambda_0 = \lambda_{N-1}$ ,  $\lambda_1 = \lambda_{N-2}$ , ...,  $\lambda_{(N/2)-1} = \lambda_{N/2}$  tj. gustoće struje su simetrične s obzirom na  $y$  os. Na taj način je broj elemenata u matrici  $[p]$  znatno smanjen s  $N^2$  na  $(1/4)N^2$  elemenata. Ili drugim riječima potreb-

no je potrošiti  $1/4$  vremena procesorskog vremena koje bi se potrošilo na izračunavanje elemenata matrice  $[p]$  da nije iskorišteno ovo svojstvo.

## 7. ANALITIČKI IZRAZI ZA ODREĐIVANJE OTPORA RASPROSTIRANJA

Općenito su rijetki slučajevi poput ovoga, kod kojih je moguće uz pomoć analitičkih izraza odrediti otpor rasprostiranja, zbog toga se pribjegava numeričkim metodama ili empirijskim izrazima. S obzirom da je ovo slučaj kod kojeg je moguće sa zadovoljavajućom točnošću (pogrješka reda 10%) odrediti otpor rasprostiranja, iz istog razloga je i odabran za ovaj rad. Radi toga polazimo od analitičkog izraza uz pomoć kojega određujemo skalarni električni potencijal u okolišu ravnog dugog štapa, a koji je dan sljedećim izrazom:

$$\varphi(x, y) = \frac{\lambda}{4\pi\kappa} \ln \frac{x+c+\sqrt{(x+c)^2+y^2}}{x-c+\sqrt{(x-c)^2+y^2}} \quad (15)$$

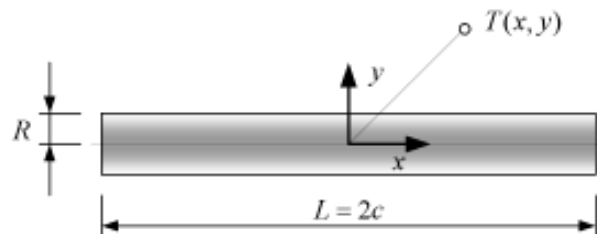
gdje je:  $x$  koordinatni položaj izvora, tj. površinske struje,

$y$  koordinati položaj točke promatranja,

$c$  pola duljine štapa [ $m$ ] ( $c = L/2$ ),

$\lambda$  linijska gustoća struje duž vodiča [ $A/m$ ].

Varijable i parametri jednadžbe (15) odnose se na sliku 4.



Slika 4. Osamljeni štapa u prostoru (flu) i relevantna geometrija

Detaljniji podaci o tome kako se došlo do izraza (15) mogu se pronaći u [3], [8] i [9].

Ovaj izraz izveden je pod pretpostavkom da je duljina štapa puno veća od njegovog radijusa, odnosno kada možemo govoriti o vitkom štapa, te da je linijska gustoća struje konstantna veličina duž vodiča. Dakle, točnost ovoga izraza uvelike ovisi o omjeru duljine i radijusa štapa, tj. izraz je točniji za veći omjer  $L/R$ . Izraz (15) inženjeri u praksi koriste za određivanje potencijala u okolišu dugog štapa te za određivanje otpora rasprostiranja. U ovom radu on će biti korišten za usporedbu s numeričkim postupkom određivanja otpora rasprostiranja. S obzirom da je ukupna struja koja istječe iz uzemljivača povezana s linijskom gustoćom struje

izrazom  $i = \lambda \cdot L$ , tada odredimo li potencijal na sredini štapa  $T=(0,R)$  te korištenjem izraza (9) dolazimo do formule za otpor rasprostiranja usamljenog ravnog štapa, a koji glasi

$$R_u = \frac{1}{4 \cdot \pi \cdot \kappa \cdot L} \ln \frac{c + \sqrt{c^2 + R^2}}{-c + \sqrt{c^2 + R^2}}. \quad (16)$$

Uvaži li se odslikavanje vodiča iznad tla, tada izraz za otpor usamljenog štapa glasi

$$R_u = \frac{1}{4 \cdot \pi \cdot \kappa \cdot L} \left( \ln \frac{c + \sqrt{c^2 + R^2}}{-c + \sqrt{c^2 + R^2}} + \ln \frac{c + \sqrt{c^2 + (2 \cdot H - R)^2}}{-c + \sqrt{c^2 + (2 \cdot H - R)^2}} \right). \quad (17)$$

Osim izraza (16) i (17), otpor rasprostiranja jednostavnog horizontalnog uzemljivača može se dosta točno i lako odrediti analitičkim izrazom temeljenim na metodi srednjeg potencijala, koji za beskonačni prostor, tj. usamljeni ravni horizontalni štap glasi:

$$R_{MSP} = \frac{1}{2\pi\kappa L} \left\{ \ln \left[ \frac{L}{R} + \sqrt{\left(\frac{L}{R}\right)^2 + 1} \right] - \sqrt{1 + \left(\frac{R}{L}\right)^2} + \frac{R}{L} \right\}. \quad (18)$$

U slučaju kada je duljina uzemljivača puno veća od njegovog radijusa  $L \gg R$  izraz (18) može se napisati u jednostavnijem obliku:

$$R_{MSP} \approx \frac{1}{2\pi\kappa L} \left\{ \ln \left[ \frac{2L}{R} \right] - 1 \right\}. \quad (19)$$

Uvažavanjem odslikavanja na granici tlo-zrak izraz (18) prelazi u:

$$R_{ASP} = \frac{1}{2\pi\kappa L} \left\{ \ln \left[ \frac{L}{R} + \sqrt{\left(\frac{L}{R}\right)^2 + 1} \right] - \sqrt{1 + \left(\frac{R}{L}\right)^2} + \frac{R}{L} + \ln \left[ \frac{L}{2H - R} + \sqrt{\left(\frac{L}{2H - R}\right)^2 + 1} \right] - \sqrt{1 + \left(\frac{2H - R}{L}\right)^2} + \frac{2H - R}{L} \right\}. \quad (20)$$

## 8. MATEMATIČKI PROGRAMSKI PAKETI

Programski paket Mathcad 2000, odnosno njegova novija inačica Mathcad 2001, namijenjen je prvenstveno inženjerima u praksi te za studente tehničkih znanosti. Odlikuje ga visoka fleksibilnost u radu i vrlo jednostavna sintaksa. Proizvod je tvrtke: "MathSoft Inc." S obzirom da je cijena ovog programa oko 500 € postao

je vrlo popularan među studentima tehničkih znanosti u zapadnoj Europi. Osim ovog u novije vrijeme sve popularnijeg programa postoje razne inačice programa Mathematica koji je proizvod tvrtke: "Wolfram Research, Inc". Ovaj program ima razrađenije i znatno brže algoritme za rješavanje matematičkih zadataka, međutim složeniju sintaksu. Posljednji program omogućava rad s golemim matricama te posjeduje akceleratorne algoritme za rad s istim, što može biti od presudnog značenja ukoliko je potrebno riješiti matricu s vrlo velikim brojem elemenata, primjerice više milijuna elemenata. S druge pak strane ovaj program je naveden samo informativno s obzirom da mu se cijena kreće oko 2000 €. Pojednosti o oba navedena programa mogu se naći na sljedećim web adresama: [www.wolfram.com](http://www.wolfram.com) za Mathematicu, odnosno [www.mathsoft.com](http://www.mathsoft.com) za Mathcad 2000.

## 9. PROFESIONALNI PROGRAMSKI PAKETI ZA PRORAČUN OTPORA RASPROSTIRANJA

Među najpoznatijim profesionalnim programskim paketima za proračun otpora rasprostiranja je programski paket CDEGS (Current Distribution Electromagnetic Interference Grounding and Soils Structure Analysis) kanadskog proizvođača: "Safe Engineering Services & Technologies Ltd.". Programski paket se sastoji od više programskih modula, uz koje je moguće izvršiti cijeli niz elektromagnetskih proračuna unutar i izvan postrojenja. Unutar programskog paketa CDEGS za proračune uzemljivača ponuđena su dva modula: jedan za niske frekvencije MALT, korišten u ovom radu, a drugi HIFREQ za visoke frekvencije, koji elektromagnetske zadatke rješava korištenjem teorije elektromagnetskih polja. Detaljnije informacije o programskom paketu CDEGS mogu se pronaći u [5]. U ovom radu korišten je modul MALT, kojemu je cijena oko 5000 \$. Točnost rezultata dobivenih ovim programskim paketom višestruko je provjerena u izvješćima i radovima prezentiranim na brojnim međunarodnim konferencijama, uključujući IEEE. Sam programski paket koristi metodu momenata (poseban slučaj metode integralnih jednadžbi) za proračun otpora rasprostiranja. Pojednosti o navedenom programu mogu se naći na sljedećoj web adresi: [www.sestech.com](http://www.sestech.com).

## 10. ALGORITAM ZA PRORAČUN OTPORA RASPROSTIRANJA

Numerički proračun otpora rasprostiranja na osnovi prezentiranog algoritma izvršen je korištenjem općeg namjenskog programa Mathcad 2000. Vodič uzemljivača duljine 1 m i radijusa 1 cm podijeljen je na različit broj segmenata počevši od 10 segmenata pa sve do 100 segmenata u koracima po 10 segmenata. Za vodljivost tla uzeta je vrijednost od 0.01 S/m. Kratak ispis programa koji je korišten u ovom radu prikazan je u idućim redcima.

**Naredba**

$$N := 100 \quad L := 1 \quad R := 0.01$$

$$\kappa := 0.01$$

$$i := 0..(N-1)$$

$$j := 0..(N-1)$$

$$\Delta := \frac{L}{N}$$

$$p_{i,j} := \left( \frac{\Delta}{4 \cdot \pi \cdot \kappa} \right) \cdot \frac{1}{\sqrt{[\Delta \cdot (i-j)]^2 + R^2}}$$

$$k := C$$

$$\phi_{j,k} := C$$

$$\lambda := \text{lsolve}(p, \phi)$$

$$I := \Delta \cdot \sum_{j=0}^{N-1} \lambda_j$$

$$R_u := \frac{\phi_{0,0}}{I}$$

**Za uvažavanje utjecaja ukopavanja potrebni su sljedeći redci**

$$H := 0.7 \quad \text{Dubina ukopavanja [m]}$$

$$p_{i,j} := \left( \frac{\Delta}{4 \cdot \pi \cdot \kappa} \right) \cdot \left[ \frac{1}{\sqrt{[\Delta \cdot (i-j)]^2 + (R)^2}} + \frac{1}{\sqrt{[\Delta \cdot (i-j)]^2 + (2 \cdot H - R)^2}} \right]$$

**Za izračunavanje otpora rasprostiranja analitičkim izrazima potrebni su sljedeći redci**

$$R_{msp1} := \left( \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \kappa \cdot L} \right) \cdot \left[ \ln \left[ \left( \frac{L}{R} \right) + \sqrt{\left( \frac{L}{R} \right)^2 + 1} \right] - \sqrt{\left( \frac{R}{L} \right)^2 + 1} + \frac{R}{L} \right]$$

$$R_{msp2} := R_{msp1} + \left( \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \kappa \cdot L} \right) \cdot \left[ \ln \left[ \left( \frac{L}{2 \cdot H - R} \right) + \sqrt{\left( \frac{L}{2 \cdot H - R} \right)^2 + 1} \right] - \sqrt{\left( \frac{2 \cdot H - R}{L} \right)^2 + 1} + \frac{2 \cdot H - R}{L} \right]$$

$$c := \frac{L}{2} \quad \text{Pola dužine vodiča [m]}$$

$$Ru1 := \left( \frac{1}{4 \cdot \pi \cdot \kappa \cdot L} \right) \cdot \ln \left( \frac{c + \sqrt{c^2 + R^2}}{-c + \sqrt{c^2 + R^2}} \right)$$

$$Ru2 := Ru1 + \left( \frac{1}{4 \cdot \pi \cdot \kappa \cdot L} \right) \cdot \ln \left[ \frac{c + \sqrt{c^2 + (2 \cdot H - R)^2}}{-c + \sqrt{c^2 + (2 \cdot H - R)^2}} \right]$$

\* Oznake:  $R_{msp1}$ ,  $R_{msp2}$ ,  $R_{u1}$  i  $R_{u2}$  uvedene su radi elegantnijeg zapisa programa

**Komentar**

Broj segmenata, dužina i radijus vodiča [m]

Specifična vodljivost tla [S/m]

Povećavaj vrijednost indeksa  $i$  od 0 do  $(N-1)$  s korakom od 1

Povećavaj vrijednost indeksa  $j$  od 0 do  $(N-1)$  s korakom od 1

Dužina segmenta vodiča [m]

Definicija elementa matrice  $[p]$  ( $i$  = redak,  $j$  = stupac)

Indeks prvog stupca u matrici  $[p]$ , prvi stupac ima indeks 0 a zadnji  $N-1$

Proizvoljno zadan potencijal uzemljivača od 1 [V], elementi vektora rješenja

Naredba za rješavanje sustava jednadžbi

Ukupna struja koja istječe iz uzemljivača

Definicija otpora rasprostiranja.

**10. ANALIZA REZULTATA**

Prva analiza dobivenih rezultata provedena je za osamljen vodič u tlu, uz zanemaren utjecaj odslikavanja (tablice 1 i 2). Usporedbom dobivenih rezultata vidljivo je da programski paket CDEGS daje točniji rezultat za manji broj segmenata, ali povećanjem broja segmenata sporije konvergira prema točnijem rješenju. Nasuprot tome prezentirani algoritam za mali broj segmenata daje lošiji rezultat, ali brzo konvergira prema točnom rješenju (vidi sliku 5). Iz slike 5 može se zaključiti da je za prezentirani algoritam potrebno uzeti barem 50-tak segmenata kako bi se rezultat mogao smatrati prihvatljivim.

Kako bi se mogla odrediti točnost, odnosno pogreška prezentiranog algoritma, za točnu vrijednost otpora rasprostiranja uzeta je vrijednost dobivena uz pomoć programskog paketa CDEGS koja iznosi  $R_u = 67.146 \Omega$  ( $N=100$  segmenata). Postotne pogreške prezentiranog algoritma i analitičkih izraza (16) i (18) u odnosu na programski paket CDEGS dane su u tablici 2. Prema tablici 2 pogreška prezentiranog algoritma iznosi – 0.095%, što je izvrsno slaganje s profesionalnim programom.

Drugi dio analize proveden je za izračunate otpore rasprostiranja dodatnim algoritmom uz pomoć kojega je uvažen utjecaj odslikavanja na granici tlo-zrak. Sažeti rezultati prikazani su u tablicama 3 i 4. Konvergencija je slična kao i u prethodnom slučaju, pa nije posebno analizirana. U ovom slučaju dobiveni otpor rasprostiranja je nešto veći (oko 10 %) u odnosu na prethodni slučaj, što znači da se obvezatno mora uzeti u obzir utjecaj odslikavanja na granici tlo – zrak.

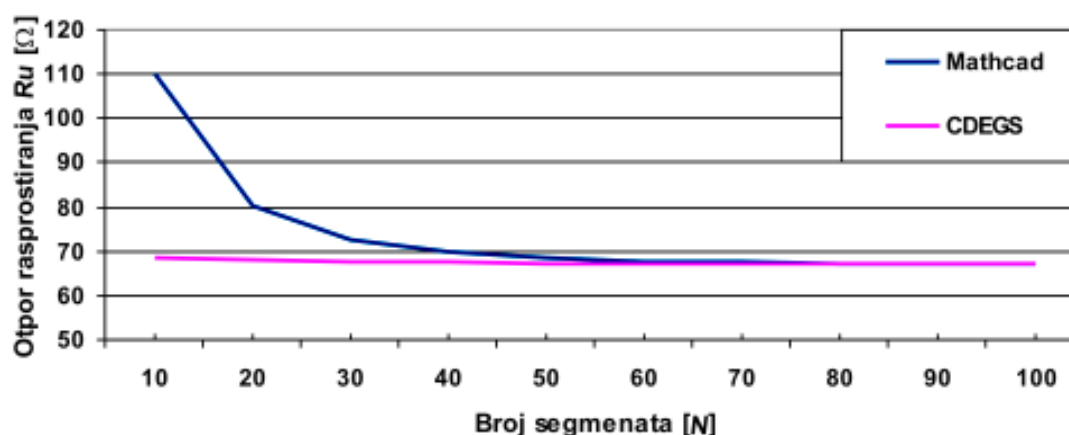
**Tablica 1. Usporedba rezultata dobivenih različitim programima za različit broj segmenata\***

Broj segmenata $N$		10	20	30	40	50
Otpor rasprostiranja $[\Omega]$	Mathcad 2000	109.952	80.197	72.57	69.700	68.426
	CDEGS	68.411	67.840	67.583	67.432	67.331

\* Rezultati dobiveni zanemarivanjem odslikavanja

**Tablica 1. nastavak**

Broj segmenata $N$		60	70	80	90	100
Otpor rasprostiranja $[\Omega]$	Mathcad 2000	67.802	67.47	67.28	67.162	67.082
	CDEGS	67.261	67.211	67.177	67.153	67.146

**Slika 5. Ovisnost otpora rasprostiranja  $R_u$ , o broju segmenata  $N$** **Tablica 2. Pogreške različitih načina određivanja otpora rasprostiranja\***

Način određivanja otpora rasprostiranja	Mathcad 2000	CDEGS	Jednadžba (16)	Jednadžba (18)
Otpor rasprostiranja $[\Omega]$	67.082	<b>67.146</b>	73.295	68.569
Pogrješka [%]	-0.095	<b>referenca</b>	9.16	2.119

\* Rezultati dobiveni zanemarivanjem odslikavanja

Kao i u prethodnom slučaju za točnu vrijednost otpora rasprostiranja uzeta je vrijednost dobivena programskim paketom CDEGS koja iznosi  $R_u=72.482 \Omega$  (za  $N=100$  segmenata). Postotne pogreške prezentiranog algoritma i analitičkih izraza (17) i (20) u odnosu na programski paket CDEGS dane su u tablici 4. Prema tablici 4

pogrješka prezentiranog algoritma iznosi 0.108%, što je izvrsno slaganje s profesionalnim programom.

Ponekad u slučaju proučavanja korozije može biti zanimljiva površinska strujna aktivnost uzemljivača, odnosno distribucija površinskih struja. Naime korozija vodiča proporcionalna je strujnoj aktivnosti površine.

**Tablica 3. Usporedba rezultata dobivenih različitim programima za različit broj segmenata\***

Broj segmenata $N$		10	20	30	40	50
Otpor rasprostiranja [ $\Omega$ ]	Mathcad 2000	115.455	85.690	78.057	75.184	73.909
	CDEGS	73.778	73.193	72.930	72.775	72.672

\* Dubina ukopavanja je 0.7 m

**Tablica 3. nastavak**

Broj segmenata $N$		60	70	80	90	100
Otpor rasprostiranja [ $\Omega$ ]	Mathcad 2000	73.283	72.951	72.760	72.641	72.560
	CDEGS	72.601	72.549	72.515	72.490	72.482

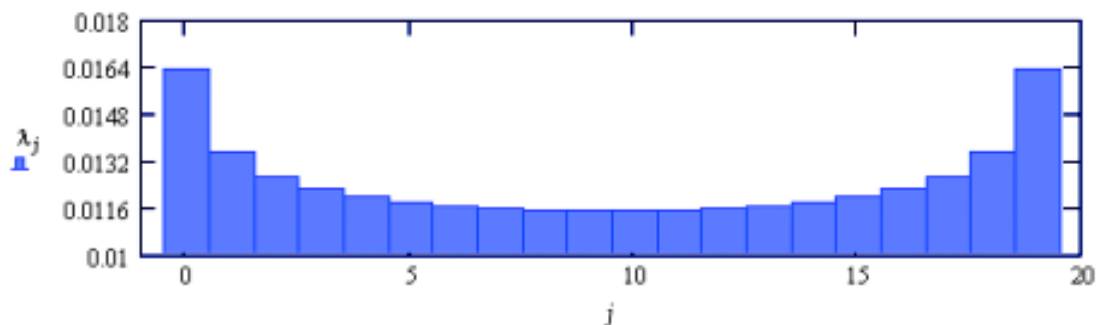
**Tablica 4. Pogreške različitih načina određivanja otpora rasprostiranja\***

Način određivanja otpora rasprostiranja	Mathcad 2000	CDEGS	Jednadžba (17)	Jednadžba (20)
Otpor rasprostiranja [ $\Omega$ ]	72.560	<b>72.482</b>	78.903	74.078
Pogrješka [%]	0.108	<b>referenca</b>	8.859	2.202

\* Dubina ukopavanja je 0.7 m

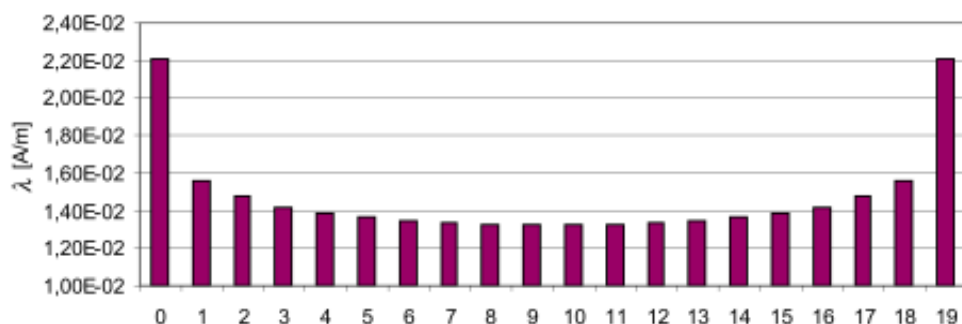
Grafički prikaz dobiven je korištenjem grafičkog sučelja programa Mathcad 2000, te programa EXCEL, kojim su prikazani rezultati dobiveni programskim paketom CDEGS, jer isti ne daje odgovarajuću rezoluciju prilikom prikazivanja površinskih struja odvoda. Površinske struje su određene za narinuti napon od 1 V na promatrani uzemljivač, a odnose se na slučaj kada je zanemareno odslikavanje. Kao što je i očekivano, funkcija distribucije površinskih struja je sedlastog oblika, odnosno simetrična s obzirom na središte vodiča (slike: 6, 7, 8, 9 i 10). Usporedbom slika 6 i 7, odnosno slika 8 i 9, uočljivo je odstupanje iznosa linijskih gustoća struja, koje su dobivene prezentiranim algoritmom i pro-

gramskim paketom CDEGS, što je posljedica različite interpretacije površinskih struja. Prezentirani algoritam nadomješta struju koja istječe iz segmenta s ekvivalentnim točkastim izvorom postavljenim u središte segmenta, dok programski paket CDEGS za niske frekvencije koristi jednadžbu (15) kojom opisuje skalarni potencijal u okolini segmenta, odnosno koristi model s distribuiranim izvorom polja. Za veliki broj segmenata ova razlika se smanjuje, jer je broj točkastih izvora polja po jedinici duljine vodiča takav da se može govoriti o distribuiranoj struji na vodiču, što je inherentno svojstvo jednadžbe (15).

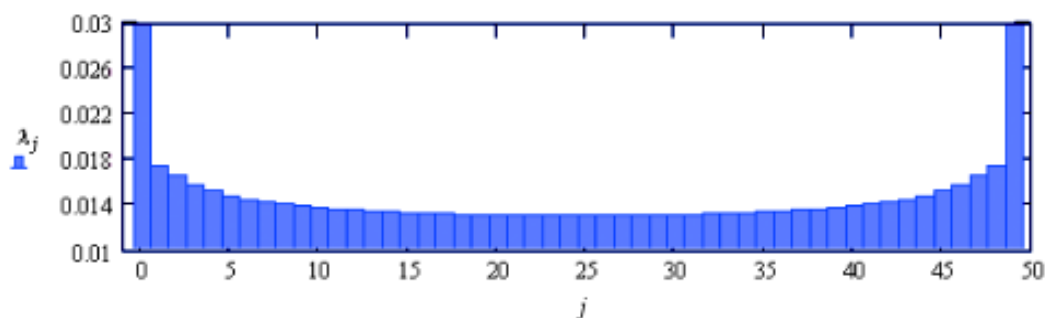
**Slika 6. Distribucija površinskih struja  $\lambda_j$  [A/m], rezultat dobiven korištenjem programa Mathcad 2000 ( $N=20$ )**

Slike 9 i 10 prikazuju neočekivane iznose površinskih struja uz rubove vodiča (predzadnji segmenti). Naime, strujna aktivnost uzemljivača mora monotono rasti od središta prema rubu vodiča, a ne propadati prije ruba vodiča (predzadnji segmenti) kako to prikazuju slike 9 i 10. Na krajevima, odnosno rubovima vodiča, strujna aktivnost teorijski može poprimiti singularne vrijednos-

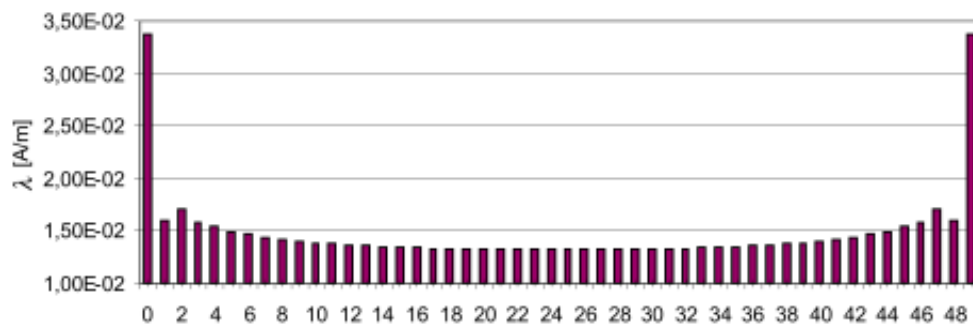
ti, praktično to znači veću koroziju uz rub uzemljivača. Dobiveni rezultat prema slikama 9 i 10 je matematički točan, ali nema fizikalno opravdanje. Da bi se izbjegao navedeni nedostatak za svaki model poput ovoga treba istražiti mjeru do koje se smije smanjivati duljina segmenta. Za prikazani slučaj distribucija površinskih struja daje očekivane rezultate sve dok je duljina segmenta



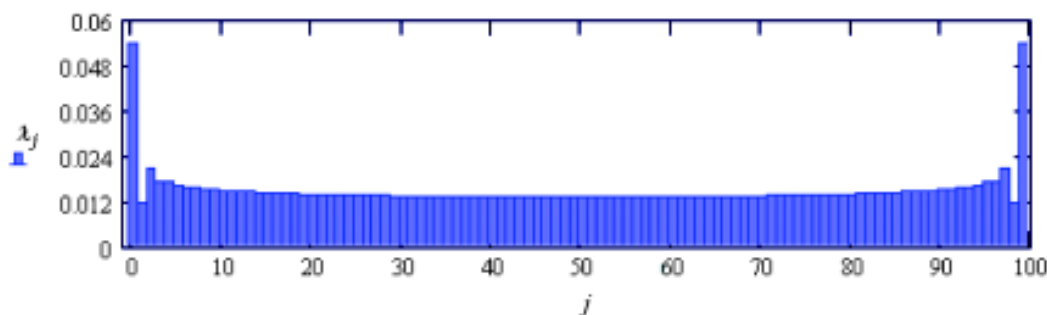
Slika 7. Distribucija površinskih struja  $\lambda_j$  [A/m], rezultat dobiven korištenjem CDEGS programa ( $N=20$ ), slika dobivena korištenjem EXCEL-a



Slika 8. Distribucija površinskih struja  $\lambda_j$  [A/m], rezultat dobiven korištenjem programa Mathcad 2000 ( $N=50$ )



Slika 9. Distribucija površinskih struja  $\lambda_j$  [A/m], rezultat dobiven korištenjem CDEGS programa ( $N=50$ ), slika dobivena korištenjem EXCEL-a



Slika 10. Distribucija površinskih struja  $\lambda_j$  [A/m], rezultat dobiven korištenjem programa Mathcad 2000 ( $N=100$ )

veća od promjera vodiča. Iako je točnost u određivanju distribucije površinskih struja ograničena s obzirom na duljinu segmenata, ista granica ne vrijedi za određivanje otpora rasprostiranja. Duljina segmenta prigodom određivanja otpora rasprostiranja ne bi trebala biti manja od radijusa vodiča za prikazani model s odgovarajućim točkastim izvorima na sredini svakog segmenta.

Navedeni algoritam uz zanemarive izmjene može poslužiti za određivanje kapaciteta vodiča, analizu korone i korozije. Detaljniji podaci o tome kako se mogu izvršiti navedene izmjene mogu se pronaći u [3].

## 11. ZAKLJUČAK

Na osnovi dobivenih rezultata korištenjem općeg namjenskog programa Mathcad i profesionalnog programskog alata CDEGS možemo zaključiti da je u većini slučajeva, prigodom često ponavljanih proračuna uzemljivača ili u netipičnim slučajevima geometrija, daleko bolje koristiti opće namjenske matematičke programe jer su odgovarajući specijalizirani programi za proračune otpora rasprostiranja daleko skuplji i imaju složeniji unos podataka s obzirom da ciljaju na veći dio tržišnog kolača. Sveopća recesija svjetskog gospodarstva i prateće "kresanje" proračunskih izdataka gotovo u svim zemljama u posljednje vrijeme uvjetuju alternativne pristupe prema jeftinijim rješenjima. U ovom radu prikazana je jedna mogućnost smanjenja proračunskih izdataka za nabavu adekvatnog programskog paketa za navedene i njima slične probleme, uporabom znatno jeftinijeg općenamjenskog matematičkog programskog paketa Mathcad. Želja autora je bila potaknuti inženjere u praksi i zainteresirane pojedince prema razvoju vlastitih algoritama za proračune otpora rasprostiranja i sličnih zadaća. Razvoj vlastitih programa osim uštede na proračunskim izdacima pojedinog poduzeća, vode prema kvalificiranju inženjera u području numeričke elektrotehnike te otvaraju mogućnost dodatne zarade prodajom razvijenih vlastitih algoritama, odnosno programskih paketa u još uvijek kod nas nerazvijenom tržištu domaćeg software-a.

## LITERATURA

- [1] M. N. O. SADIKU, "Numerical techniques in electromagnetics", [2nd ed.]. CRC Press Boca Raton London New York Washington, D.C., ISBN 0-8493-1395-3 (alk. paper).
- [2] Z. HAZNADAR and Ž. ŠTIH, "Electromagnetics Fields, Waves and Numerical Methods", IOS Press, Ohmsha, Amsterdam, ISBN: 1383-7281, Volume 20, 2000.
- [3] Z. HAZNADAR, Ž. ŠTIH, "Elektromagnetizam", Školska knjiga, Zagreb, 1997.
- [4] S. BERBEROVIĆ, Z. HAZNADAR, Ž. ŠTIH, "Method of moments in analysis of grounding systems", Engineering Analysis with Boundary elements, vol. 27, ISSUE 4, 2003 pp. 351-360.
- [5] "CDEGS User Manual" Safe Engineering Service & technologies ltd. 2003.
- [6] KOPCHENOVA and I. A. MARON, Computational Mathematics, N.V. English translation, Mir Publishers Moscow, 1975.
- [7] J. MA and F. P. DAWALIBI, "Modern Computational Methods for the Design and Analysis of Power System Grounding", Proceedings of the 1998 International Conference on Power System Technology, Beijing, August 18-21, 1998, Vol.pp. 122-126.
- [8] B. D. POPOVIĆ, "Zbornik problema iz elektromagnetike", Građevinska knjiga, Beograd, 1972.
- [9] H. POŽAR, "Visokonaponska rasklopna postrojenja", Tehnička knjiga, Zagreb, 1990.

## NUMERICAL ALGORITHM OF GROUNDING RESISTANCE OF VERTICAL ROD USING METHOD OF INTEGRAL EQUATION

PC becoming more affordable as well as its processing possibilities (about two times every 18 months – the connection that Gordon Moore in the early 1965 observed) opened the door to PC use in almost all electrical engineering fields including electric energy supply. Although the price of PC considering processing power is declining permanently, many professional specialised programming tools for electromagnetic compatibility because of permanent price increase become unaffordable for smaller companies and interested private persons. The way out of this situation is possible only by developing one's own, application depending and specialised software. In the paper it is shown how using a relatively cheap (about 500 Euro) mathematical package for general use "Mathcad 2000" a calculation of grounding resistance could be done. For the calculation of grounding resistance a computer based on Pentium III (667 MHz) processor of 256 Mb working memory has been used. The result obtained by the algorithm and Mathcad Programming Package has been compared to the results obtained by using the current professional programming package CDEGS (Current Distribution Interference Grounding and Soils Structure Analysis) of the Canadian producer "Safe Engineering Services & Technologies Ltd.". Its accuracy has been tested internationally using numerous measurements and comparing it with other programming packages.

## NUMERISCHES RECHENVERFAHREN ZUR BERECHNUNG DES AUSBREITUNGSWIEDERSTANDES EINES ERDUNGSSTABES

Immer zugänglichere Personal-Computer und das Wachsen der Leistung der Processoren (etwa Verdoppelung aller 18 Monate, - von Gordon Moore schon im längst vergangenen Jahr 1965 wahrgenommen) haben die Tore deren Anwendung in fast allen Bereichen der Elektrotechnik, Elektroenergetik inbegriffen, geöffnet. Trotzdem der Preis von Personal-Computern mit Rücksicht auf deren Prozessorleistung immer weiter sinkt, viele fachorientierte Programmspezialwerkzeuge für die Berechnung der elektromagnetischen Kompatibilität werden, wegen dem immer höheren Preise, den kleinen Unternehmen und interessierten Einzelpersonen



immer unzugänglicher. Die Lösung dieser Umstände liegt nur in der Schaffung eines eigenen je nach Zweck spezialisierten Programmwerkzeugs. Aus dem Artikel ist ersichtlich, wie man, unter Anwendung des "Mathcad" - eines relativ billigen mathematischen Paketes (etwa 500 €) "für allgemeine Zwecke" - den Erdungswiderstand berechnen kann. Für die Berechnung des Erdungswiderstandes wurde ein Computer mit Pentium III (667 MHz) Prozessor und 256 Mb RAM zugezogen. Das mittels dem dargestellten Algorithmus unter Anwendung des Programmpaketes Mathcad gewonnene Ergebnis wurde mit jenem aus dem zeitgemässen professionellen Programmpaket CDEGS (Current Distribution Electromagnetic Interference Grounding and Solids Structure Analysis) des kanadischen Herstellers "Safe Engineering Services & Technologies Ltd." gewonnenen verglichen. Die Genauigkeit dieses Programmes ist international geprüft und mit Ergebnissen zahlreicher Messungen, sowie anderer Programmpaketen verglichen.

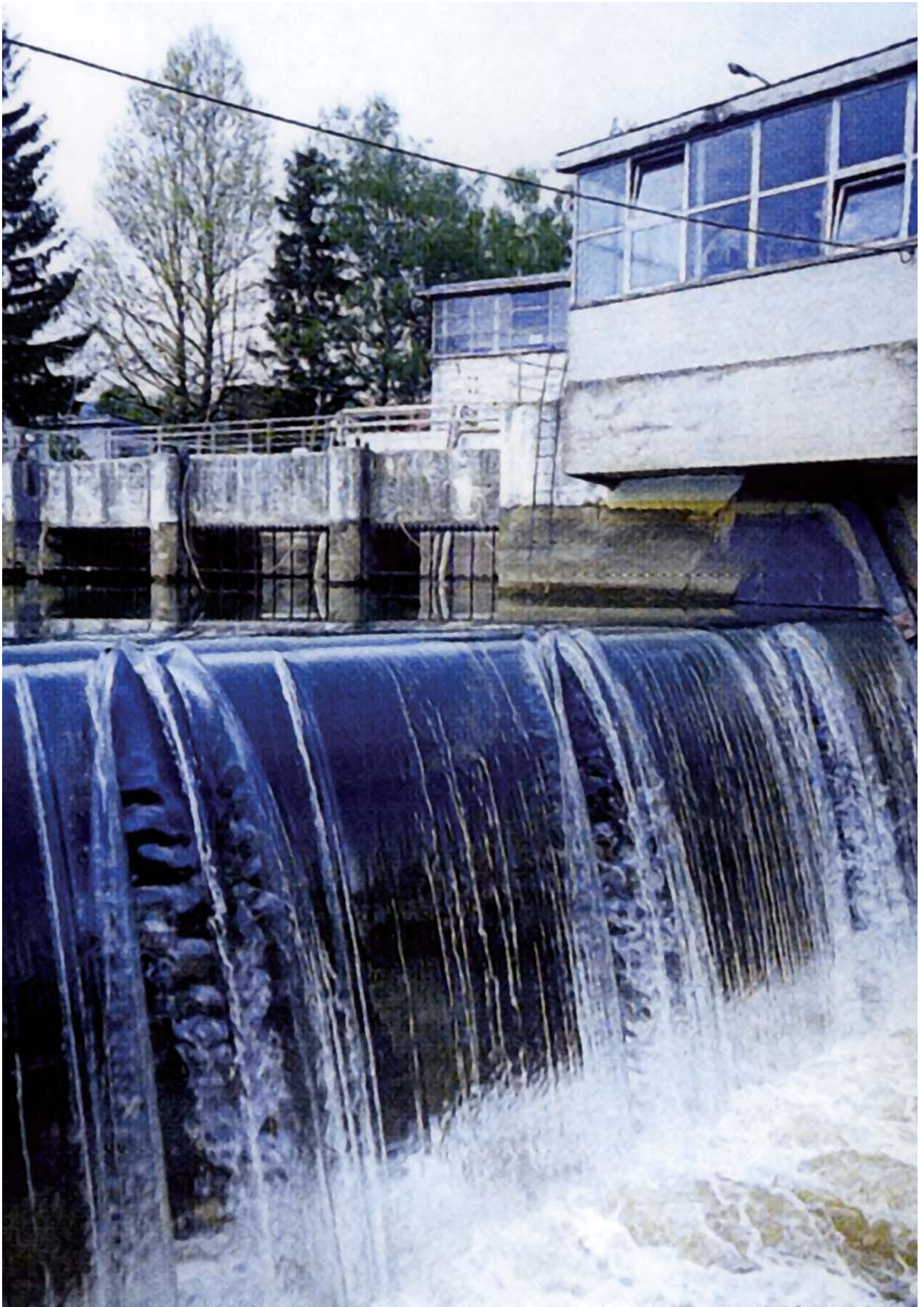
Naslovi pisaca:

**Tomislav Barić, dipl. ing.**  
**Elektrotehnički fakultet**  
**Kneza Trpimira 2 b,**  
**31000 Osijek, Hrvatska**

**prof. dr. sc. Zijad Haznadar, dipl. ing.**  
**Fakultet elektrotehnike i računarstva**  
**Unska 3, 10000 Zagreb, Hrvatska**

**prof. dr. sc. Srete Nikolovski, dipl. ing.**  
**Elektrotehnički fakultet**  
**Kneza Trpimira 2 b,**  
**31000 Osijek, Hrvatska**

Uredništvo primilo rukopis:  
2004 – 03 – 19.



# SMANJENJE TROŠKOVA KABLIRANJA POVEĆANJEM MEHANIČKE OTPORNOSTI SREDNJONAPONSKOG XHE 49A KABELA

Mr. sc. Krešimir Škelj, Zagreb

UDK 621.315.21:338.52  
STRUČNI ČLANAK

U članku se razmatraju europski trendovi u razvoju plašta srednjonaponskog kabela te analizira kako nove konstrukcije kabela mogu biti pogodne za ukapanja kabela izravno u zemlju bez uporabe posteljice, te kako takav način polaganja smanjuje ukupne troškove polaganja.

Obrađuje se laboratorijsko mehaničko ispitivanje XHE 49A 1x150/25 mm<sup>2</sup> 12/20 kV kabela na udarce i stalni pritisak oštrim predmetom i tako simulira moguća naprezanja do kojih može doći prilikom polaganja kabela na terenu. Prikazuju se nove konstrukcije kabela koje mogu biti upotrijebljene za izravno polaganje kabela bez uporabe posteljice.

**Ključne riječi:** srednjonaponski kabel, mehanička opterećenja plašta, smanjenje troškova.

## Uvod

Razvoj novih materijala i pojeftinjenje postojećih omogućio je napredak u razvoju elektroenergetskih kabela. Pokazano je da se ekstrudiranjem nekih dodatnih materijala preko standardnog XHE 49 kabela mogu značajno poboljšati mehanička svojstva plašta.

Kompletno istraživanje izravnog ukapanja srednjonaponskih kabela s pojačanim plaštem u zemlju, bez uporabe posteljice, potakao je EDF (francuska elektroprivreda) i kao rezultat njegove suradnje s vodećim francuskim proizvođačima kabela, očekuje se do sredine 2004 izlazak revizije standada C 33-226 koji će točno opisati uvjete koje mora ispuniti takav kabel.

Do sada su u svijetu srednjonaponski kabeli s pojačanim plaštem postavljeni na nekoliko testnih linija u Francuskoj te na jednoj u Švicarskoj.

U nekim slučajevima moguće je energetske kabele koje se danas koriste (izrađene prema HRN HD 620) upotrijebiti za izravno ukapanje u zemlju. Za takav postupak bilo bi potrebno iskopani materijal fino usitniti i iskoristiti ga za ukapanje kabela. Ipak na dosta lokacija u Hrvatskoj (posebno na krškim predjelima) to nije moguće, pa je za izradu posteljice nužna uporaba dovezenog pijeska. Posteljica štiti kabel od vanjskih mehaničkih utjecaja te također pridonosi odvođenju topline.

Nažalost, uporaba pijeska najčešće je povezana s organizacijom kamiona za dovoz i privremenog odlagališta

što čini glavninu troškova kod "Organizacije polaganja" na slici 1 i 2. Uporaba pijeska također je povezana s fenomenom povećanog termičkog otpora zbog isušivanja pijeska.

Slike 1 i 2 prikazuju procjenu ukupnih troškova projektiranja i polaganja kabela prema [4].

Opis nekih stavki slike 1 i 2:

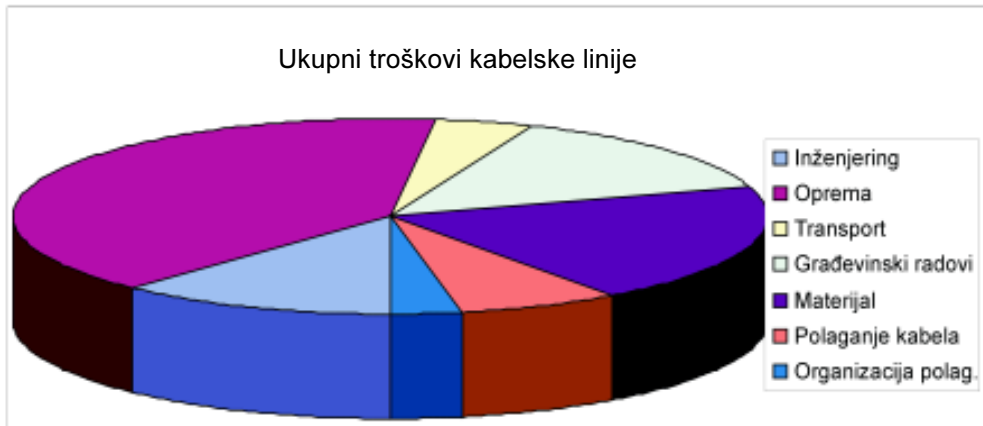
- "Oprema" – kabeli, spojnice i glave
- "Materijal" – materijal (pijesak, usitnjena zemlja), ojačanja (betonska, drvena ili cigle) potrebna za zatrpavanje kabela u rov.

Uporabom kabela s pojačanim plaštem (slika 2) omogućuje se izravno ukapanje kabela u zemlju bez uporabe posteljice.

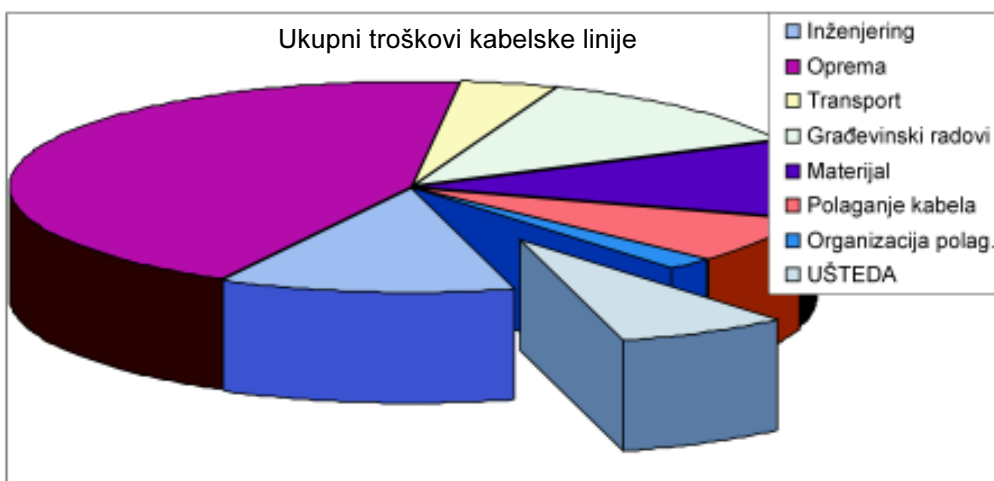
Ova promjena konstrukcije mijenja ukupnu strukturu troškova na sljedeći način:

- značajna ušteda na materijalu jer nema pijeska
- ušteda na organizaciji polaganja (nema organizacije dopreme i skladištenja pijeska)
- ušteda na građevinskim radovima jer je potreban plići rov
- poskupljenje kabela zbog pojačanja plašta (povećava se nešto cijena i težina po metru).

Ukupno gledajući, primjena novog koncepta donosi smanjenje ukupnih troškova.



Slika 1. Troškovi projektiranja i polaganja klasičnog srednjonaponskog kabela



Slika 2. Troškovi projektiranja i polaganja kabela s pojačanim plaštem

U nastavku rada prikazuju se neke izvedbe XHE 49 kabela s ojačanim plaštom koji bi se mogli upotrijebiti za izravno ukapanje u zemlju bez uporabe posteljice.

Također se ispituje kolika mehanička naprezanja i oštećenja može izdržati plašt konstruiran prema HRN HD 620 S1:2000 te kojim poboljšanjima se može povećati mehanička otpornost plašta. Ukoliko se prilikom polaganja srednjonaponskog kabela striktno ne poštuju mjere opisane granskom normom HEP distribucije d.o.o. N.033.01., može doći do oštećenja plašta kabela slično simulacijama razmatranim u nastavku rada (što je poslije najčešći uzrok neispravnosti kabela).

Razmatrana su tri uvjeta koja kabel mora zadovoljiti :

1. mehanička otpornost izolacije na udarce oštrim predmetima po plaštu
2. mehanička otpornost plašta na udarce oštrih predmeta
3. mehanička otpornost plašta na stalni pritisak oštrog predmeta.

U svim ispitivanjima korišten je kabel XHE 49A 1x150/25 mm<sup>2</sup> 12/20 kV koji se dalje u radu naziva samo XHE

49. Vanjski plašt od PE debeo je 2,5 mm te su dodatno na taj plašt ekstrudirana tri različita materijala (PE te M1 i M2) u debljini od 1,5 mm.

Iako IEC 60811-3-1 propisuje kako ispitati mehanička svojstva plašta, nema definirana ispitivanja koja će u radu biti prikazana.

### 1. MEHANIČKA OTPORNOST IZOLACIJE XHE 49A NA UDARCE OŠTRIM PREDMETIMA PO PLAŠTU

Ovim ispitivanjem se željelo razjasniti je li moguće vanjskim udarcima zanemarivo oštetiti plašt tako da on ostane u funkciji (i nema vizualna oštećenja), a da se pri tome unutarnji slojevi kabela oštete tako da kabel više ne zadovoljava uvjete propisane standardom.

#### Metoda ispitivanja

Za provedbu ovog ispitivanja upotrijebljena je sprava za udarce koja je na slici 3 prikazana u položaju prije i za vrijeme udarca.



Slika 3. Sprava za udaranje prije i nakon udara

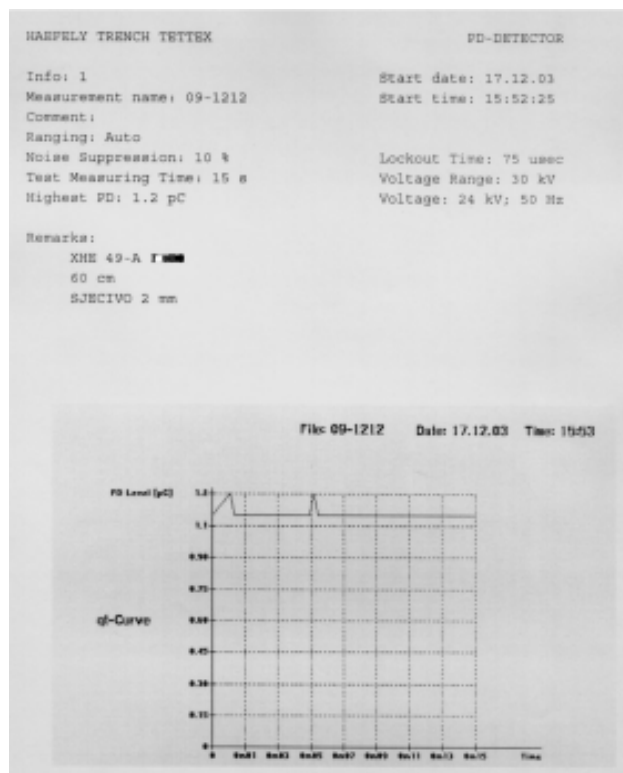
Energija udara povećavana je na način da je povećavana visina s koje je ispuštan 10,5 kg težak uteg sve dok nije došlo do pucanja plašta. Prodor vode kroz plašt dogodio se prilikom udara s visina od 0,5 m što znači da je pri tome plašt udaren energijom od 51,5 J na površinu od (oštrica 2x50 mm) 100 mm<sup>2</sup>.

Tada se pristupilo provjeri parcijalnih izboja.

Rezultati ispitivanja pokazali su da su parcijalni izboji manji od 2 pC što zadovoljava normu HEP distribucije d.o.o. N.033.01. Do povećanih parcijalnih izboja 10 pC i više dolazi tek pošto se energija udara povećala za

20-40% čime je došlo do presjecanja ekrana i poluvodljivog sloja.

Uvjeti opterećenja simulirani su metodom konačnih elemenata i dobiveni rezultati prikazani su na slici 5. Boje na slici prikazuju odnos između trenutnog opterećenja i opterećenja kada materijal počinje teći. Vidljivo je da kada radi mehaničkog opterećenja dolazi do oštećenja PE plašta, opterećenja izolacija i poluvodljivi slojevi se još nalaze u elastičnom području materijala.



Slika 4. Mjerenje parcijalnih izboja



Energija udarca povećavana je na način da je povećavana visina s koje je više puta ispuštan 10,5 kg težak uteg sve dok nije došlo do pucanja vanjskoga plašta.

Pucanje vanjskog plašta određivano je pomoću dviju metoda:



a) Natapanjem plašta u obojenu tekućinu je ispitivano da li je voda došla do bubre trake



b) Ispitivanjem plašta s 5 kV u vodi nakon oštećenja

Slika 7.

Uvjet b) stroži od uvjeta a) pa su ispitivanja dovršena metodom b).

Tablica 1 prikazuje rezultate ispitivanja četiri različite konstrukcije kabela:

- standardan XHE 49
- XHE 49 s podebljanim PE plaštem
- XHE 49 presvučen materijalom 1
- XHE 49 presvučen materijalom 2.

Tablica 1. Otpornost plašta XHE 49 A kabela na udar. √ – plašt nije probijen; x – plašt probijen; svaka oznaka predstavlja 3 ispitivanja

Visina udara cm	Položaj udarača	Kabeli na izbočenju 3 mm x 150 mm Sastav plašta				Kabeli na ravnoj podlozi Sastav plašta			
		PE + PE	PE + M1	PE + M2	PE	PE+PE	PE + M1	PE + M2	PE
40	—				√	√			√
					√	√			√
	/				√	x			√
45	—	√			x	x			x
		√			√	√			√
	/	√			x				x
50	—	x					√		
		x			x	x	√		x
	/	x					x		
55	—		√				x		
			√				√		
	/		√						
60	—		x						
			√				x		
	/		x						
65	—								
			x						
	/								
70	—							√	
								√	
	/							x	
75	—			√				x	
				√				√	
	/			√					
80	—			x					
				x					
	/			x				x	

Udaranje je izvedeno s tri različita položaja udarača:

- Paralelno s kabelom (I')
- Okomito na kabel (I)
- Pod kutom od 45 stupnjeva u odnosu na kabel (/).

Prilikom ispitivanja udaranjem kabel je u prvom slučaju postavljen na oštru podlogu 3mmx150 mm te nakon toga i na ravnu podlogu. Ispitivanjem se željelo provjeriti ponašanje kabela ukoliko ispod njega ne postoji i postoji ravna podloga prilikom zatrpavanja. Rezultati su pokazali da su oštećenja na strani udarača manja ukoliko se kabel nalazi na neravnoj podlozi, tj. na izbočenju 3mmx150 mm. Razlog je tome što izbočenje s donje strane kabela napravi otisak na plaštu i pri tome se apsorbira dio energije udarača (ali kabel ostaje u funkciji). Kod ravne podloge nema apsorpcije udarača nego samo reakcija ravne površine pa je stoga i oštećenje plašta na strani udarača veće.

Rezultati u tablici 1 dobiveni su testiranjem na vodonepropusnost (metoda a). Isto ispitivanje ponovljeno s

naponom od 5 kV (metoda b) dalo je oko 10% niže visine udara.

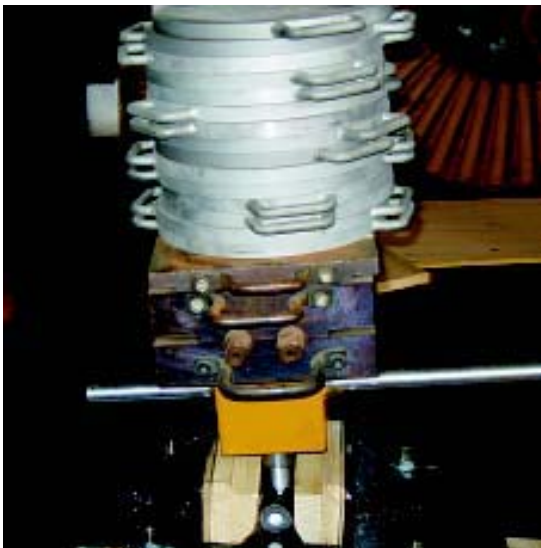
Vidljivo je da su položaji (–) i (/) napravili veća oštećenja nego kada je udarač bio okomit na kabel (I). Također je svako povećanje debljina PE plašta ili presvlačenje XHE 49 dodatnim materijalom poboljšalo rezultate.

### 3. MEHANIČKA OTPORNOST PLAŠTA NA STALNI PRITISAK OŠTRIG PREDMETA

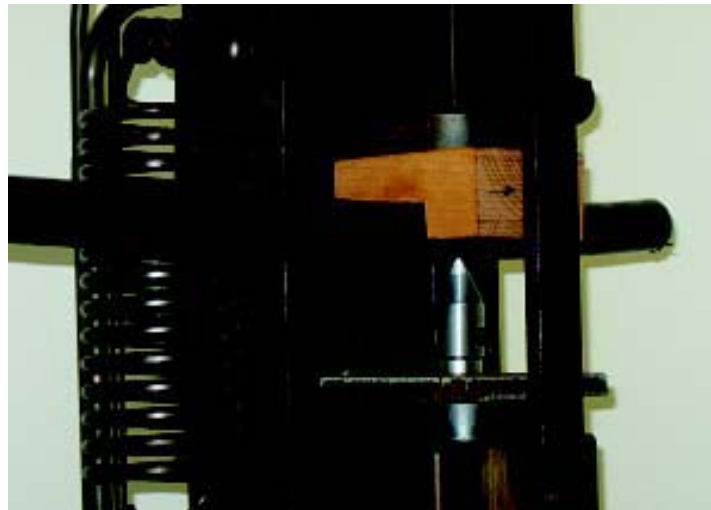
Ovim ispitivanjem se željelo simulirati oštećenja do kojih dolazi kada kamen ili drugi oštri predmet trajno pritišće plašt kabela nakon zatrpavanja kabela.

#### Metoda ispitivanja

Za provedbu ovog ispitivanja upotrijebljeni su:



a) Sprava kojom je nekoliko dana vršena stalna sila na kabel



b) Kidalica kojom je određen broj minuta održavana stalna sila na kabel

Slika 8.

Tablica 2. Proboj plašta u ovisnosti o vrsti dodatnog plašta ispitivanje 10 min metodom b)

Opterećenje plašta N	Položaj sjekača	Plašt							
		PE		PE + M1		PE + M2		PE + PE	
		oštrica 1mm							
		Broj uzoraka		Broj uzoraka		Broj uzoraka		Broj uzoraka	
5000	—			√	1				
5500	—	√	2	Proboj	2				
6000	—	√	2	Proboj	4				
6500	—	Proboj	2			√	1	√	1
7000	—					√	2	√	2
7500	—					√	5	Proboj	2
8000	—					Proboj	3	Proboj	2



Za sva ispitivanja je korišten vrh udarača s dimenzijama 1x50 mm te su kabeli ispitivani samo u vodi na 5 kV.

Tablica 2 prikazuje pri kojim silama dolazi do proboja plašta u ovisnosti o položaju i poziciji kojima se udaračem pritišće plašt. Zanimljivo je primijetiti da povećanje debljine PE plašta i dodatno presvlačenje XHE 49 drugim materijalom ne dovodi uvijek do poboljšanja rezultata (materijal M1 je pogoršao rezultate običnog XHE 49A). Također ne nanose isti položaji udarača najveću štetu plaštu prilikom udara i stalnog pritiska.

Prilikom udara najvažnije je kako će kabel preuzeti energiju udara dok je kod pritiska najvažnija sila po jedinici kontaktne površine s udaračem.

2. Olakšano polaganje jer je kabel puno otporniji na habanje te ga je u nekim slučajevima dozvoljeno vući po zemlji
3. Briga o okolišu. Unošenje pijeska u ekosistem kojem pijesak nije prirodan pričinjava se šteta ekosistemu kroz koji prolazi kabel.

#### LITERATURA

- [1] HRN HD 620 S1 – Distribucijski kabeli s brizganom izolacijom za nazivne napone od 3,6/6(7,2)kV do 20,8/36(42) kV
- [2] IEC 60502-2 : 1997 – Energetski kabeli s brizganom izolacijom i njihov pribor za nazivne napone od 6kV do 30 kV.

Tablica 3. Oštećenja PE plašta u ovisnosti o položaju udarača

Položaj udarača	Metoda a)			Metoda b)		
	Opterećenje kg	Trajanje opterećenja sati	Ispitni napon 5 kV	Opterećenje N	Trajanje opterećenja min	Ispitni napon 5 kV
/	180	68	√	3 000	10	proboj
/	210	1	√	3 000	10	√
/	210	68	proboj	3 000	4	√
	160	17	√	2 500	10	proboj
	180	1	√	2 500	9	proboj
	210	1	proboj	2 500	4	√
—	370	70	√	6 000	10	proboj
—	400	70	proboj	6 500	2	√

Metoda b je izvršena na 3 – 5 uzoraka za svaku oznaku. Prilikom uporabe bilo koji od navedenih XHE 49 kabela s pojačanim plaštom može se koristiti isti standardni kabelski pribor (spojnice, glave, alati ...) kao za obični XHE 49 kabel.

Prije uvođenja u primjenu ove vrste kabela u Hrvatskoj potrebno je još simulirati termičke karakteristike kabela nakon polaganja te postaviti pokusni vod.

#### 4. ZAKLJUČAK

Dodavanjem još jednog sloja na XHE 49 mogu se poboljšati mehanička svojstva plašta i učiniti ga pogodnim za izravno ukapanje u zemlju.

Postoje testne trase u Europi gdje je započelo korištenje srednjonaponskih kabela koji se u zemlju postavljaju izravno bez korištenja posteljice.

Koristi od nove konstrukcije:

1. Smanjenje troškova jer je dodatni plašt jeftiniji od polaganja s pijeskom

[3] J. M. DAVID, MOREAU, EDF R&D, France "New MV cables used in France and improvements in laying techniques"; Jicable 2003

[4] F. CHARLES, R. PETRUS, P. ARGAUT, "New approach for MV underground connection"; Jicable 2003

[5] Elka – interni propisi

[6] IEC 60811-3-1 :1985

#### COST REDUCTION OF CABLE LAYING BY INCREASING MECHANICAL STRENGTH OF MEDIUM VOLTAGE XHE 49-A CABLE

In the paper the European trends in the development of medium voltage cable coat are given and new construction of cables is analysed that could be suitable for cable burial directly into the soil without using backfill as well as how this way of construction decreases the costs of laying.

Worked out is a laboratory mechanical testing XHE 49-A 1x150/25 mm<sup>2</sup> 12/20 kV cable on strike and permanent pressure by sharp object and thus a possible straining that could occur in the case of cable laying. New

cable construction that could be used for direct laying without backfill is given.

**KOSTENMINDERUNG DER VERKABELUNG  
DURCH ERHÖHUNG MECHANISCHER  
FESTIGKEIT DER MITTELSPANNUNGSKABEL  
XHE 49A**

Im Artikel werden europäische Entwicklungstendenzen der Mäntel von Mittelspannungskabeln erörtert und nachgedacht wie sich die neuen Kabelbauarten für eine direkte Verlegung ins Erdreich, ohne Einbettunterlage, eignen und wie eine solche Verlegungsart die Gesamtkosten der Verlegung reduziert.

Dargelegt wird die Laboratoriumsprüfung mechanischer Eigenschaften im Bezug auf Schläge und Dauerdruck scharfer Gegenstände auf XHE 49-A 1w150/25 mm<sup>2</sup>

12/20 kV Kabel womit mögliche Beanspruchungen auf die Kabel bei der Verlegung direkt ins Erdreich ohne Einbettunterlage vorkommen können.

Dargestellt sind neue Kabellösungen welche sich für die Verlegung direkt ins Erdreich ohne Einbettung eignen.

Naslov pisca:

**Mr. sc. (MBA) Krešimir Škeljo, dipl. ing.**

**Elka kabeli d.o.o.**

**Žitnjak b.b.**

**10000 Zagreb, Hrvatska**

Uredništvo primilo rukopis:

2004 – 06 – 01.

# OPTIMIZACIJA SUSTAVA ZA ZAJEDNIČKU PROIZVODNJU TOPLINSKE I ELEKTRIČNE ENERGIJE U DRVNOJ INDUSTRIJI<sup>1</sup>

Mr. sc. Vedran Ura n, Zagreb

UDK 697.34:621.311  
IZVORNI ZNANSTVENI CLANAK

Sektor drvne industrije u gospodarstvu Hrvatske predstavlja jednu od strateških izvoznih grana. Cijena i troškovi energije značajno utječu na konkurentnost proizvoda pojedinih drvno-prerađivačkih tvrtki. Na osnovi analize potrošnje toplinske i električne energije u drvnoj industriji te navođenja pretpostavki i uvjeta, postavljen je matematički model za toplinsko-ekonomsku optimizaciju sustava za zajedničku proizvodnju toplinske i električne energije koristeći drvenu biomasu kao pogonsko gorivo. Tim se matematičkim modelom određuje najniža toplinska snaga pri kojoj zajednička proizvodnja toplinske i električne energije postaje isplativija u odnosu na odvojenu proizvodnju. Isplativost ulaganja u sustav zajedničke proizvodnje toplinske i električne energije utvrđuje se na osnovi vremena povratka kapitala kao veličini koja ovisi o vrijednostima toplinske snage. Primjena matematičkog modela prikazana je na primjeru drvno-prerađivačke tvrtke u Hrvatskoj. Osjetljivost postavljenog matematičkog modela ispitana je promjenom vrijednosti pojedinih veličina koje utječu na isplativost ulaganja u sustav za zajedničku proizvodnju toplinske i električne energije. Pri kraju rada uslijedila je diskusija i izrada zaključka.

**Ključne riječi:** drvna industrija, drvna biomasa, zajednička proizvodnja toplinske i električne energije, optimizacija.

## POPIS VELIČINA

$Q$ , kW	toplinska snaga
$\tau_q$ , h/god	vrijeme opterećenja potrošača toplinske energije
$\tau_w$ , h/god	vrijeme opterećenja potrošača električne energije
$TKI$ , kn	troškovi kapitalnih investicija
$i$ , %	kamatna stopa
$N$ , god	ugovoreno razdoblje trajanja ugovora
$T$ , kn/god	godišnji troškovi
$c_w$ , kn/kWh	cijena električne energije
$c_q$ , kn/kWh	cijena toplinske energije
$\chi$ , -	odnos između mehaničke (električne) snage i toplinske snage
$U$ , kn/god	godišnje uštede
$n$ , god	vrijeme povratka kapitala
$h_{sp}$ , kJ/kg	entalpija svježe pare
$h_p$ , kJ/kg	entalpija ispušne pare/pare pri tlaku oduzimanja
$h_k$ , kJ/kg	entalpija zasićene pare
$h'_{sp}$ , $h'_p$ , $h'_k$ , kJ/kg	entalpija kondenzata
$h_{m^*}$ , kJ/kg	entalpija napojne vode
$H_{dr}$ , kJ/kg	donja ogrjevna vrijednost goriva
$\eta_{gr}$ , %	iskoristivost generatora topline
$\eta_i$ , %	unutarnji stupanj korisnosti turbine
$q$ , kg/kJ (t/MWh)	količina drvene biomase po jedinici (predane) topline
$K_v$ , kg/kJ	količina (rashladne) vode po jedinici (odvedene) topline
$c_v$ , kn/kg	cijena vode za ukapljivanje pare
$c_g$ , kn/kJ (kn/GJ)	cijena goriva (drvne biomase)
$c_{ees}$ , kn/kWh	cijena električne energije kupljene od elektrodistributera
$c_{oi}$ , kn/kWh	cijena električne energije koju otkupljuje elektrodistributer

## 1. UVOD

Drvo se u pogonima drvno-prerađivačkih tvrtki prerađuje na različite načine. U tim pogonima kao popratni produkt nastaju određene količine drvene biomase. Drvno-prerađivačke tvrtke, u najvećem broju slučajeva, koriste tu drvenu biomasu kao pogonsko gorivo za proizvodnju topline namijenjene tehnologiji te grijanju pogona i prostorija. Sa nešto ili znatno većom količinom drvene biomase moguće je, sa stajališta drvno-prerađivačkih tvrtki, pored vlastite toplinske energije proizvesti i vlastitu električnu energiju. U tom će slučaju investicijski troškovi za sustav zajedničke proizvodnje toplinske i električne energije biti veći, ali isplativiji kroz određeno vrijeme i kod određene toplinske snage u odnosu na sustav odvojene proizvodnje toplinske i električne energije. Takva toplinska snaga u ovom radu predstavlja najnižu toplinsku snagu.

Odvojena proizvodnja toplinske i električne energije podrazumijeva toplinsku energiju proizvedenu u generatoru topline (nosilac topline može biti topla voda, vrela voda ili para) i električnu energiju kupljenu od elektrodistributera. Zajednička proizvodnja toplinske i električne energije odnosi se na proizvodnju tih oblika ener-

<sup>1</sup> Ovaj izvorni znanstveni članak predstavlja skraćenu verziju magistarskog rada "Optimiranje sustava za kombiniranu proizvodnju toplinske i električne energije u drvnoj industriji" kojeg je na Tehničkom fakultetu u Rijeci u siječnju 2004. godine obranio autor ovog članka.

gije u sljedećim tipovima energetskih postrojenja: protutlačnom parnoturbinskom postrojenju i kondenzacijskom parnoturbinskom postrojenju sa jednim reguliranim ili nereguliranim oduzimanjem pare.

Nekolicina autora probleme oblikovanja i usavršavanja procesa u energetskim sustavima rješavaju eksergetsko-ekonomskom analizom i optimizacijom uz primjenu 2. zakona termodinamike. Tim zakonom autori iz [1 – 5] pronalaze postupke reduciranja eksergetskih gubitaka koji stvaraju dodatne troškove. Da bi se ti troškovi smanjili, nužno je sniziti cijenu struje tvari izražene po jedinici eksergije na najnižu moguću vrijednost [1, 2].

U ovom će se radu primjenom 1. zakona termodinamike umjesto najnižeg eksergetskog toka (ili eksergije po jedinici vremena) [1] određivati najniža toplinska snaga (jer je u praksi češće primjenjivana veličina). S tom je svrhom postavljen matematički model za toplinsko-ekonomsku optimizaciju proizvodnje toplinske i električne energije. Tome prethodi analiza potrošnje toplinske i električne energije u drvenoj industriji uz navođenje pretpostavki i uvjeta [6].

Za dobivanje najniže toplinske snage potrebno je odrediti vrijeme povratka kapitala uloženog u određeni tip energetskog postrojenja koje će kao veličina ovisiti o toplinskoj snazi tog istog postrojenja. Prethodno će biti definirani popratni troškovi za i prihodi od proizvodnje toplinske i električne energije kao i njihove cijene.

Primjena matematičkog modela za toplinsko-ekonomsku optimizaciju prikazat će se na primjeru energetskog sustava drveno-prerađivačke tvrtke DI "Spačva" iz Vinokovaca. U obzir je uzet utjecaj promjene vrijednosti pojedinih veličina na isplativost ulaganja u sustav za zajedničku proizvodnju toplinske i električne energije. Pri kraju rada uslijedila je diskusija te izrada zaključka.

## 2. TOPLINSKO-EKONOMSKA ANALIZA I OPTIMIZACIJA

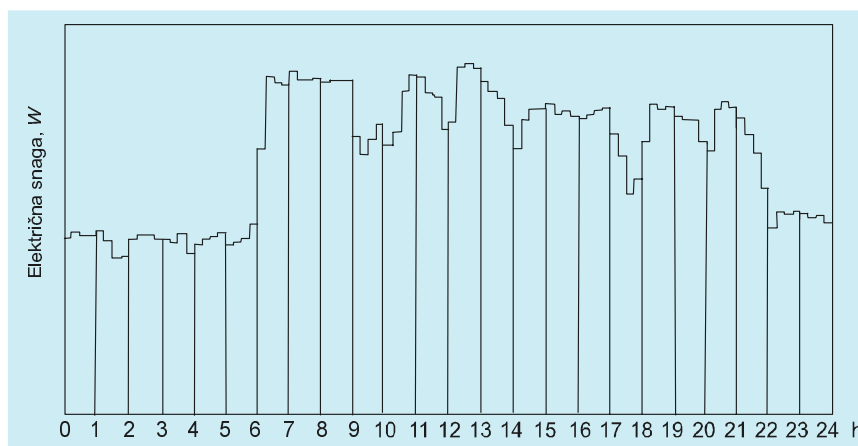
### 2.1. Analiza potrošnje toplinske i električne energije u drvenoj industriji

U proizvodnim procesima prerade drva istodobno se troši toplinska i električna energija. Raspodjelom potrošača topline prati se potrošnja toplinske energije, dok se raspodjelom potrošača električne energije prati potrošnja električne energije. Svrha praćenja potrošnje energije jest određivanje satne, dnevne i mjesečne potrošnje toplinske i električne energije izradom odgovarajućih dijagrama. Tipični dijagram dnevne potrošnje topline prikazan je na slici 1, dok je na slici 2 prikazan tipični dijagram dnevne potrošnje električne energije.

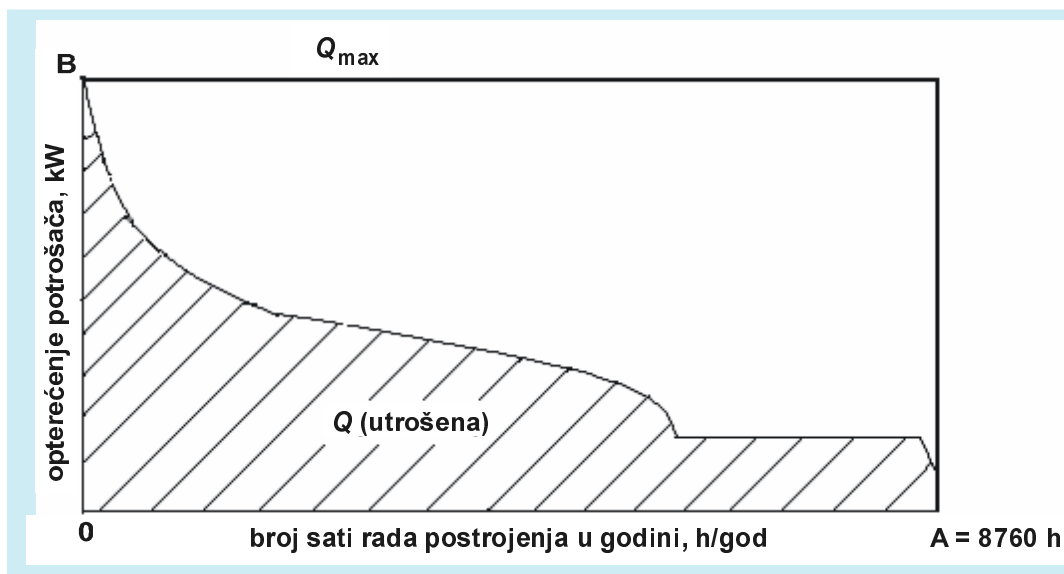
Na temelju satnog, dnevnog i mjesečnog dijagrama izrađuje se uređeni dijagram opterećenja posebno za toplinsku energiju, a posebno za električnu energiju, prikazanih redom na slikama 3 i 4.



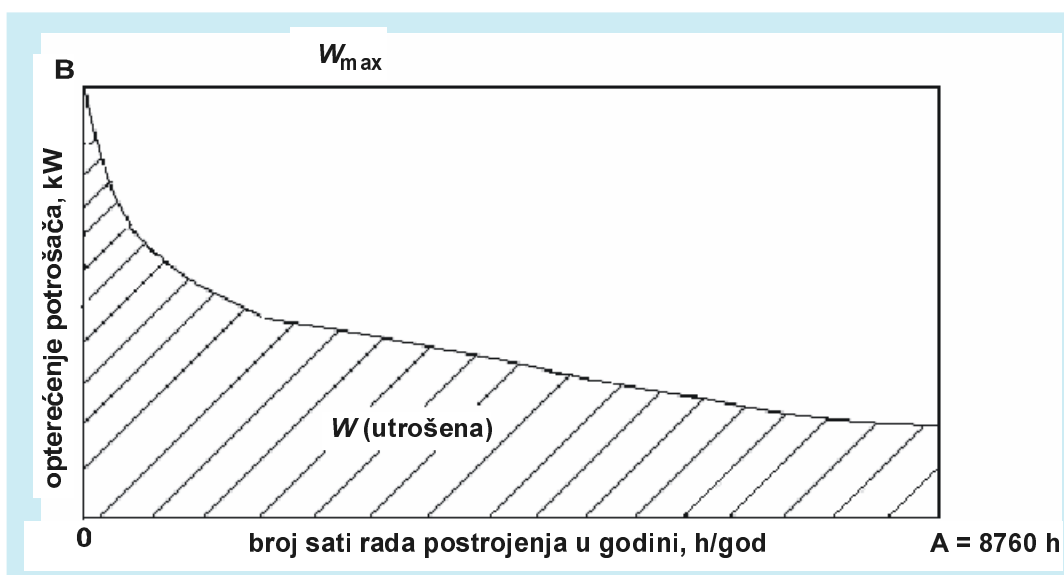
Slika 1. Dnevna 24 satna potrošnja toplinske energije [7]



Slika 2. Dnevna 24 satna potrošnja električne energije [7]



Slika 3. Godišnji dijagram opterećenja potrošača topline



Slika 4. Godišnji dijagram opterećenja potrošača električne energije

Potrošnju toplinske energije u godinu dana (što je jednako 8 760 sati) moguće je odrediti ukoliko se izvrši broj beskonačno malih površina ispod krivulje  $AB$  slike 3 na sljedeći način:

$$Q(\text{utrošena}) = \int_0^A Q(t) dt \quad (2.1)$$

gdje je  $Q(t)$  snaga opterećenja potrošača topline u trenutku  $t$ . Na isti se način, prema slici 4, određuje potrošnja električne energije u godinu dana:

$$W(\text{utrošena}) = \int_0^A W(t) dt \quad (2.2)$$

gdje je  $W(t)$  snaga opterećenja potrošača električne energije u trenutku  $t$ .

Godišnja potrošnja toplinske i električne energije,  $Q(\text{utrošena})$  i  $W(\text{utrošena})$ , kao i vršna toplinska i vršna električna snaga,  $Q_{\max}$  i  $W_{\max}$ , često su sa stajališta analize potrošnje toplinske i električne energije poznate. Stoga preostaje da se odredi vrijeme opterećenja potrošača topline,  $\tau_q$ , i vrijeme opterećenja potrošača električne energije,  $\tau_w$ , na sljedeći način:

$$\tau_q = \frac{Q(\text{utrošena})}{Q_{\max}} \quad (2.3)$$

$$\tau_w = \frac{W(\text{utrošena})}{W_{\max}} \quad (2.4)$$

Potrebno je naglasiti da se energetska sustav, odnosno rad energetskeg postrojenja prilagođava energetskim potrebama dravno-prerađivačke tvrtke.

## 2.2. Pretpostavke i uvjeti

Rezultati toplinsko-ekonomske analize proizvodnje toplinske i električne energije privode se optimumu ukoliko se u obzir sljedeće pretpostavke i uvjeti:

- a) troškovi kapitalnog investiranja kod energetskih sustava sa generatorom topline,  $TKI_{gt}$ , te energetskog sustava s protutlačnim parnoturbinskim agregatom,  $TKI_{pt}$ , povećavaju se nelinearno s povećanjem toplinske snage  $\dot{Q}$  (→ sl. 5) ili

$$TKI_{pt} = B \cdot \dot{Q}^m \quad \text{za protutlačno parnoturbinsko postrojenje} \quad (2.5)$$

$$TKI_{gt} = B_1 \cdot \dot{Q}^{m_1} \quad \text{za generator topline} \quad (2.6)$$

gdje su  $B$  i  $m$ , i  $B_1$  i  $m_1$  konstante određene na temelju poznatih cijena razmatranih tipova energetskih postrojenja različitih toplinskih snaga [6];

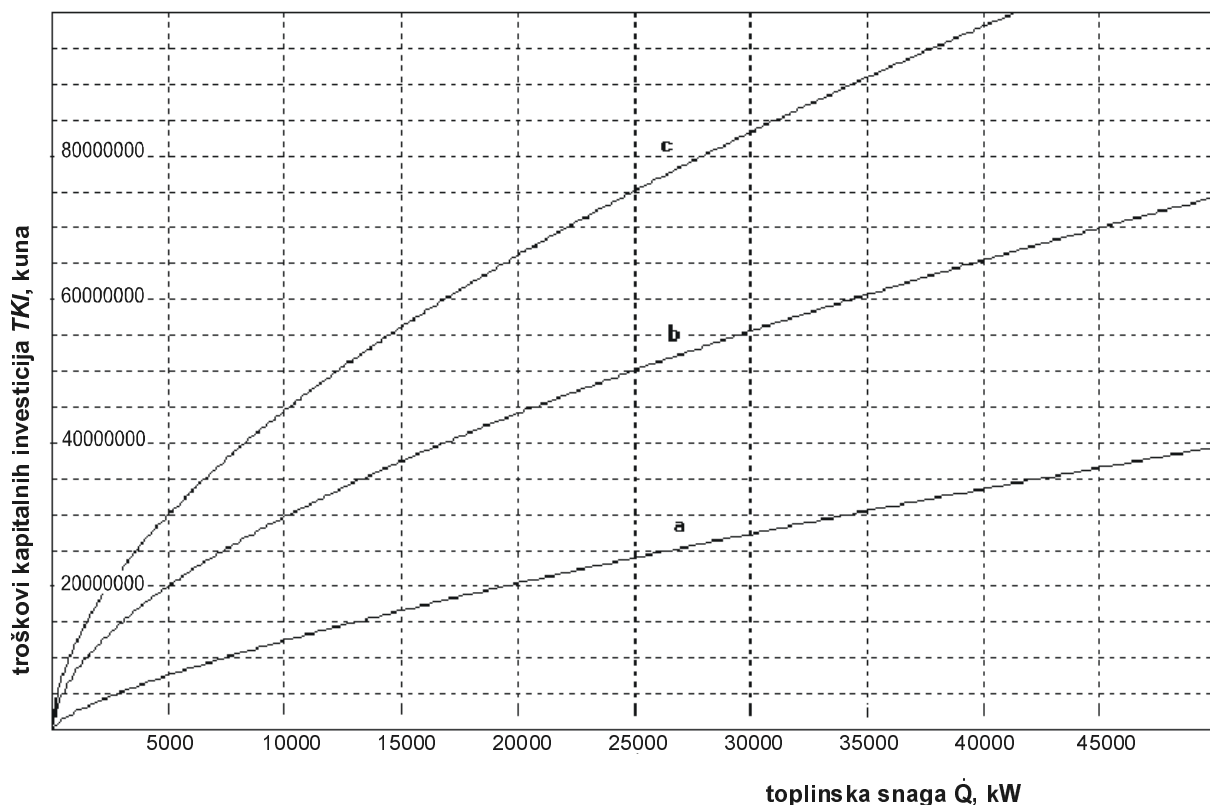
- b) troškovi kapitalnog investiranja u energetske sustave s kondenzacijskim parnoturbinskim agregatom i jednim oduzimanjem pare,  $TKI_{kt}$ , su u prosjeku za jedan i po puta veći od troškova kapitalnog investiranja u energetske sustave s protutlačnim parnoturbinskim agregatom (→ sl. 5) tj.

$$TKI_{kt} = \frac{3}{2} \cdot TKI_{pt} = \frac{3}{2} \cdot B \cdot \dot{Q}^m \quad (2.7)$$

gdje su  $B$  i  $m$  konstante jednake konstantama za energetski sustav s protutlačnim parnoturbinskim agregatom;

- c) godišnji troškovi odvojene proizvodnje toplinske i električne energije  $T_{gt}$  veći su od godišnjih troškova zajedničke proizvodnje toplinske i električne energije  $T_{pt}$  i  $T_{kt}$ .

Konstante  $B$  i  $m$  određuju se poznavanjem troškova kapitalnih investicija za pojedine tipove energetskih postrojenja različitih toplinskih i električnih snaga. Način određivanja konstanti je sljedeći:



Slika 5. Ovisnost troškova kapitalnih investicija o toplinskoj snazi energetskog sustava (a – krivulja energetskog sustava s generatorom topline, b – krivulja energetskog sustava s protutlačnim parnoturbinskim agregatom, c – krivulja energetskog sustava s kondenzacijskim parnoturbinskim agregatom i jednim oduzimanjem pare)

$$TKI_1 = B \cdot \dot{Q}_1^m$$

$$TKI_2 = B \cdot \dot{Q}_2^m \quad (2.8)$$

pri čemu su  $TKI_1$ ,  $TKI_2$ , i  $\dot{Q}_1$ ,  $\dot{Q}_2$  poznati pa proizlazi da je

$$B = \frac{TKI_1}{\dot{Q}_1^m} = \frac{TKI_2}{\dot{Q}_2^m} \quad (2.9)$$

$$m = \frac{\log TKI_1 - \log TKI_2}{\log \dot{Q}_1 - \log \dot{Q}_2}$$

Izraz (2.9) odnosi se na generator topline te na protutlačno parnoturbinsko postrojenje. U tablici 1 prikazani su troškovi kapitalnih investicija odabranih tipova energetskih postrojenja različitih toplinskih i električnih snaga.

**Tablica 1. Prikaz troškova kapitalnih investicija za odabrane tipove energetskih postrojenja<sup>1</sup>**

	$TKI_1$ , kn	$TKI_2$ , kn	$\dot{Q}_1$ , kW	$\dot{Q}_2$ , kW
<b>Generator topline</b>	7,500.000	25,000.000	5000	25000
<b>Protutlačno parnoturbinsko postrojenje</b>	20,000.000	50,000.000	5000	25000

<sup>1</sup> na osnovi realne ponude proizvođača energetskih postrojenja

Uvrštavanjem vrijednosti iz tablice 1 u izraze (2.8) i (2.9) dobivaju se sljedeće konstante:  $B = 155\,818$ ,  $m = 0,57$  za protutlačno parnoturbinsko postrojenje,  $B_1 = 16285$ ,  $m_1 = 0,72$  za generator topline. Dakle, eksponenti  $m$  i  $m_1$  su manji od jedan što znači da su krivulje  $a$ ,  $b$  i  $c$  sa slike 5 logaritamske. Drugim riječima, što je toplinska snaga razmatranih tipova energetskih postrojenja viša to su troškovi kapitalnih investicija po jedinici toplinske snage manji, i obratno.

### 2.3. Toplinsko-ekonomska optimizacija proizvodnje toplinske i električne energije

#### 2.3.1. Definiranje troškova i prihoda

Pri proizvodnji toplinske i električne energije potrebno je računati na određene troškove i prihode. Troškovi mogu biti fiksni i promjenjivi. Pod fiksne troškove podrazumijevaju se:

a) troškovi kapitala,  $T_{KAP}$ , koji su jednaki:

$$T_{KAP} = TKI \cdot \frac{i(1+i)^N}{(1+i)^N - 1} \quad (2.10)$$

gdje izraz nakon  $TKI$  (troškovi kapitalnih investicija) predstavlja recipročnu vrijednost dinamičkog diskontnog faktora ovisnog o kamatnoj stopi  $i$  te o razdoblju trajanja ugovora  $N$ . Ta se vrijednost prema [1] još naziva faktor povratka kapitala  $\beta$  pa izraz (2.10) poprima sljedeći oblik:

$$T_{KAP} = \beta \cdot TKI \quad (2.11)$$

b) troškovi za pogon i održavanje energetskog postrojenja,  $T_{PO}$ , koji uzimaju u obzir troškove za kemikalije, vodu, obradu vode, radnu snagu te vlastiti utrošak topline i električne energije. Prema iskustvu ti troškovi iznose ne više od 6% ( $\gamma = 0,06$ ) ukupnih troškova kapitalnih investicija u razmatrane tipove energetskih postrojenja.

Pod promjenjive troškove ubrajaju se:

- godišnji troškovi za gorivo,  $T_g$ ,
- godišnji troškovi za kupnju električne energije od elektrodistributera,  $T_{ees}$ .

Prihodi se ostvaruju na račun prodaje viškova električne energije elektrodistributeru kao i na moguću prodaju toplinske energije okolnom naselju i drugim industrijskim tvrtkama.

#### 2.3.2. Određivanje cijene toplinske energije i cijene električne energije

Za investitora i vlasnika dravno-prerađivačke tvrtke vrlo je važno odrediti cijenu toplinske energije i cijenu električne energije kako bi procijenili da li se isplati ulagati u energetsko postrojenje za zajedničku proizvodnju toplinske i električne energije ili ne. Definiranjem konstanti  $B$  i  $m$  za pojedine je tipove energetskih postrojenja moguće izračunati najvišu cijenu električne energije. Prema metodi tržišne vrijednosti iz [8] najviša cijena električne energije se dobiva ukoliko se svi troškovi energetskog postrojenja pripišu samo proizvodnji električne energije, odnosno:

$$c_{w,\max} = \frac{\Sigma T}{W \cdot \tau_w} = \frac{T_g + T_{KAP} + T_{PO}}{\chi \cdot \dot{Q} \cdot \tau_w} \quad (2.12)$$

pri čemu je cijena toplinske energije jednaka nuli. U izrazu (2.12)  $\Sigma T$  predstavlja sumu godišnjih troškova za proizvodnju električne energije, a to su kod energetskog postrojenja troškovi za gorivo,  $T_g$ , troškovi kapitala,  $T_{KAP}$ , i troškovi za pogon i održavanje,  $T_{PO}$ . Ako se izrazi (2.5) i (2.11) uvrste u izraz (2.12) dobiva se:

$$c_{w,\max} = \frac{T_g + (\beta + \gamma) \cdot B \cdot \dot{Q}^m}{\chi \cdot \dot{Q} \cdot \tau_w} \quad (2.13)$$

za protutlačno parnoturbinsko postrojenje, a za kondenzacijsko parnoturbinsko postrojenje s jednim oduzimanjem pare najviša se cijena električne energije povisuje na:

$$c_{w,\max} = \frac{T_g + 1,5 \cdot (\beta + \gamma) \cdot B \cdot \dot{Q}^m}{\chi \cdot \dot{Q} \cdot \tau_w} \quad (2.14)$$

Koeficijent  $\chi$  predstavlja odnos između izlazne mehaničke (električne) snage i izlazne toplinske snage.

Godišnji troškovi za zajedničku proizvodnju toplinske i električne energije iznose:

$$T = c_q \dot{Q} \tau_q + c_w W \tau_w \quad (2.15)$$

gdje je  $c_q$  cijena toplinske energije, umnožak  $\dot{Q} \tau_q$  proizvedena toplinska energija u godinu dana,  $c_w$  cijena električne energije, a umnožak  $W \tau_w$  proizvedena električna energija u godinu dana.

Ukoliko se izraz (2.15) uvrsti u izraz (2.12) proizlazi sljedeće:

$$c_{w,\max} = c_w + \frac{1}{\chi} c_q \quad (2.16)$$

Cijena toplinske energije dobiva se uređenjem izraza (2.16)

$$c_q = \chi \cdot (c_{w,\max} - c_w) \quad (2.17)$$

Uzme li se granični uvjet pri kome je cijena električne energije jednaka nuli, i kao takva se uvrsti u izraz (2.17) slijedi da je

$$c_{q,\max} = \chi \cdot \frac{\tau_w}{\tau_q} \cdot c_{w,\max} \quad (2.18)$$

pri čemu je  $c_{q,\max}$  najviša cijena toplinske energije. Uvrštavanjem izraza (2.14) u izraz (2.18) dobiva se preuređeni oblik:

$$c_{q,\max} = \frac{T_g + (\beta + \gamma) \cdot B \cdot \dot{Q}^m}{\dot{Q} \cdot \tau_q} \quad (2.19)$$

gdje je  $c_{q,\max}$  najviša cijena toplinske energije kod protutlačnog parnoturbinskog postrojenja. Ta će cijena za kondenzacijsko parnoturbinsko postrojenje s jednim oduzimanjem pare zbog dodatnih investicijskih ulaganja iznositi:

$$c_{q,\max} = \frac{T_g + 1,5 \cdot (\beta + \gamma) \cdot B \cdot \dot{Q}^m}{\dot{Q} \cdot \tau_q} \quad (2.20)$$

### 2.3.3. Određivanje vremena povratka kapitala

Vrijeme povratka kapitala uloženog u novo energetska postrojenje za zajedničku proizvodnju toplinske i električne energije određuje se utvrđivanjem godišnjih ušteda. Te su uštede jednake:

$$U = T_{gt} - T_{pt} \quad (\text{i } U = T_{gt} - T_{kt}) \quad (2.21)$$

gdje su  $T_{gt}$  godišnji troškovi odvojene proizvodnje toplinske i električne energije, a  $T_{pt}$  (i  $T_{kt}$ ) godišnji troškovi zajedničke proizvodnje toplinske i električne energije.

Na osnovi uštede računa se vrijeme povratka kapitala uloženog u novo energetska postrojenje za zajedničku proizvodnju toplinske i električne energije, i to:

$$n = \frac{TKI_{pt}}{U} \quad (\text{i } n = \frac{TKI_{kt}}{U}) \quad (2.22)$$

gdje  $TKI_{pt}$  (i  $TKI_{kt}$ ) predstavlja ukupne troškove investiranja u novo energetska postrojenje za zajedničku proizvodnju toplinske i električne energije, a  $U$  godišnju uštedu na troškovima između odvojene i zajedničke proizvodnje toplinske i električne energije. Pri tome će vrijeme povratka kapitala  $n$  biti u funkciji toplinske snage  $\dot{Q}$ :

$$n = f(\dot{Q}) \quad (2.23)$$

Za određivanje najniže toplinske snage pri kojoj zajednička proizvodnja toplinske i električne energije postaje isplativija od odvojene proizvodnje potrebno je odrediti:

- vrijeme povratka kapitala uloženog u generator topline,  $n_{gt}$ ,
- vrijeme povratka kapitala uloženog u protutlačno parnoturbinsko postrojenje,  $n_{pt}$  i
- vrijeme povratka kapitala uloženog u kondenzacijsko parnoturbinsko postrojenje s jednim oduzimanjem pare,  $n_{kt}$ ,

uz pretpostavku da su troškovi za drvenu biomasu,  $T_g$ , jednaki nuli budući da se sakupljanje, transportiranje te priprema za loženje obavlja u krugu drvno-industrijskog pogona.

- Vrijeme povratka kapitala uloženog u generator topline

Ovisi o troškovima kapitalnih investicija za generator topline,  $TKI_{gt}$ , te različiti troškova kupljene toplinske energije iz CTsa (centraliziranog toplinskog sustava),  $T_{kup}$  i toplinske energije proizvedene u vlastitom generatoru topline,  $T_{gt}$ , tj.

$$n_{gt} = \frac{TKI_{gt}}{T_{kup} - T_{gt}} \quad (2.24)$$

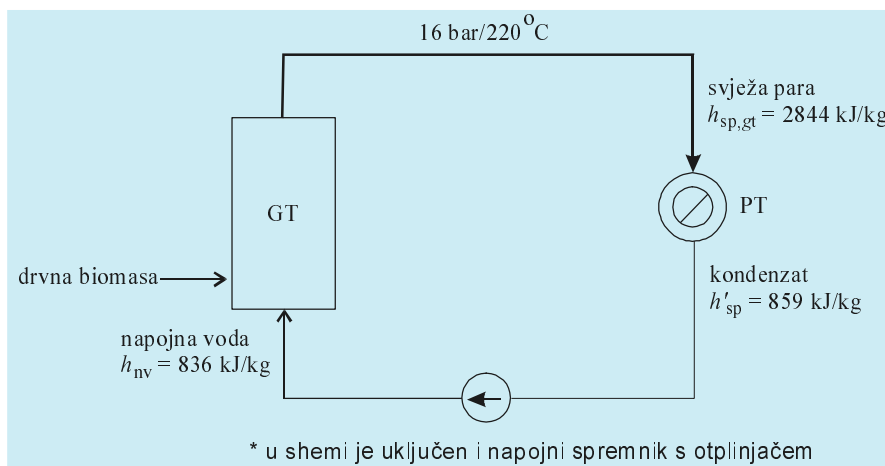


odnosno prema [6]

$$n_{gt} = \frac{B_1 \dot{Q}^{m_1}}{c_{q,kup} \dot{Q} \tau_q - (\beta + \gamma) B_1 \dot{Q}^{m_1}} \quad (2.25)$$

gdje je  $c_{q,kup}$  cijena toplinske energije kupljene od CTSa.

Na slici 6 prikazana je pojednostavljena shema generatora topline u slučaju kad je nosilac topline svježa para.



Slika 6. Energetski sustav s generatorom topline (GT – generator topline, PT – potrošači topline)

Za daljnja razmatranja važno je odrediti izraz kojim se određuje količina drvene biomase po jedinici topline u sustavu s generatorom topline,  $q_{gt}$ . Ta se veličina određuje na osnovu bilance uložene energije sadržane u drvnjoj biomasi te iskorištene topline koja se predaje potrošačima (→ sl. 6). Prema [6] ta veličina jest jednaka sljedećem izrazu:

$$q_{gt} = \frac{h_{sp,gt} - h_{nv}}{h_{sp,gt} - h_{sp}} \cdot \frac{1}{H_d \eta_{gt}} \quad (2.26)$$

gdje su redom  $h_{sp,gt}$  entalpija svježe pare,  $h_{sp}$  entalpija kondenzata,  $h_{nv}$  entalpija napojne vode,  $H_d$  njegova donja ogrjevna vrijednost,  $\eta_{gt}$  iskoristivost generatora topline.

b) Vrijeme povratka kapitala uloženog u protutlačno parnoturbinsko postrojenje

Ovisi o troškovima kapitalnih investicija za protutlačno parnoturbinsko postrojenje,  $TKI_{pt}$ , troškovima proizvedene toplinske i kupljene električne energije kod sustava sa generatorom topline,  $T_{gt}$ , troškovima proizvedene toplinske i električne energije kod sustava s protutlačnim parnoturbinskim postrojenjem i vršnim generatorom topline,  $T_{pt}$  odnosno razlici tih troškova,  $U = T_{gt} - T_{pt}$ , tj.

$$n_{pt} = \frac{TKI_{pt}}{T_{gt} - T_{pt}} \quad (2.27)$$

odnosno prema [6]

$$n_{sp} = \frac{B \dot{Q}^m}{-3600 \dot{Q} (q_{pt} - q_{vgt}) c_g \tau_q + (\beta + \gamma) \left( B_1 \dot{Q}^{m_1} - B \dot{Q}^m \right) + c_{ees} \chi \dot{Q} \tau_q + c_{ot} \chi \dot{Q} (8760 - \tau_q)} \quad (2.28)$$

te u slučaju da se radi o novom vršnom generatoru topline

$$n_{sp} = \frac{B \dot{Q}^m + B_1 \dot{Q}^{m_1}}{-3600 \dot{Q} (q_{pt} - q_{vgt}) c_g \tau_q + (\beta + \gamma) \left( B_1 \dot{Q}^{m_1} - B \dot{Q}^m \right) + c_{ees} \chi \dot{Q} \tau_q + c_{ot} \chi \dot{Q} (8760 - \tau_q)} \quad (2.29)$$

Potrebno je naglasiti da je vršni generator topline istih ili sličnih toplinsko-ekonomskih karakteristika kao i generator topline kod sustava za odvojenu proizvodnju toplinske i električne energije pa će u tom slučaju biti zadovoljeno sljedeće:

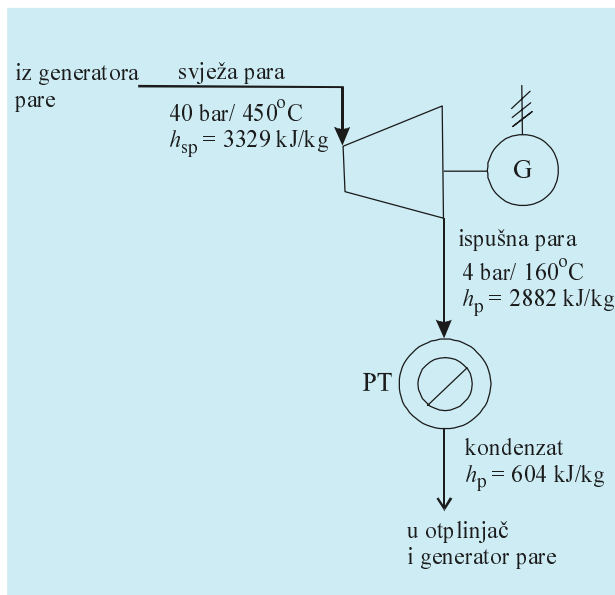
$$q_{gt} = q_{vgt} \quad (2.30)$$

U izrazu (2.29) su  $c_{ees}$  cijena električne energije kupljene od elektrodistributera,  $c_{ot}$  cijena viška električne energije po kojoj elektrodistributer otkupljuje od drvno-predrađivačke tvrtke (što znači da se radi o prihodima) i to godišnje (8760 -  $\tau_q$ ) sati.

Na slici 7 prikazana je pojednostavljena shema protutlačnog parnoturbinskog agregata. Veličina  $q_{pt}$  predstavlja količinu drvene biomase po jedinici topline kod sustava s protutlačnim parnoturbinskim postrojenjem (koji je proizašao iz bilance uložene energije sadržane u drvnjoj biomasi i iskorištene toplinske energije predanoj potrošačima). Prema [6] ta veličina jest jednaka sljedećem izrazu:

$$q_{pt} = \frac{h_{sp,pt} - h_{nv}}{h_p - h_p'} \cdot \frac{1}{H_d \eta_{gp}} \quad (2.31)$$

gdje su redom  $h_{sp}$  entalpija svježe pare,  $h_p$  politropska entalpija ispušne pare  $h'_p$ , entalpija kondenzata  $h_{nv}$ , entalpija napojne vode,  $H_d$  donja ogrjevna vrijednost drvene biomase,  $\eta_{gp}$  iskoristivost generatora pare (budući da je za pogon turbina isključivo potrebna svježa para).



Slika 7. Energetski sustav s protutlačnim parnoturbinskim agregatom (G – generator električne energije, PT – potrošači toplote)

Izraz u jednadžbi (2.29),  $3600 \cdot \dot{Q} \cdot (q_{pt} - q_{vgp}) \cdot c_g \cdot \tau_q$ , predstavlja razliku troškova potrebne količine drvene biomase između sustava za odvojenu proizvodnju i sustava za zajedničku proizvodnju toplinske i električne energije. Brojka 3 600 prisutna je iz razloga jer se količina drvene biomase mjeri u kilogramima po sekundi, a vrijeme opterećenja potrošača u satima, iz kojeg proizlazi da jedan sat ima 3 600 sekundi.

c) Vrijeme povratka kapitala uloženog u kondenzacijsko parnoturbinsko postrojenje s jednim oduzimanjem pare

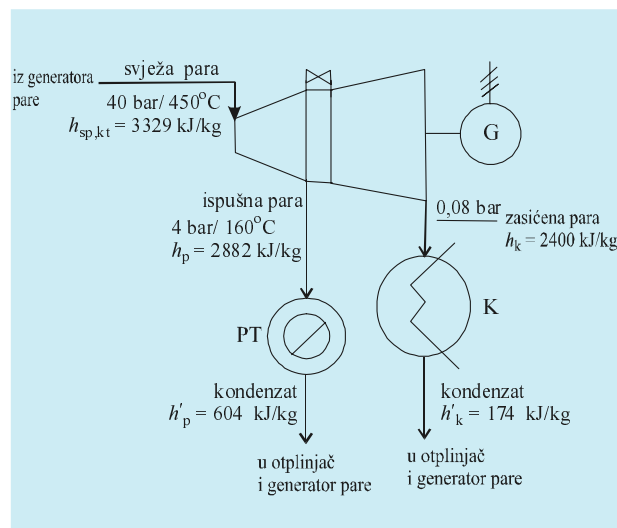
Ovisi o troškovima kapitalnih investicija za kondenzacijsko parnoturbinsko postrojenje s jednim oduzimanjem pare,  $TKI_{kt}$ , troškovima proizvedene toplinske i kupljene električne energije kod sustava s generatorom toplote,  $T_{gt}$ , troškovima proizvedene toplinske i električne energije kod sustava s kondenzacijskim parnoturbinskim postrojenjem i jednim oduzimanjem pare te vršnim generatorom pare  $T_{pt}$ , odnosno razlici tih troškova,  $U = T_{gt} - T_{kt}$ , odnosno

$$n_{kt} = \frac{TKI_{kt}}{T_{gt} - T_{kt}} \quad (2.32)$$

odnosno prema [6]

$$\eta_{iz} = \frac{1,5B \dot{Q}^m}{-3600 \left( q_p + q_{kt} \frac{\dot{W}_{max}}{\dot{Q}} - \gamma \right) \tau_{r,p} + (\beta + \gamma) \left( B \cdot \dot{Q}^m - 1,5B \dot{Q}^m \frac{1}{\tau_{r,p}} \right) - 3600 \cdot c_v \left( \dot{W}_{max} - \gamma \dot{Q} \right) K \cdot \tau_v + c_{v,1} \dot{W}_{max} \tau_v + c_{v,2} \dot{W}_{max} (8760 - \tau_v)} \quad (2.33)$$

gdje su pored parametara preuzetih iz slučajeva a) i b) još  $c_v$  cijena vode za ukapljivanje pare,  $K_v$  količina (rashladne) vode po jedinici odvedene toplote iz konden-



Slika 8. Energetski sustav s kondenzacijskim parnoturbinskim postrojenjem i jednim oduzimanjem pare (G – generator električne energije, PT – potrošači toplote, K – kondenzator)

zatora koja se prema [6] izračunava na sljedeći način ( $\rightarrow$  sl. 8):

$$K_v = \frac{1}{q_v \Delta t_v} \left( \frac{h_k - h'_k}{h_p - h_{k(t)}} \cdot \frac{1}{\eta_{i(od-k)}} \right) \quad (2.34)$$

gdje su  $h_p$  entalpija pare kod tlaka oduzimanja,  $h_{k(t)}$  adijabatska entalpija zasićene pare  $h_k$ , politropska entalpija zasićene pare  $h'_k$ , entalpija kondenzata,  $\eta_{i(od-k)}$  unutarnji stupanj korisnosti turbine od oduzimanja do izlaza,  $q_v = 4,1868 \text{ kJ/kgK}$  – specifična toplina (rashladne) vode,  $\Delta t_v = 8^\circ\text{C}, 12^\circ\text{C}$  – temperaturna razlika (rashladne) vode na ulazu i izlazu iz kondenzatora.

Veličina  $q_{kt}$  predstavlja količinu drvene biomase po jedinici toplote kod sustava s kondenzacijskim parnoturbinskim postrojenjem i jednim oduzimanjem pare (koji je proizašao iz bilance uložene energije sadržane u drvnoj biomasi i iskorištene toplinske energije predanoj potrošačima). Prema [6] ta veličina jest jednaka sljedećem izrazu:

$$q_{kt} = \frac{h_{sp,kt} - h_{nv}}{h_p - h_{k(t)}} \cdot \frac{1}{\eta_{i(od-k)} \eta_{gp} H_d} \quad (2.35)$$

gdje su redom već objašnjeni parametri iz ovog i prethodnih slučajeva a) i b) kao i zbog čega se pojavljuje izraz u jednadžbi (2.33)

$$„3600\dot{Q}\left(q_{pt} + q_{kt}\left(\frac{\dot{W}_{max}}{\dot{Q}} - \lambda\right) - q_{vgp}\right)c_g\tau_q”.$$

#### 2.4. Određivanje najniže toplinske snage

Najniža vrijednost toplinske snage označena sa  $\dot{Q}_{min}$  jest ona pri kojoj sustav zajedničke proizvodnje toplinske i električne energije postaje isplativiji od sustava odvojene proizvodnje toplinske i električne energije.

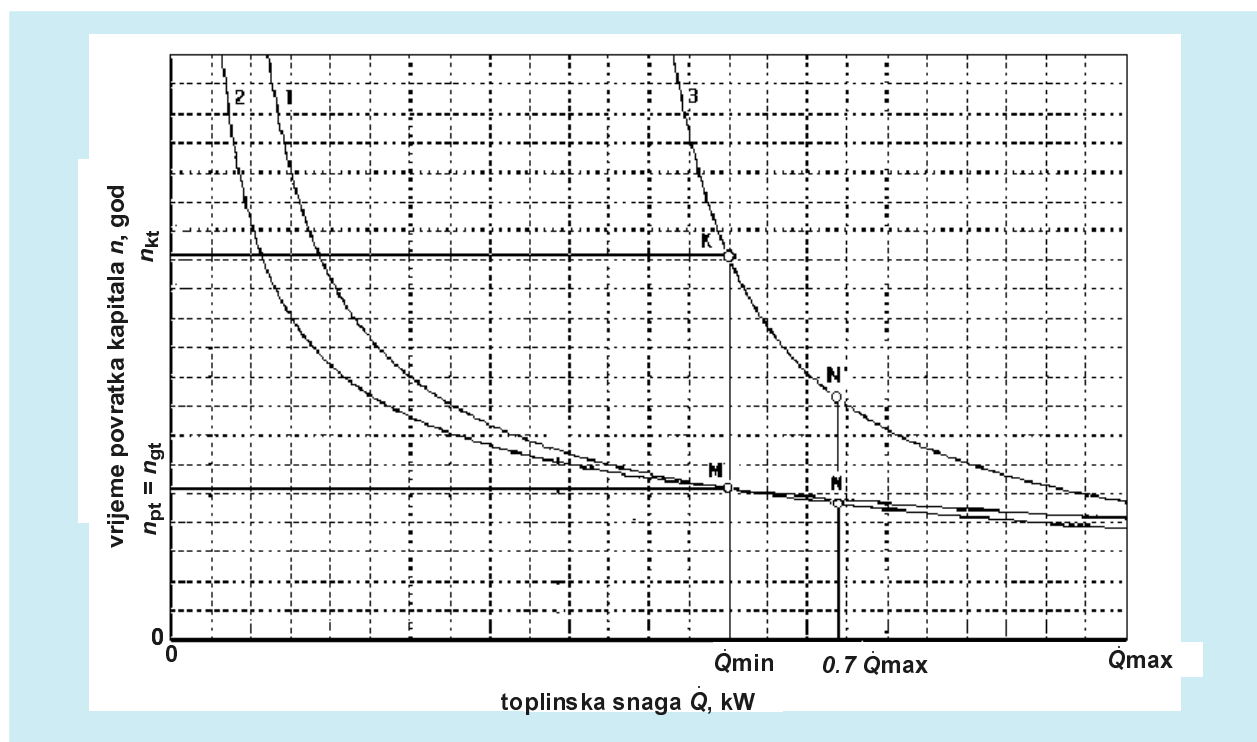
Na slici 9 je dijagramski prikazana ovisnost vremena povratka kapitala (izražena u godinama) o toplinskoj snazi energetskog sustava u rasponu od 0 do  $\dot{Q}_{max}$  ( $\dot{Q}_{max}$  se odnosi na instaliranu toplinsku snagu u drvno-industrijskom pogonu). Krivulje se izrađuju uz pomoć kompjutorskog programa *GRAPHMATICA 1.60e*.

proizvodnje toplinske i električne energije (protutlačno parnoturbinsko postrojenje + vršni generator pare);

– krivuljom 2 prikazuje se ovisnost snage  $\dot{Q}$  o vremenu povratka kapitala uloženog u sustav odvojene proizvodnje toplinske i električne energije (generator pare + električna energija kupljena od elektrodistributera);

– krivuljom 3 prikazuje se ovisnost snage  $\dot{Q}$  o vremenu povratka kapitala uloženog u sustav zajedničke proizvodnje toplinske i električne energije (kondenzacijsko parnoturbinsko postrojenje s jednim oduzimanjem pare + vršni generator pare);

– točka M odgovara toplinskoj snazi  $\dot{Q}_{min}$  pri kojoj sustav zajedničke proizvodnje toplinske i električne energije postaje isplativiji od sustava odvojene proizvodnje (kad je povrat kapitala uloženog u te sustave istodoban, tj.  $n_{pt} = n_{gt}$ );



Slika 9. Ovisnost vremena povratka kapitala o toplinskoj snazi energetskog sustava za odvojenu i zajedničku proizvodnju toplinske i električne energije (1 – krivulja energetskog sustava s protutlačnim parnoturbinskim agregatom i vršnim generatorom topline, 2 – krivulja energetskog sustava s generatorom topline, 3 – krivulja energetskog sustava s kondenzacijskim parnoturbinskim agregatom s jednim oduzimanjem pare te vršnim generatorom topline)

Dijagram sa slike 9 očitava se na sljedeći način:

– krivuljom 1 prikazuje se ovisnost snage  $\dot{Q}$  o vremenu povratka kapitala uloženog u sustav zajedničke

Zajedničko svim krivuljama prikazanih na slici 9 jest to što su eksponencijalne. Drugim riječima, veća toplinska snaga kraće vrijeme povratka kapitala, i obratno. To proizlazi iz zakonitosti logaritamskih krivulja sa

slike 5 kod kojih što veća toplinska snaga znači to manje troškove kapitalnih investicija po jedinici toplinske snage, i obratno. U nastavku rada će se kroz rezultate postavljenog matematičkog modela na konkretnom primjeru dravno-prerađivačke tvrtke ispitati utjecaj promjenjivosti vrijednosti određenih veličina na isplativost ulaganja u sustave za zajedničku proizvodnju toplinske i električne energije.

### 3. REZULTATI TOPLINSKO-EKONOMSKE OPTIMIZACIJE

#### 3.1. Ulazni podaci za određivanje najniže toplinske snage

Rukovoditelj tehničke službe tvrtke DI "Spačva" ispunio je anketni upitnik o potrošnji energije i karakteristikama energetskog sustava za 2000. godinu. U tom je upitniku upisao sljedeće podatke [9]:

1. godišnja potrošnja toplinske energije,  $Q(\text{utrošeno}) = 48\ 000\ \text{MWh}$ ,
2. godišnja potrošnja električne energije,  $W(\text{utrošeno}) = 8\ 000\ \text{MWh}$ ,
3. instalirana toplinska snaga u dravno-industrijskom pogonu,  $Q_{\max} = 12\ \text{MW} = 12\ 000\ \text{kW}$ ,
4. vršna električna snaga,  $W_{\max} = 2\ \text{MW} = 2\ 000\ \text{kW}$ ,
5. raspoloživa količina drvene biomase:  $m_{\text{rasp}} = 1,92\ \text{kg/s}$ ,
6. donja ogrjevna vrijednost drvene biomase:  $H_d = 11\ 000\ \text{kJ/kg}$
7. okvirna cijena drvene biomase:  $c_g \approx 0\ \text{kn/kJ}$
8. cijena električne energije kupljene od elektrodistributera:  $c_{\text{ees}} = 0,57\ \text{kn/kWh}$  [9] (dobiveno dijeljenjem vrijednosti godišnjih troškova za električnu energiju s vrijednošću godišnje potrošnje električne energije)
9. cijena toplinske energije kupljene od CTSa:  $c_{q,\text{kup}} = 0,1\ \text{kn/kWh}$  [10] (odnosi se na usporednu cijenu tehnološke pare iz EL-TO Zagreb)
10. cijena otkupne električne energije:  $c_{\text{ot}} = 0,7$   
 $c_{\text{ees}} = 0,4\ \text{kn/kWh}$
11. udio troškova kapitala, pogona i održavanja jest 10% od troškova kapitalnih investicija:  $\beta + \gamma = 0,10$ .

Pogonski parametri energetskih sustava

1. Generator topline (nosilac topline svježeg para) ( $\rightarrow$  sl. 6)
  - tlak/temperatura svježeg para: 16 bar / 220°C
  - entalpija svježeg para:  $h_{\text{sp,gt}} = 2844\ \text{kJ/kg}$
  - entalpija kondenzata:  $h'_{\text{sp}} = 859\ \text{kJ/kg}$
  - iskoristivost generatora topline  $\eta_{\text{gt}} = 0,8$

- entalpija napojne vode  $h_{\text{mv}} = 856\ \text{kJ/kg}$
- količina drvene biomase po jedinici topline, prema izrazu (2.26):

$$q_{\text{gt}} = \frac{h_{\text{sp,gt}} - h_{\text{mv}}}{h_{\text{sp,gt}} - h'_{\text{sp}}} \cdot \frac{1}{H_d \eta_{\text{gt}}} = \frac{2844 - 856}{2844 - 859} \cdot \frac{1}{11000 \cdot 0,8}$$

$$q_{\text{gt}} = 113,8\ \text{kg/GJ} = 406,4\ \text{kg/MWh.}$$

#### 2. Protutlačno parnoturbinsko postrojenje ( $\rightarrow$ sl. 7)

- tlak/temperatura svježeg para: 40 bar / 450°C
- entalpija svježeg para:  $h_{\text{sp,pt}} = 3329\ \text{kJ/kg}$
- tlak/temperatura ispušnog para: 4 bar / 160°C
- adijabatska entalpija ispušnog para:  $h_{p(t)} = 2776\ \text{kJ/kg}$
- politropska entalpija ispušnog para:  $h_p = 2882\ \text{kJ/kg}$
- entalpija kondenzata:  $h'_p = 604\ \text{kJ/kg}$
- entalpija napojne vode  $h_{\text{mv}} = 677\ \text{kJ/kg}$
- unutarnji stupanj korisnosti parne turbine:  $\eta_i = 0,8$
- iskoristivost generatora pare:  $\eta_{\text{gp}} = 0,8$
- odnos između izlazne mehaničke (električne) snage i toplinske snage postrojenja:

$$\chi = \frac{h_{\text{sp}} - h_{p(t)}}{h_p - h'_p} \eta_i = \frac{3329 - 2776}{2882 - 604} \cdot 0,8 = 0,2$$

- količina drvene biomase po jedinici topline, prema izrazu (2.26):

$$q_{\text{pt}} = \frac{h_{\text{sp,pt}} - h_{\text{mv}}}{h_p - h'_p} \cdot \frac{1}{H_d \eta_{\text{gp}}} = \frac{3329 - 677}{2882 - 604} \cdot \frac{1}{11000 \cdot 0,8}$$

$$q_{\text{pt}} = 132,3\ \text{kg/GJ} = 472,5\ \text{kg/MWh.}$$

#### 3. Kondenzacijsko parnoturbinsko postrojenje s jednim oduzimanjem pare ( $\rightarrow$ sl. 8)

- tlak/temperatura svježeg para: 40 bar / 450°C
- entalpija svježeg para:  $h_{\text{sp,kt}} = 3329\ \text{kJ/kg}$
- tlak/temperatura oduzimanja pare: 4 bar / 160°C
- adijabatska entalpija ispušnog para:  $h_{p(t)} = 2776\ \text{kJ/kg}$
- politropska entalpija ispušnog para:  $h_p = 2882\ \text{kJ/kg}$
- entalpija kondenzata pri tlaku oduzimanja:  $h'_p = 604\ \text{kJ/kg}$
- tlak kondenzacije: 0,08 bar
- adijabatska entalpija zasićene pare:  $h_{k(t)} = 2280\ \text{kJ/kg}$
- politropska entalpija zasićene pare:  $h_k = 2400\ \text{kJ/kg}$
- entalpija kondenzata pri tlaku kondenzacije:  $h'_k = 174\ \text{kJ/kg}$
- unutarnji stupanj korisnosti turbine od oduzimanja do izlaza:  $\eta_{i(\text{od-k})} = 0,8$
- unutarnji stupanj korisnosti turbine do oduzimanja:  $\eta_{i(\text{sp-od})} = 0,8$

– entalpija napojne vode:  $h_{nv} = 677$  kJ/kg

– količina rashladne vode po kJ topline:

$$K_v = \frac{1}{c_v \Delta t_v} \left( \frac{h_k - h'_k}{h_p - h_{k(t)}} \cdot \frac{1}{\eta_{i(od-k)}} \right) = \frac{1}{4,186 \cdot 8} \left( \frac{2400 - 174}{2882 - 2280} \cdot \frac{1}{0,8} \right)$$

$K_v = 0,137$  kg/kJ odvedene topline

– cijena vode za ukapljivanje pare:  $c_v = 0,003$  kn/kg

– količina drvene biomase po jedinici topline, prema izrazu (2.35):

$$q_{kt} = \frac{h_{sp,kt} - h_{nv}}{h_p - h_{k(t)}} \cdot \frac{1}{\eta_{i(od-k)} \eta_{gp} H_d} = \frac{3329 - 677}{2882 - 2280} \cdot \frac{1}{0,8 \cdot 0,8 \cdot 11000}$$

$q_{kt} = 625,7$  kg/GJ = 2235 kg/MWh.

Uvrštavanjem zadanih vrijednosti za razmatranu drvno-prerađivačku tvrtku u izraze (2.25), (2.28) i (2.33) te uz pomoć kompjutorskog programa *GRAPHMATICA 1.60e* dobiva se dijagram prikazan na slici 10.

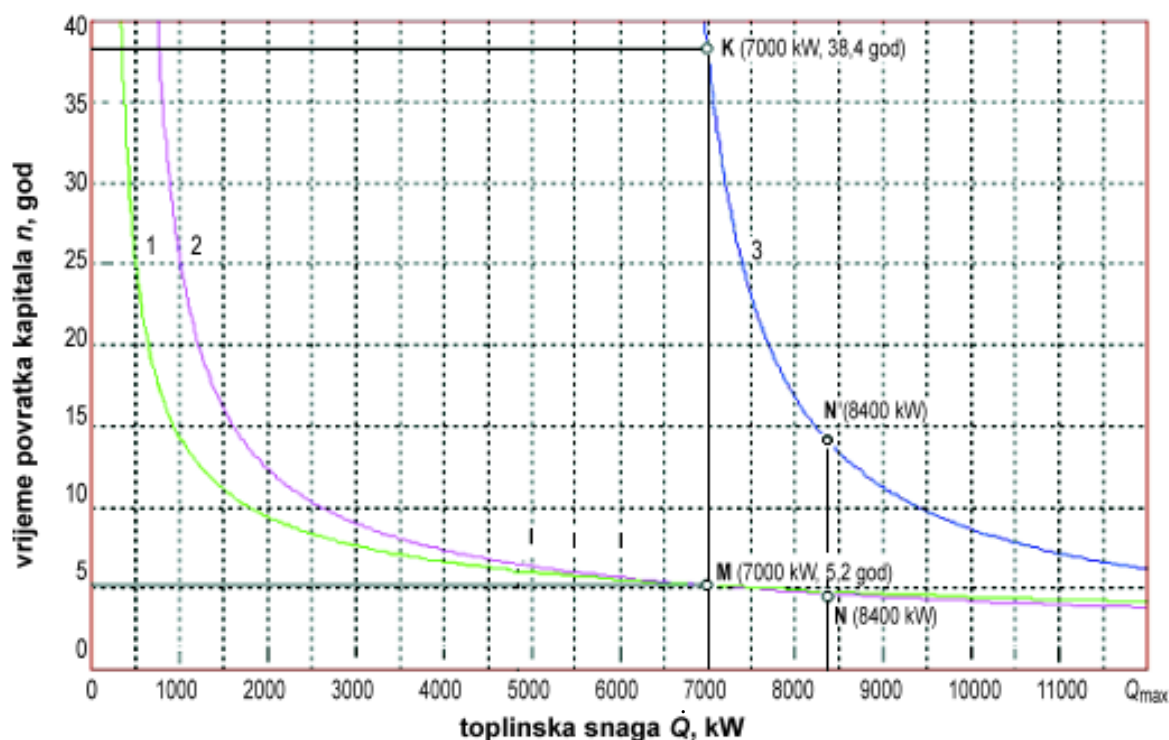
Prema dijagramu na slici 10 najniža vrijednost toplinske snage pri kojoj sustav zajedničke proizvodnje toplinske i električne energije postaje isplativiji u odnosu na sustav odvojene proizvodnje iznosi 7 000 kW. Ta vrijednost odgovara točki M. Protutlačno parnoturbin-

ska postrojenje je tip energetskog postrojenja za zajedničku proizvodnju toplinske i električne energije s kojim se ostvaruje ta najniža toplinska snaga ( $\rightarrow$  *krivulja 2*). Vrijeme povratka kapitala uloženo u takvo postrojenje iznosi 5,2 godine. To je vrijeme jednako vremenu povratka kapitala uloženo u generator topline izlazne toplinske snage od 7 000 kW ( $\rightarrow$  *krivulja 1*). Za kondenzacijsko parnoturbinsko postrojenje s jednim oduzimanjem pare kao drugim tipom energetskog postrojenja za zajedničku proizvodnju toplinske i električne energije vrijeme povratka kapitala pri toplinskoj snazi od 7 000 kW iznosi 38,4 godina.

### 3.2. Utjecaj promjene vrijednosti veličina na isplativost ulaganja

Najniža toplinska snaga za razmatranu drvno-prerađivačku tvrtku odredila se prema unaprijed zadanim veličinama čije se vrijednosti mogu mijenjati. Te veličine su:

- cijena električne energije kupljene od elektrodistributera,  $c_{ees}$ ,
- vrijeme opterećenja potrošača toplinske i električne energije,  $\tau_q$  i  $\tau_w$ ,
- radni parametri svježe pare (putem promjene koeficijenta  $\chi$ ),



Slika 10. Ovisnost vremena povratka kapitala o toplinskoj snazi energetskih sustava na primjeru konkretne drvno-prerađivačke tvrtke (1 – krivulja energetskog sustava s generatorom topline 2 – krivulja energetskog sustava s protutlačnim parnoturbinskim agregatom i vršnim postojećim generatorom topline, 3 – krivulja energetskog sustava s kondenzacijskim parnoturbinskim agregatom i jednim oduzimanjem te vršnim postojećim generatorom topline)

- d) troškovi kapitalnih investicija uloženi u energetska postrojenja,  $TKI$ ,  
 e) cijena goriva (drvene biomase),  $c_g$ ,  
 f) cijena vode za ukapljivanje pare,  $c_v$ .

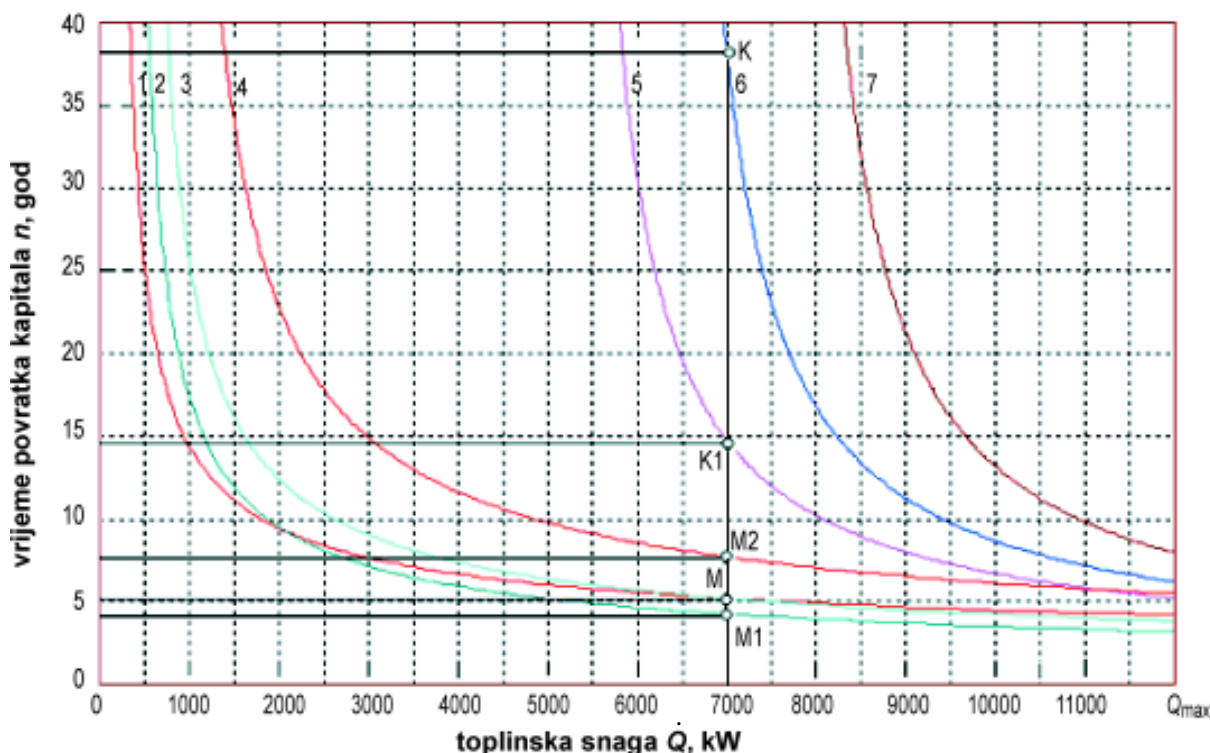
a) Promjena cijene električne energije kupljene od elektrodistributera  $c_{ees}$ ,

Ovisnost vremena povratka kapitala uloženi u energetska postrojenja o njegovoj toplinskoj snazi pri promjeni cijene električne energije kupljene od elektrodistributera prikazana je dijagramski na slici 11.

nim oduzimanjem pare vrijeme povratka kapitala pri vrijednosti toplinske snage od 7 000 kW veće od 40 godina.

b) Promjena trajanja opterećenja potrošača toplinske i električne energije,  $\tau_q$  i  $\tau_w$

Ovisnost vremena povratka kapitala uloženi u energetska postrojenja o njegovoj toplinskoj snazi pri promjeni trajanja opterećenja potrošača toplinske i električne energije u godini dana prikazana je dijagramski na slici 12. Sa te je slike uočljivo da što je trajanje op-

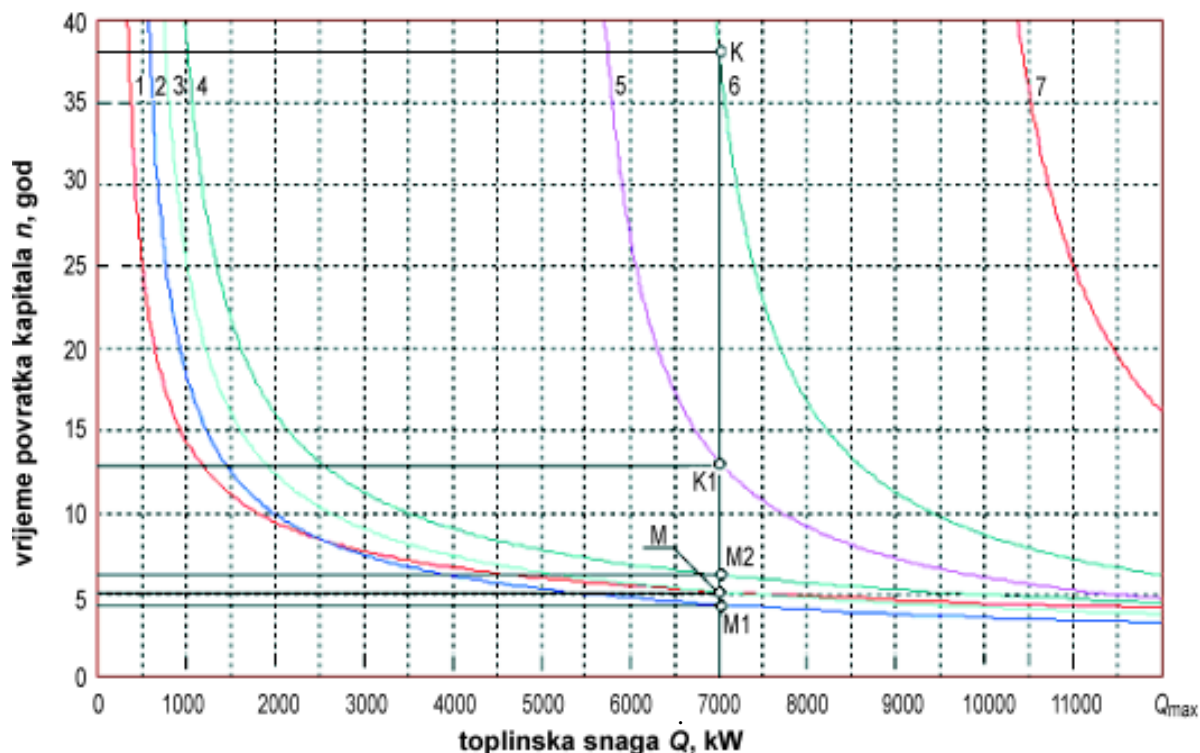


Slika 11. Ovisnost vremena povratka kapitala o toplinskoj snazi pri promjeni cijene električne energije od elektrodistributera ( $c_{ees}$ ) (1 – krivulja energetskeg sustava s generatorom topline i krivulje energetskeg sustava s protutlačnim paroturbinskim agregatom i vršnim postojećim generatorom topline u slučaju kad je 2 –  $c_{ees} = 0,70$  kn/kWh, 3 –  $c_{ees} = 0,57$  kn/kWh, 4 –  $c_{ees} = 0,45$  kn/kWh, krivulje energetskeg sustava s kondenzacijskim paroturbinskim agregatom i jednim oduzimanjem pare te vršnim postojećim generatorom topline u slučaju kad je 5 –  $c_{ees} = 0,70$  kn/kWh, 6 –  $c_{ees} = 0,57$  kn/kWh, 7 –  $c_{ees} = 0,45$  kn/kWh)

Sa slike 11 primjećuje se da što je cijena električne energije kupljene od elektrodistributera viša to je vrijeme povratka kapitala kraće, tj. isplativost je veća. To je na dijagramu za protutlačno paroturbinsko postrojenje prikazano krivuljom 2 i točkom M1, a za kondenzacijsko paroturbinsko postrojenje s jednim oduzimanjem pare krivuljom 5 i točkom K1. I obratno, što je cijena električne energije kupljene od elektrodistributera niža to je vrijeme povratka kapitala dulje, tj. isplativost je manja. Na dijagramu je za protutlačno paroturbinsko postrojenje prikazano krivuljom 4 i točkom M2, dok je za kondenzacijsko paroturbinsko postrojenje s jed-

terećenja potrošača energije (ili vrijeme rada protutlačnog paroturbinskog postrojenja) dulje, to je vrijeme povratka kapitala kraće, tj. isplativost je veća. To je prikazano krivuljom 2 i točkom M1. I obratno, što je to trajanje opterećenja ili vrijeme rada tog postrojenja kraće to je vrijeme povratka kapitala dulje, tj. isplativost je manja. Taj je slučaj prikazan krivuljom 4 i točkom M2.

Za kondenzacijsko paroturbinsko postrojenje s jednim (reguliranim) oduzimanjem pare pravilo je suprotno. Odnosno, što je vrijeme rada takvog energetskeg postrojenja veće u godini dana to će vrijeme povratka ka-



Slika 12. Ovisnost vremena povratka kapitala o toplinskoj snazi pri promjeni trajanja opterećenja potrošača toplinske i električne energije ( $\tau_q$  i  $\tau_w$ ) (1 – krivulja energetskog sustava s generatorom topline, krivulje energetskog sustava s protutlačnim parnoturbinskim postrojenjem i vršnim postojećim generatorom topline u slučaju kad je 2 –  $\tau_q = 8000$  h/god, 3 –  $\tau_q = 4000$  h/god, 4 –  $\tau_q = 2000$  h/god krivulje energetskog sustava kondenzacijskim arnoturbinskim postrojenjem i jednim oduzimanjem pare te vršnim postojećim generatorom topline  $\tau_w$  u slučaju kad je 5 –  $\tau_q = 2000$  h/god ili  $\tau_w = 8000$  h/god, 6 –  $\tau_q = 4000$  h/god i  $\tau_w = 4000$  h/god, 7 –  $\tau_q = 8000$  h/god ili  $\tau_w = 2000$  h/god)

pitala biti dulje, tj. isplativost će biti manja. To je prikazano krivuljom 7, dok je za toplinsku snagu od 7 000 kW vrijeme povratka kapitala veće od 40 godina. I obratno, što je vrijeme rada kondenzacijskog parnoturbinskog postrojenja sa jednim oduzimanjem pare kraće to će i vrijeme povratka kapitala biti kraće, tj. isplativost veća. To je prikazano krivuljom 5 i točkom K1.

Kondenzacijsko parnoturbinsko postrojenje s jednim (reguliranim) oduzimanjem pare ima mogućnost bilanciranja toplinske i električne energije. Ukoliko bi vrijeme rada potrošača toplinske energije ostalo jednako 4 000 h/god, a vrijeme rada potrošača električne energije se mijenjalo, tada bi se desilo sljedeće:

- krivulja 5 odnosila bi se na energetsko postrojenje čije vrijeme proizvodnje električne energije iznosi  $\tau_w = 8\,000$  h/god,
- krivulja 7 odnosila bi se na energetsko postrojenje čije vrijeme proizvodnje električne energije iznosi  $\tau_w = 2\,000$  h/god.

#### c) Promjena radnih parametara svježe pare

Radni parametri svježe pare odnose se na njen tlak i temperaturu kojima se određuje količina topline ili en-

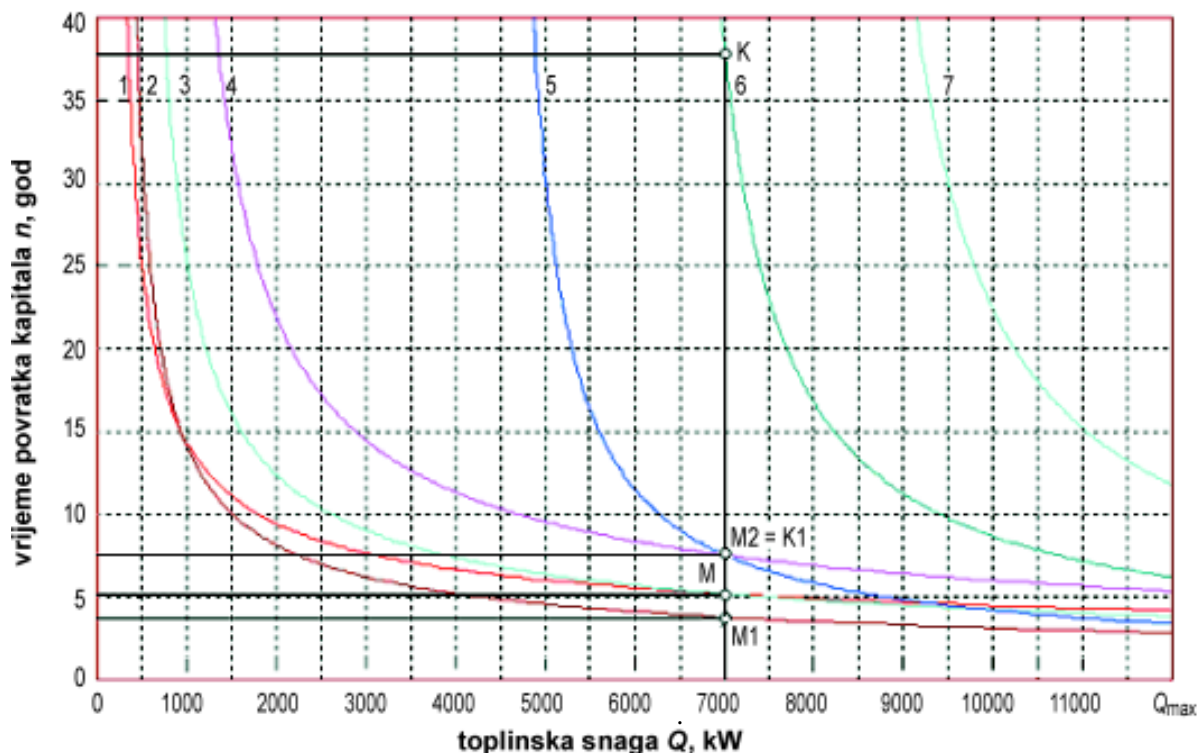
talpije. Što su tlak i temperatura svježe pare veći to će i entalpija biti veća. Odnos izlazne mehaničke (električne) snage i izlazne toplinske snage električnog postrojenja (u prethodnim poglavljima označenim sa  $\chi$ ) ovisi o radnim parametrima svježe pare, odnosno njezinoj entalpiji. Što je veća entalpija svježe pare to će i koeficijent  $\chi$  biti veći, i obratno.

Ovisnost vremena povratka kapitala uloženog u energetsko postrojenje o toplinskoj snazi tog istog postrojenja pri promjeni radnih parametara svježe pare prikazana je dijagramom na slici 13.

Sa slike 13 vidljivo je da što je odnos između izlazne mehaničke (električne) snage i izlazne toplinske snage,  $\chi$ , veći to je vrijeme povratka kapitala kraće, tj. isplativost je veća. To je za slučaj protutlačnog parnoturbinskog postrojenja prikazano krivuljom 2 i točkom M1, a za slučaj kondenzacijskog parnoturbinskog postrojenja s jednim oduzimanjem pare krivuljom 5 i točkom K1. I obratno, što je odnos  $\chi$  manji to je vrijeme povratka kapitala dulje, tj. isplativost je manja. To je za slučaj protutlačnog parnoturbinskog postrojenja prikazano krivuljom 4 i točkom M2, a za slučaj kondenzacijskog parnoturbinskog postrojenja s jednim oduzima-

njem pare krivuljom 5 kod kojeg je vrijeme povratka kapitala pri vrijednosti toplinske snage od 7 000 kW veće od 40 godina.

skog postrojenja s jednim oduzimanjem pare to je prikazano krivuljom 5 i točkom K1. Na isti će način utjecati promjena udjela troškova kapitala, pogona i održavanja



Slika 13. Ovisnost vremena povratka kapitala o toplinskoj snazi pri promjeni radnih parametara svježe pare ( $\chi$ ) 1 (1 – krivulja energetskeg sustava s generatorom topline, krivulje energetskeg sustava sa protutlačnim parnoturbinskim postrojenjem i vršnim postojećim generatorom topline u slučaju kad je  $2 - \chi = 0,27$ ,  $3 - \chi = 0,2$ ,  $4 - \chi = 0,16$  krivulje energetskeg sustava s kondenzacijskim parnoturbinskim agregatom i jednim oduzimanjem pare te vršnim postojećim generatorom topline u slučaju kad je  $5 - \chi = 0,27$ ,  $6 - \chi = 0,2$ ,  $7 - \chi = 0,16$ )

d) Promjena troškova kapitalnih investicija uloženi u energetske postrojenje, TKI

Ovisnost vremena povratka kapitala uloženi u energetske postrojenje o njegovoj toplinskoj snazi pri promjeni troškova kapitalnih investicija prikazana je dijagramski na slici 14.

Sa slike 14 objašnjenje je sljedeće: što su troškovi kapitalnih investicija energetskeg postrojenja za zajedničku proizvodnju toplinske i električne energije veći to je vrijeme povratka kapitala dulje, tj. isplativost je manja. To je za slučaj protutlačnog parnoturbinskog postrojenja prikazano krivuljom 4 i točkom M2. Za slučaj kondenzacijskog parnoturbinskog postrojenja s jednim oduzimanjem pare to je prikazano krivuljom 7, dok je vrijeme povratka kapitala uloženo u taj tip energetskeg postrojenja pri izlaznoj toplinskoj snazi od 7 000 kW veće od 40 godina. I obratno, što su troškovi kapitalnih investicija manji to je vrijeme povratka kapitala kraće, tj. isplativost je veća. To je za slučaj protutlačnog parnoturbinskog postrojenja prikazano krivuljom 2 i točkom M1. Za slučaj kondenzacijskog parnoturbinskog

razmatranih tipova energetskeg postrojenja,  $\beta + \gamma$ , jer ovisi o promjeni troškova kapitalnih investicija.

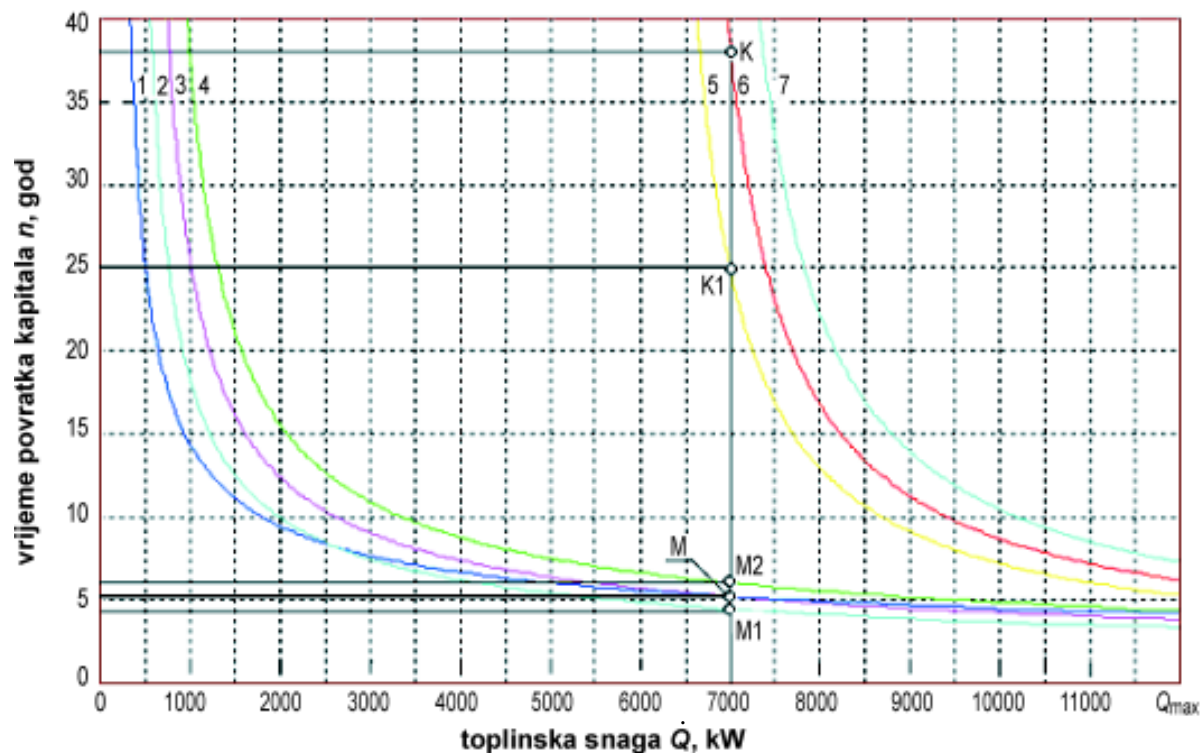
e) Promjena cijene goriva (drvne biomase),  $c_g$

Ovisnost vremena povratka kapitala uloženi u energetske postrojenje o toplinskoj snazi tog istog postrojenja pri promjeni cijene goriva (drvnog ostatka) prikazana je na dijagramu slike 15.

Sa slike 15 se daje primijetiti da ako je cijena drvnog ostatka veća od nule to je vrijeme povratka kapitala uloženi u energetske postrojenje dulje, tj. isplativost je manja. To je za slučaj protutlačnog parnoturbinskog postrojenja prikazano krivuljom 4 i točkom M2. Za slučaj kondenzacijskog parnoturbinskog postrojenja s jednim oduzimanjem pare to je prikazano krivuljom 7, dok je vrijeme povratka kapitala uloženo u taj tip energetskeg postrojenja pri izlaznoj toplinskoj snazi od 7 000 kW veće od 40 godina.

I obratno, ako je cijena drvnog ostatka manja od nule to je vrijeme povratka kapitala uloženi u energetske postrojenje kraće, tj. isplativost je veća.





Slika 14. Ovisnost vremena povratka kapitala o toplinskoj snazi pri promjeni troškova kapitalnih investicija (TKI) (1– krivulja energetskeg sustava s generatorom topline, krivulje energetskeg sustava s protutlačnim parnoturbinskim postrojenjem i vršnim postojećim generatorom topline u slučaju kad je 2 –  $0,9 \cdot TKI$ , 3 –  $TKI$ , 4 –  $1,1 \cdot TKI$  krivulje energetskeg sustava s kondenzacijskim parnoturbinskim agregatom i jednim oduzimanjem pare te vršnim postojećim generatorom topline u slučaju kad je 5 –  $0,9 \cdot TKI$ , 6 –  $TKI$ , 7 –  $1,1 \cdot TKI$ )

postrojenje kraće, tj. isplativost je veća. To je za slučaj protutlačnog parnoturbinskog postrojenja prikazano krivuljom 2 i točkom M1. Za slučaj kondenzacijskog parnoturbinskog postrojenja s jednim oduzimanjem pare to je prikazano krivuljom 5 i točkom K1.

#### f) Promjena cijene vode za ukapljivanje pare, $c_v$

Ovisnost vremena povratka kapitala o toplinskoj snazi različitih tipova energetskeg postrojenja pri promjeni cijene vode za ukapljivanje pare prikazana je dijagramski na slici 16.

Sa slike 16 objašnjenje je sljedeće: što je cijena vode za ukapljivanje pare kod kondenzacijskog parnoturbinskog postrojenja s jednim oduzimanjem pare manja to je vrijeme povratka kapitala kraće, tj. isplativost je veća. To je prikazano krivuljom 5 i točkom K1. I obratno, što je cijena vode za ukapljivanje pare veća to je vrijeme povratka kapitala dulje, tj. isplativost je manja. To je prikazano krivuljom 4 dok je vrijeme povratka kapitala uloženo u takvo energetske postrojenje izlazne toplinske snage 7 000 kW veće od 40 godina.

Ovdje treba napomenuti da se krivulje 3, 4 i 5 međusobno sijeku kod vrijednosti toplinske snage od 10 000 kW. To je ona vrijednost toplinske snage koja odgovara izlaznoj toplinskoj snazi protutlačnog parnoturbinskog postrojenja iz koje se kao nus-produkt razvija izlazna mehanička (električna) snaga od 2 000 kW. Ta snaga odgovara vršnoj električnoj snazi. Za vrijednosti toplinskih snaga većim ili jednakim od 10 000 kW nije nužna ugradnja niskotlačnog dijela parne turbine s kondenzatorom.

skog postrojenja iz koje se kao nus-produkt razvija izlazna mehanička (električna) snaga od 2 000 kW. Ta snaga odgovara vršnoj električnoj snazi. Za vrijednosti toplinskih snaga većim ili jednakim od 10 000 kW nije nužna ugradnja niskotlačnog dijela parne turbine s kondenzatorom.

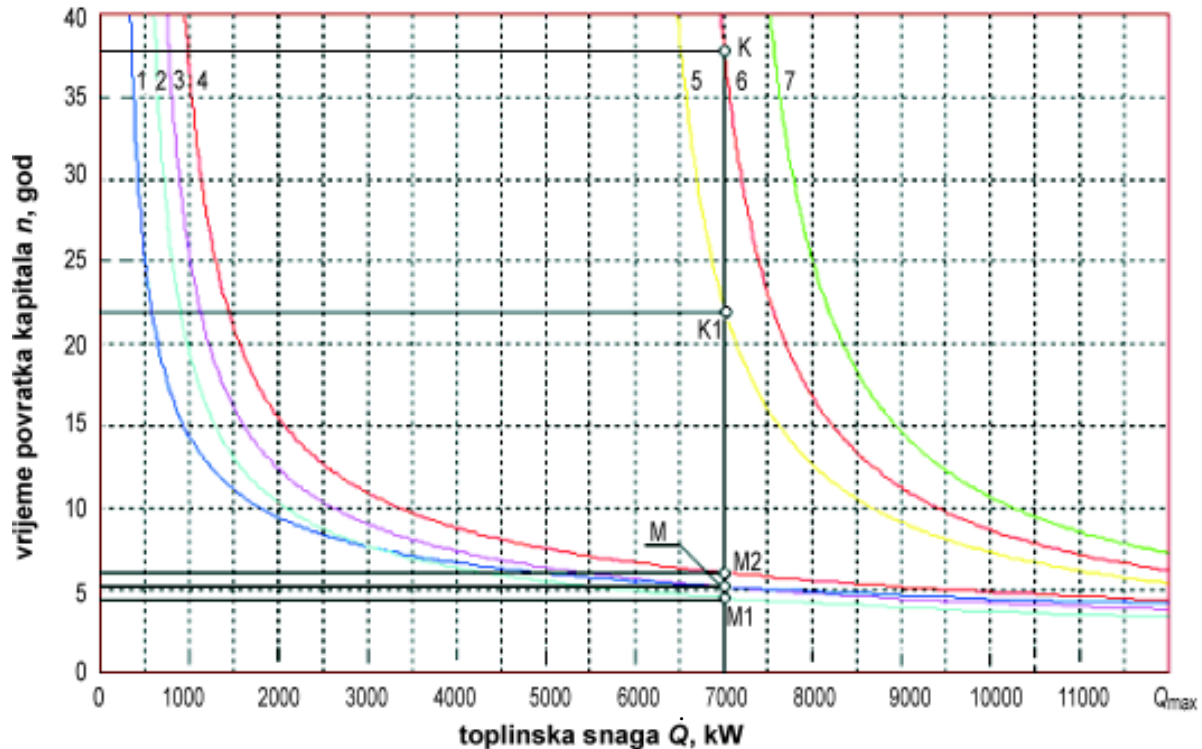
## 4. DISKUSIJA

U radu je postavljen matematički model za određivanje najniže toplinske snage pri kojoj zajednička proizvodnja toplinske i električne energije postaje isplativija od odvojene proizvodnje. Toplinska snaga (ili toplinska energija po jedinici vremena) je u razmatranje uzeta kao temeljna fizikalna veličina iz razloga što o bilanci potrošnje toplinske energije ovise sva ostala projektna rješenja. Jedno od tih rješenja trebala bi rezultirati optimalnim načinom opskrbljivanja s toplinskom i električnom energijom [11].

U praksi se danas prema [12 – 18] za zajedničku proizvodnju toplinske i električne energije u drvenoj industriji koriste različiti tipovi parnoturbinskih postrojenja, u ovisnosti o potrebama za toplinskom i električnom energijom. Proizvodnja električne energije u protutlačnom parnoturbinskom postrojenju ovisi o tre-

nutačnoj proizvodnji toplinske energije čime nije osigurana potpuna opskrba električnom energijom. Zbog toga će vrijeme proizvodnje električne energije,  $\tau_w$ , biti jednako vremenu proizvodnje toplinske energije,  $\tau_q$ .

oniranja paroturbinskog agregata na najviše toplinsko opterećenje (odnosno toplinsku snagu) koje traje mali broj sati u godini (često oko 500 do 1 000 sati) krivulje iz tih slika imale uzlaznu putanju nakon toplinske snage



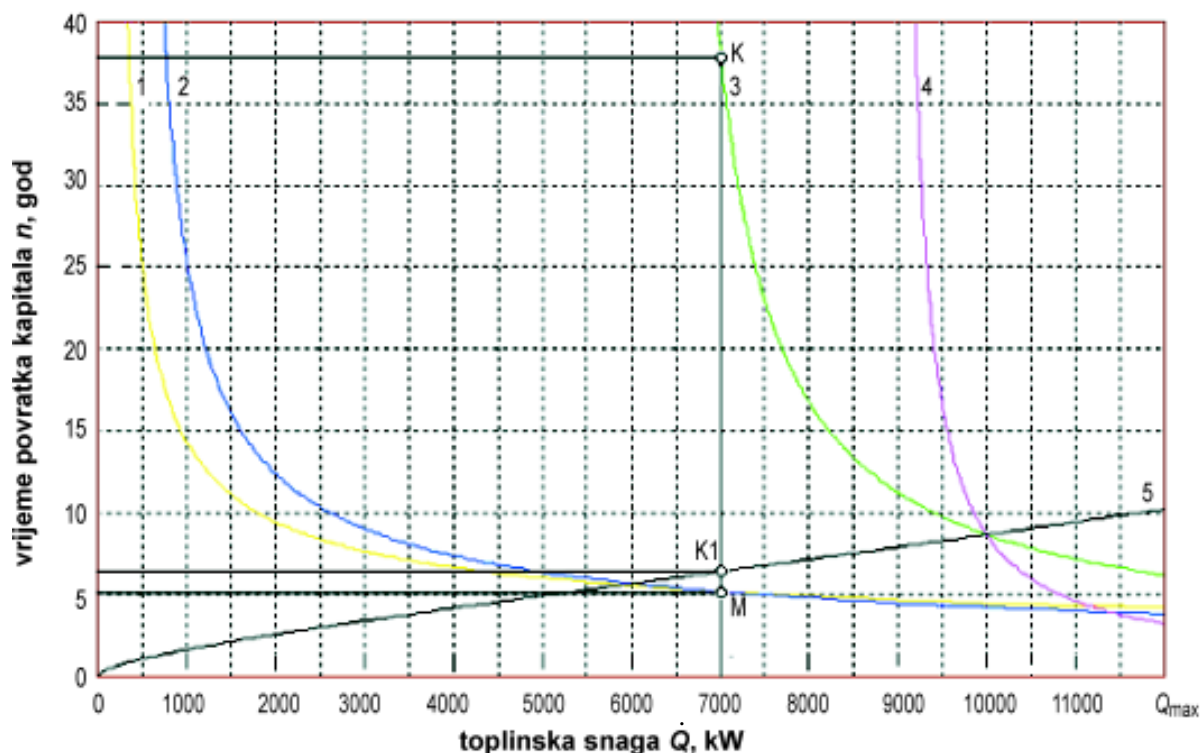
Slika 15. Ovisnost vremena povratka kapitala o toplinskoj snazi pri promjeni cijene goriva ( $c_g$ ) (1 – krivulja energetskeg sustava s generatorom topline, krivulje energetskeg sustava s protutlačnim paroturbinskim postrojenjem i vršnim postojećim generatorom topline u slučaju kad je 2 –  $c_g = -1$  kn/kWh, 3 –  $c_g = 1$  kn/kWh, 4 –  $c_g = 1$  kn/kWh krivulje energetskeg sustava s kondenzacijskim paroturbinskim agregatom i jednim oduzimanjem pare te vršnim postojećim generatorom topline u slučaju kad je 5 –  $c_g = -1$  kn/kWh, 6 –  $c_g = 0$  kn/kWh, 7 –  $c_g = 1$  kn/kWh)

Elastično bilanciranje proizvodnje toplinske i električne energije ostvaruje se kod kondenzacijskog paroturbinskog postrojenja sa jednim (reguliranim) oduzimanjem pare. Pri tom se uzima da je izlazna električna snaga postrojenja jednaka vršnom opterećenju potrošača električne energije čime je osigurana potpuna opskrba električnom energijom. U ovom slučaju vrijeme proizvodnje električne energije,  $\tau_w$ , neće biti jednako sa vremenom proizvodnje toplinske energije,  $\tau_q$ . Nasuprot prednostima, ovakvo je postrojenje u odnosu na protutlačno paroturbinsko postrojenje za oko jedan i po puta investicijski skuplje zbog dodatnih troškova za niskotlačni dio paroturbinskog agregata, za kondenzator, za vlastiti utrošak energije kod cirkulacije vode te kemikalija za obradu vode rashladnog sustava.

Na slici 9 i slikama 10 – 16 vidljivo je da će pri najvišoj toplinskoj snazi,  $Q_{\max}$ , vrijeme povratka kapitala za razmatrane tipove energetskeg postrojenja biti najkraće. Napominje se da bi zbog neekonomičnosti dimenzi-

jednakoj  $0,7 \cdot Q_{\max}$  ( $\rightarrow$  točka N i točka N' na slici 9). Stoga se preporučuje da se dobivene najniže toplinske snage nalaze ispod te navedene vrijednosti. Na konkretnom primjeru dravno-prerađivačke tvrtke dobivena najniža toplinska snaga iznosi 7000 kW što je manje od granične vrijednosti toplinske snage koja iznosi  $0,7 \cdot 12000 = 8400$  kW ( $\rightarrow$  točka N i točka N' na slici 10). Kod projektiranja bi bilo poželjno uzeti tu vrijednost toplinske snage jer je vrijeme povrata kapitala za nju kraće u odnosu na najnižu vrijednost toplinske snage (što je vidljivo na slikama 10 – 15). Za vršna toplinska opterećenja koriste se postojeći ili novi vršni generatori topline.

Toplinskoj snazi od 7 000 kW odgovara mehanička snaga od  $\chi \cdot Q_{\min} = 0,2 \cdot 7000 = 1400$  kW. Da bi se izračunala električna snaga postrojenja, dobivenu mehaničku snagu treba umanjiti za oko 5% radi gubitaka koji nastaju u redukturu i generatoru električne energije. Dobivena toplinska snaga smanjuje se za oko 5% zbog toplinskih gubitaka u izmjenjivaču.



Slika 16. Ovisnost vremena povratka kapitala o toplinskoj snazi pri promjeni cijene vode za ukapljivanje pare ( $c_v$ ) (1 – krivulja energetskog sustava s generatorom topline, 2 – krivulja energetskog sustava s protutlačnim parno-turbinskim postrojenjem i vršnim postojećim generatorom topline, krivulje energetskog sustava s kondenzacijskim parnoturbinskim agregatom i jednim oduzimanjem pare te vršnim postojećim generatorom topline u slučaju kad je 3 –  $c_v=0,003$  kn/kg, 4 –  $c_v=0,01$  kn/kg, 5 –  $c_v=0$  kn/kg)

Količinom drvene biomase po jedinici topline označen sa  $q_{gt}, q_{vgt}, q_{pt}, q_{kt}$  ovisno o tipu energetskog postrojenja pokazuje se koliko je kilograma (ili tona) drvene biomase potrebno za odvojenu ili zajedničku proizvodnju toplinske i električne energije. Određivanjem pak količine rashladne vode po jedinici topline,  $K_v$ , ukazuje se na količinu odvedene topline kroz rashladni sustav kondenzacijskog parnoturbinskog postrojenja sa jednim oduzimanjem pare.

Promjena cijene vode za ukapljivanje pare kod kondenzacijskog parnoturbinskog postrojenja sa jednim oduzimanjem pare utječe na isplativost ulaganja u takav tip postrojenja. Što je cijena vode viša to je isplativost manja, i obratno. U slučaju kad je cijena vode jednaka nuli tada se isplativost smanjuje sa povećanjem toplinske snage. To je iz razloga što je cijena drvnog ostatka i vode jednaka nuli, a troškovi za proizvodnju toplinske energije najveći. Iz tog proizlazi da su troškovi za proizvodnju električne energije u niskotlačnom dijelu promatranog energetskog postrojenja jednaki nuli.

Kod promjene troškova kapitalnih investicija nije uzeta u obzir promjena radnih parametara svježe pare. Pretpostavka je da što su radni parametri viši to su i troškovi kapitalnih investicija veći ( $\rightarrow$  slika 14). To je iz razloga što su energetska postrojenja koja rade s višim,

odnosno visokim tlakovima i temperaturama izrađena od posebnih materijala. Iz tog proizlazi da će i konstante  $B$  i  $m$  biti različite od proračunatih.

Postupak izrade matematičkog modela izloženog u ovom radu može se također primijeniti i u ostalim tipovima industrije. Tvrtke iz drugih industrijskih sektora kao pogonsko gorivo koriste fosilna goriva, danas najčešće prirodni plin. U tom bi slučaju bilo potrebno toplinsko-ekonomski analizirati i optimizirati energetske sustave na bazi plinskih turbina i plinskih motora s ciljem utvrđivanja njihove isplativosti korištenja. Cijena fosilnog goriva na svjetskom i domaćem tržištu oscilira. U tom se slučaju pretpostavlja da bi izloženi matematički model bio nešto drugačiji.

## 5. ZAKLJUČAK

U ovom je radu postavljen matematički model za određivanje najniže toplinske snage pri kojoj zajednička proizvodnja toplinske i električne energije postaje isplativija od odvojene proizvodnje. Taj je model primijenjen na konkretnoj drvno-prerađivačkoj tvrtki u Hrvatskoj. Na osnovi ulaznih podataka o stanju energetskog sustava te tvrtke i parametara predloženih tipova energetskih postrojenja određena je najniža toplinska

snaga. Pri toj je snazi vrijeme povratka kapitala znatno kraće i s ekonomskog stajališta mnogo prihvatljivije kod protutlačnog parnoturbinskog postrojenja nego kod kondenzacijskog parnoturbinskog postrojenja s jednim (reguliranim) oduzimanjem pare.

Primjena postavljenog matematičkog modela na konkretnom primjeru upućuje na mogućnosti njegove primjene i na ostale drvno-prerađivačke tvrtke. Kako je postojeće energetske stanje za svaku drvno-prerađivačku tvrtku drugačije, to će i odabir toplinsko-ekonomski najpovoljnije varijante energetske sustava za zajedničku proizvodnju toplinske i električne energije biti različito, uz navođenje opravdanosti odabira. Pri tom treba obratiti pažnju na promjenu vrijednosti pojedinih veličina o kojima ovisi isplativost ulaganja. Iz ispitane osjetljivosti matematičkog modela, isplativost ulaganja u sustav zajedničke proizvodnje toplinske i električne energije povećava se u slučaju:

- više cijene električne energije kupljene od elektro-distributera,
- većeg broja sati rada potrošača toplinske energije u godini dana, jer utječe na veću isplativost ulaganja u protutlačno parnoturbinsko postrojenje,
- manjeg odnosa između broja sati rada potrošača toplinske energije i broja sati rada potrošača električne energije, jer utječe na veću isplativost ulaganja u kondenzacijsko parnoturbinsko postrojenje s jednim oduzimanjem pare,
- većeg odnosa između izlazne mehaničke (električne) snage i izlazne toplinske snage,
- nižih troškova kapitalnih investicija te manjim udjelima troškova kapitala, pogona i održavanja energetske postrojenja,
- niže cijene goriva tj. drvnog ostatka,
- niže cijene vode za ukapljivanje vode kod kondenzacijskog parnoturbinskog postrojenja s jednim oduzimanjem pare.

## LITERATURA

- [1] A. BEJAN, G. TSATSARONIS, M. MORAN, "Thermal Design And Optimization", A Wiley-Interscience Publication, New York, 1996.
- [2] G. TSATSARONIS, J. PISA, "Exergoeconomic evaluation and optimization of energy systems- application to the CGAM problem, Energy-Int. J.", Vol. 19(1994)3, pp. 287-321.
- [3] G. TSATSARONIS, "Thermoeconomic analysis and optimization of energy systems, Prog. Energy Combustion Sci.", Vol. 19(1993), pp. 227-257.
- [4] A. VALERO, et. al., "Application of the exergetic cost theory to the CGAM problem, Energy – The International Journal", 19(1993), pp. 365.
- [5] G. ZHANG, et. al., "Exergoeconomics methodology for analysis and optimization of process systems, Computers & Chemical Engineering", 24(2000), pp. 613-618.
- [6] V. URAN, "Optimiranje sustava za kombiniranu proizvodnju toplinske i električne energije u drvnjoj industri-

ji", Magistarski rad, Sveučilište u Rijeci, Tehnički fakultet, 2003.

- [7] B. STANIŠA, "Primjena parnoturbinskih postrojenja za zajedničku proizvodnju toplinske i električne energije u drvnjoj industriji", Stručni skup *Energetika u drvnjoj industriji*, Zbornik radova, Zagreb, listopad 2002., str. 1-15.
- [8] Z. PRELEC, "Energetika u procesnoj industriji", Školska knjiga, Zagreb, 1994.
- [9] Dokumentacija drvno-prerađivačke tvrtke DI "Spačva" d.d. Vinkovci, 2001.
- [10] M. KLEPO, et al., "KUEN-cts: Program energetske efikasnosti centraliziranih toplinskih: sustava: prethodni rezultati i buduće aktivnosti", Energetski institut "Hrvoje Požar", Zagreb, travanj 1998.
- [11] B. STANIŠA, "Povećanje učinkovitosti drvnoprerađivačke industrije zajedničkom proizvodnjom toplinske i električne energije", 4. Međunarodna Naučna konferencija o proizvodnom inženjerstvu, "RIM 2003. – Razvoj i modernizacija proizvodnje, Bihać, 25-27. Septembar 2003., Zbornik radova, str. 475-480.
- [12] G. WILTSEE, "Biomass-Fueled Cogeneration Systems", US Department of Energy, New York, 1993.
- [13] B. STANIŠA, M. ANIĆ, "Primjena parnih turbina u drvnjoj industriji", *Strojarstvo* 31(1989)1, str. 65-76.
- [14] "A Multi-purpose Bioenergy Plant Producing Electricity, Heat and Biopellets", *CADDET Renewable Energy, IEA/OECD*, 2000., Technical Brochure No. 136
- [15] "Wood for Energy Production", Published by Dansih Energy Agency, 2001., pp. 9-16
- [16] M. PALONEN, "New Small-Scale CHP Plant for Biomass Fuels", *CADDET Finnish National Team*, December 1999., pp. 23-25.
- [17] V. URAN, "Iskorištavanje drvnog ostatka za proizvodnju toplinske i električne energije", *Energija* 51 (2002) 4, str. 299-310.
- [18] "Projekti malih termoeenergetskih objekata u Hrvatskoj", Hrvatska elektroprivreda, Zagreb, srpanj, 1996.

## OPTIMISATION OF HEAT AND ELECTRIC ENERGY COGENERATION IN THE WOOD INDUSTRY

Wood industry is one of the strategic export branches for the Croatian economy. Prices and costs of energy significantly influence the competitiveness of products of certain wood processing companies. Based on an analysis of heat and electric energy consumption in wood industry, and assumptions and barriers, a mathematical model for heat-economical optimisation of the system for heat and electric energy cogeneration using woody biomass as fuel is developed. This mathematical model is used to determine the lowest heat power by which cogeneration of heat and electricity becomes payable compared to separate production. Pay off investment in cogeneration of electric and heat production is determined based on pay back period of capital as a value depending on heat power value. The application of the mathematical model is based on an example from wood processing industry in Croatia. The sensitivity of the model is tested by input values change that influence the pay back period in the system of heat and electric energy cogeneration. In the text, discussion and conclusions follow.

## **DIE OPTIMIERUNG DER GEMEINSAMEN ERZEUGUNG VON WÄRME UND STROM IN DER HOLZBEARBEITUNGSINDUSTRIE**

Die Holzbearbeitungsindustrie stellt einen der wichtigsten Exportwirtschaftszweige in der kroatischen Wirtschaft dar. Der Energiepreis und die Energiekosten beeinflussen wesentlich die Wettbewerbsfähigkeit einzelner Holzbearbeitungsunternehmen. Auf Grund der Erörterung des Wärme- und Stromverbrauches in der Holzbearbeitungsindustrie, unter Berücksichtigung maßgebender Voraussetzungen und Vorbedingungen, ist ein mathematischer Modell der energiewirtschaftlichen Optimierung des, Holzbiomasse als Betriebsheizmittel nutzenden, Systems der gemeinsamen Strom- und Wärmeerzeugung,

gestellt worden. Mit diesem mathematischen Model ist die niedrigste Erzeugung der Wärme, bei welcher sich eine gemeinsame Wärme-Strom Produktion im Bezug auf Einzelerzeugungen lohnt, festgestellt. Die Wirtschaftlichkeit des Investierens in ein solches System der gemeinsamen Strom- und Wärmeerzeugung wird

auf Grund der Rückgewinnungszeit des Kapitals in Abhängigkeit vom Wert der erzeugten Wärme bestimmt. Die Anwendung dieses Modells ist am Beispiel eines kroatischen Holzbearbeitungsunternehmens gezeigt worden. Die Empfindlichkeit dieses Modells ist durch Änderungen von auf die Wirtschaftlichkeit der Investition wirkenden Einflußgrößen festgestellt. Am Ende findet eine Diskussion und die Formulierung der Beschlüsse statt.

Naslov pisca:

**Mr. sc. Vedran Uran, dipl. ing.  
EETEK d.o.o.  
Ilica 52  
10000 Zagreb, Hrvatska**

Uredništvo primilo rukopis:  
2004 – 04 – 30.

## VIJESTI IZ ELEKTROPRIVREDE I OKRUŽENJA

### ZAŠTITA NA RADU I KAKO JE POBOLJŠATI U HEP-u

Početkom travnja Odbor za zaštitu na radu HEP-a d.d. održao je svoju 17. sjednicu na kojoj je između ostalog raspravljao i o izvješću o ozljedama na radu u 2003. godini. Pregled ozljeda na radu u HEP Grupi, izgubljeni radni sati te izravni troškovi prikazani su u tablici 1. Naime, ukupne troškove zbog ozljeda na radu čine izravni i neizravni, odnosno neposredni i posredni troškovi.

U izravne ili neposredne troškove ubraja se trenutačno popravljanje stanja izazvanog nezgodom, npr. popravak oštećenog sredstva, kupovanje novih dijelova, materijalne štete, naknade za bolovanje kod ozljede na radu.

Neizravni ili posredni troškovi nisu odmah vidljivi kod nastanka nezgode na radu, a očituju se npr. kao neisporučena energija, šteta korisnika zbog neisporučenja energije, materijalna potpora obitelji stradalog zaposlenika. Procjenjuje se da su ovi troškovi do šest puta veći od neposrednih troškova.

**Tablica 1. Pregled ozljeda na radu u 2003. godini i izravni troškovi**

Red. broj	Član HEP grupe	Broj ozljeda	Broj izgubljenih sati	Izravni/neposredni troškovi (kuna)
1.	HEP d.d.	4	1.808	67.601
2.	HEP Proizvodnja d.o.o.	34	9.060	338.753
3.	HEP Prijenos d.o.o.	21	68.968	2.578.714
4.	HEP Distribucija d.o.o.	326	140.916	5.268.700
5.	HEP Toplinarstvo d.o.o.	6	1.328	49.654
6.	HEP Plin d.o.o.	2	112	4.188
	<b>Ukupno HEP grupa</b>	<b>393</b>	<b>222.188</b>	<b>8.307.610</b>

Ukupni izravni troškovi glede ozljeda na radu u 2003. godini iznosili su 8 milijuna 307 tisuća i 610 kuna. Troškovi su izračunati na temelju prosječne vrijednosti rada u HEP-u za 2003. godinu.

Ako se promatra proteklo petogodišnje razdoblje, tj. razdoblje od 1999. do 2003. godine, dobiveni podaci za izravne i neizravne troškove prikazani su u tablici 2. Treba napomenuti da se troškovi (vrijednost sata rada) temelje na podacima iz 2003. godine.

**Tablica 2. Troškovi ozljeda na radu od 1999. do 2003.**

Godina	Broj smrtnih ozljeda	Izravni troškovi (kuna)	Neizravni troškovi (kuna)
1999.	1	8.653.092	51.918.557
2000.	0	6.326.986	37.961.917
2001.	0	5.464.324	32.785.944
2002.	4	14.946.428	89.678.568
2003.	2	8.307.609	49.845.655

Podaci u tablicama 1. i 2. pokazuju da ozljede na radu stvaraju velike troškove, pogotovo u slučajevima smrtnosti.

Da bi se navedeni troškovi smanjili i poboljšala zaštita na radu u HEP grupi Odbor je predložio niz mjera za poboljšanje koje se navode redom kao u prijedlogu Odbora:

- da se sa stanjem zaštite na radu upozna Uprava HEP-a i Nadzorni odbor HEP-a, te da oni ubuduće najmanje jedanput godišnje raspravljaju o stanju zaštite na radu kako je to i propisano Zakonom o zaštiti na radu
- obvezati ovlaštenike da strogo postupaju s radnicima (na svim razinama) koji ne provode mjere zaštite na radu
- povećati odgovornost zaposlenika i neposrednih rukovoditelja na svim razinama rukovođenja
- nastaviti s provođenjem internih kontrola poslova zaštite na radu i zaštite od požara Tima za sigurnost HEP-a u suradnji sa SIRK
- pojačati interni nadzor stručnjaka zaštite na radu u svim područjima i pogonima
- osposobiti poligon (u NOC Velika) za praktično osposobljavanje zaposlenika za rad na siguran način
- uskladiti poslove zaštite na radu s međunarodnim standardima i predvidjeti uvođenje sustava OHSAS 18000
- imenovati povjerenike zaposlenika za zaštitu na radu, kao i njihove koordinate u svim područjima i pogonima gdje to još nije obavljeno
- provoditi prema potrebama edukaciju i osposobljavanje zaposlenika i njihovih rukovoditelja
- organizirati seminare i radionice za sve ovlaštenike, rukovoditelje i zaposlenike s posebnim naglaskom na kvalitetu rada
- u suradnji sa Sektorom za poslovnu informatiku (SPI) izraditi program za evidencije iz područja zaštite na radu i zaštite od požara, koji će putem HEP-ovog servera biti dostupan svakom stručnjaku zaštite na radu, kao i os-

- talim zaposlenicima kojima je izdano odobrenje za pristup
- evidentirati svaku nezgodu na radu (sa ili bez posljedica), kako bi one bile pouka za ostale dijelove u sastavu HEP grupe
- provoditi kampanju da se sljedeća godina (2005.) proglaši godinom zaštite na radu
- utvrditi način provođenja sigurnosti na radu prije odlaska svake grupe na radni zadatak u vidu akcije “5 minuta za sigurnost”.

SBK

## NACIONALNI INFORMACIJSKI SUSTAV KNJIŽNICA HRVATSKE – NISKA

Projekt NISKA nacionalni je informacijski sustav knjižnica Republike Hrvatske. To je zajednički projekt Ministarstva kulture i Ministarstva znanosti i tehnologije.

**Prva faza projekta bila je izrada Idejnog projekta.** Idejni projekt je postavio osnove za novi knjižnični sustav koji će korisnicima, a to su svi građani RH, omogućiti ulaz u tzv. informacijsko društvo. Informacije, i to ne samo informacije o knjižnom fondu, nego cjeloviti tekstovi knjiga, članaka, informacije pohranjene u različitim bazama podataka, bit će dostupne korisniku ma gdje se on nalazio. Sustav bi obuhvatio sve knjižnice u RH, te ih ujedno povezao s drugim informacijskim sustavima u inozemstvu.

Novo informacijske tehnologije koje postaju dio naše svakodnevice donose sa sobom niz korjenitih promjena u život društva i pojedinaca. Zbog svoje spremnosti da svoje bogato znanje u organizaciji informacija i iskustvo u potpunosti prilagode novim okolnostima, knjižnice postaju okosnicama nacionalnih informacijskih sustava koji, po uspostavljanju, postaju dijelom globalnog informacijskog društva u kojemu stvaranje, pohrana i pristup informacijama na nacionalnom i globalnom nivou ima odlučujuću ekonomsku ulogu.

Isto tako informacijsko doba donosi niz korjenitih promjena u načinu komuniciranja među ljudima, u obrazovnim sustavima i procesima samoobrazovanja, u znanstvenome radu, gospodarstvu, kvalitetnom korištenju slobodnoga vremena i dr.

U razvijenim sredinama knjižnice su jedno od važnih uporišta za ostvarivanje ciljeva informacijskoga društva.

Na tome putu hrvatskim knjižnicama predstoji temeljita reorganizacija poslovanja što će s jedne strane ponajviše ovisiti o tome u kojoj će mjeri društvena zajednica prepoznati njihovu snagu i potencijal te pomoći da se prevladaju postojeći problemi i ubrzaju promjene, a s druge strane ovisit će o spremnosti knjižnične zajednice da odgovori na izazove novoga doba.

Osnovni su ciljevi nacionalnog informacijskog sustava knjižnica (koji je dijelom nacionalnog knjižničkog sustava) su:

- ostvariti zamisao o knjižnici kao primarnom mjestu zadovoljavanja informacijskih potreba građana
- osigurati i poticati otvoren, i kad god je to moguće, jednakopravan pristup informacijskim izvorima na svim medijima
- postaviti knjižnice kao važne sudionike u obrazovnim sustavima, formalnim i neformalnim, te postići njihovo aktivno sudjelovanje u općem informatičkom opismenjava-

nju građana, ali i u trajnom procesu njihovog osposobljavanja za aktivno sudjelovanje u funkcioniranju informacijskog društva

- uključivati hrvatske građane u demokratske procese osiguravanjem pristupa informacijama državne i lokalne uprave i samouprave
- osigurati da se knjižničari priznaju kao kompetentni stručnjaci za korištenje novih tehnologija, sposobni da zadovolje informacijske potrebe korisnika i sposobni da provode programe za razvijanje njihove informacijske i tehnološke pismenosti
- razvijati i nuditi nove usluge sukladno potrebama i zahtjevima što ih informacijsko društvo postavlja pred korisnika.

Novo usluge knjižnice kao i koncept digitalne knjižnice novog doba u najkraćim crtama su sljedeće:

- **obrazovanje i trajno učenje** – povezanost s nacionalnom obrazovnom mrežom, on-line učenje preko virtualnih knjižnica i virtualnih sveučilišta, knjižnice upućuju korisnike na mrežne izvore, a i same sudjeluju u obrazovanju/obučavanju, vođenju, savjetovanju i upućivanju korisnika
- osiguravanje informacija za građane, osiguravanje **pristupa službenim informacijama** lokalnih i državnih tijela
- osiguravanje i organiziranje znanja kao potpore **znanstveno-istraživačkom radu**
- **potpora poduzetništvu** i poslovnim tvrtkama – osiguravanje poslovnih informacija, burzovnih izvješća, osiguravanje veze s trgovačkim organizacijama, novosti za potrošače i sl.
- **izgradnja nacionalne digitalne knjižnice** koja se sastoji od brojnih digitalnih zbirki građe knjižnica, muzeja i arhiva
- knjižnica mora biti uključena u proces **elektroničkog nakladništva**, kao i nakladništva na zahtjev (korisnika)
- knjižnica mora osigurati nove i poboljšati postojeće **posebne usluge** potpomognute računalima za određene kategorije svojih korisnika: djecu, učenike, osobe s raznim vrstama hendikepa, umirovljenike, poduzetnike, najširi krug građana i dr.

**Druga faza projekta koja sada predstoji je izrada Izvedbenih projekata** na osnovi kojih će se graditi knjižnični sustav. Program je podijeljen u niz projekata koji pokrivaju po jedan segment sustava.

Nakon završene ove faze slijede III. i IV. faza projekta:

- **Faza III. - izvođenje radova i uspostava**
- **Faza IV. - održavanje i nadogradnja sustava.**

**Nositelj projekta NISKA u II. fazi**, u kojoj se izrađuju izvedbeni planovi projekata baziranih na Idejnom projektu prema kojima će se graditi sustav, **novimeno** je **Vijeće**. Zadaci Vijeća su:

- koordinacija i nadzor izrade pojedinih izvedbenih rješenja
- odabir projektnih skupina koje će izraditi izvedbena rješenja
- izrada marketinškog plana za fazu II.
- predlaganje i izvođenje drugih aktivnosti koje doprinose ostvarivanju projekta.

Po završetku izrade pojedinih izvedbenih rješenja zadatak Vijeća je:

- predlaganje prelaska pojedinih potprojekata u fazu III (faza izvođenja)
- izrada terminskog plana za III. fazu
- izrada financijskog plana za III. fazu.

Projektom upravlja i njegovo ostvarenje nadzire Vijeće projekta. Čine ga voditelji projektnih skupina te po jedan predstavnik nadležnih ministarstava, na razini savjetnika ministarstva. Zadatak mu je detaljno razraditi strateške ciljeve ukupnog programa i brinuti o njihovom ostvarenju koordinirajući rad projektnih skupina. Predsjednik ovog Vijeća je ujedno i voditelj projekta NISKA, a imenuje ga koordinacija na prijedlog Vijeća.

Projekt se koordinira na najvišoj razini kroz koordinaciju projekta koju čine po jedan predstavnik nadležnih ministarstava na razini Pomoćnika. Koordinacija rješava međuresorska pitanja i služi kao sučelje prema drugim resorima Vlade.

**Financiranje projekta** i svih zajedničkih aktivnosti sve do primjene rješenja u pojedinim knjižnicama preuzet će sva nadležna ministarstva zajednički i u jednakim dijelovima. Primjenu rješenja u pojedinačnim knjižnicama financirat će ministarstva samostalno u onim knjižnicama kojima su nadležna.

Za svaki projekt, Vijeće predlaže način financiranja. U načelu, sve zajedničke aktivnosti plaćaju ministarstva u jednakim dijelovima, a primjenu projekta financira svako ministarstvo u svom resoru.

SBK

## GODIŠNJI PROVEDBENI PLAN STATISTIČKIH ISTRAŽIVANJA ZA 2005.

U godini 2003. pripremljeni su u skladu sa Zakonom o službenoj statistici sljedeći programski dokumenti:

- Strategija razvitka službene statistike Republike Hrvatske 2004. – 2012.
- Program statističkih aktivnosti 2004. – 2007.
- Godišnji provedbeni plan 2004.

**Strategija razvitka službene statistike Republike Hrvatske 2004. – 2012.** godine je dokument, čija je svrha definirati dugoročne ciljeve, ali i opća načela, odrednice i kriterije za djelovanje i razvoj službene statistike Republike Hrvatske. Strategija ujedno predstavlja osnovu za određivanje temeljnog popisa statističkih aktivnosti i skupa statističkih pokazatelja usklađenih sa zahtjevima i potrebama krajnjih korisnika i ishodište je za sljedeći ciklus strategijskog upravljanja službenom statistikom Republike Hrvatske.

Strategija razvitka službene statistike Republike Hrvatske u znatnom je dijelu određena i strateškim ciljem Republike Hrvatske, ulaskom u Europsku uniju, što pretpostavlja ubrzanje procesa harmonizacije sustava službene statistike Republike Hrvatske i statistike Europske unije. Tek uz punu harmonizaciju dvaju sustava bit će moguće uspoređivati, vrednovati i donositi valjane odluke o mjerama potrebnima za unaprjeđivanje pojedinih segmenata društvenog života.

Kao polazna osnova za izradu **Programa statističkih aktivnosti 2004. – 2007.** korištena je Strategija razvitka službene statistike Republike Hrvatske. Pri sastavljanju Pro-

grama statističkih aktivnosti vodilo se računa o potrebama korisnika te o zahtjevima Europske unije koji su navedeni u dokumentu *Statistical Requirements Compendium 2002.*

Program sadrži sljedeće:

- pregled razvojnih ciljeva službene statistike prema Strategiji razvitka službene statistike Republike Hrvatske
- pregled glavnih rezultata službene statistike koje treba proizvesti i diseminirati u svakom području, usklađenih s međunarodnim obvezama i standardima
- naziv odgovornih nositelja službene statistike
- razinu diseminacije rezultata,
- pregled najvažnijih infrastrukturnih i razvojnih aktivnosti, kao što su popisi i istraživanja s velikim opsegom, koje će se provesti ili će biti započete u razdoblju na koje se odnosi
- programom je određen pregled ukupno potrebnih resursa iz državnog proračuna Republike Hrvatske.

**Godišnji provedbeni plan 2004.** - U 2003. godini Godišnji provedbeni plan 2004., koji se prijašnjih godina zvao Program statističkih istraživanja, izrađen je u skladu s člankom 32. Zakona o službenoj statistici (NN, br. 103/03.). Ovo je prvi godišnji provedbeni plan koji je donesen za prvu godinu srednjoročnog razdoblja od 2004. do 2007.

Prema Sporazumu o stabilizaciji i pridruživanju, potpisanom između Republike Hrvatske i zemalja članica Europske unije te Plana provedbe istog sporazuma Državni zavod za statistiku obavezan je pripremiti i definirati nazivlja prostornih jedinica za statistiku (statističkih regija) u skladu s ovim europskim statističkim standardom.

Nomenklaturu prostornih jedinica za statistiku (*The Nomenclature of Territorial Units for Statistics – NUTS*) utemeljio je 1988. Statistički ured Europske zajednice (Eurostat) u suradnji s drugim odjelima Europske komisije. Svrha toga bila je osigurati standarde za jedinstvenu teritorijalnu podjelu s ciljem proizvodnje regionalnih statističkih pokazatelja za Europsku uniju.

U skladu s kriterijima Europske unije za formiranje prostornih jedinica za statistiku, radna skupina, koju je ustanovio Državni zavod za statistiku RH, predložila je sljedeće:

**Cijeli teritorij Republike Hrvatske je prostorna jedinica za statistiku** (statistička regija) **prve razine** koja odgovara 1. razini NUTS-a.

Na 2. razini Hrvatska sadrži 5 prostornih jedinica za statistiku (statističkih regija) koje odgovaraju 2. razini NUTS-a (prostorne jedinice za statistiku – statističke regije na 2. razini stvorene su agregiranjem administrativnih jedinica 3. razine – županijske razine).

Na 3. razini Hrvatska sadrži 21 prostornu jedinicu za statistiku (statističku regiju) koje odgovaraju 3. razini NUTS-a (županijska razina).

Na 4. razini ne uvodi se Nomenklatura prostornih jedinica za statistiku jer na toj razini nema administrativnih jedinica, a nema ni obveze uvođenja (na ovoj razini prostorne jedinice za statistiku odredilo se samo šest zemalja EU-a).

Na 5. razini Hrvatska sadrži 123 grada i 425 općina, što predstavlja ukupno 548 administrativnih jedinica. Zadani kriterij EU pri formiranju prostornih jedinica za statistiku na ovoj razini jest najmanja jedinica u postojećem administrativnom ustroju.



U srpnju 2003. Hrvatski sabor je prijedlog Državnog zavoda za statistiku prosljedio na mišljenje Statističkom uredu Europske unije – Eurostatu.

U studenome 2003. Eurostat je **prihvatio** prijedlog prostornih jedinica za statistiku **prve** razine koja odgovara 1. razini NUTS-a, i prijedlog prostornih jedinica za statistiku **treće** razine koja odgovara 3. razini NUTS-a. Međutim, nije se složilo s prijedlogom na 2. razini, prema kojem Hrvatska ima 5 prostornih jedinica. Primarni kriterij prema kojem se rukovodio Eurostat jest broj stanovnika, i to u apsolutnim brojevima od 800.000 do 3.000.000, a ne prosječno (887.492).

Kako bi se još jednom razmotrio prijedlog dostavljen Eurostatu, dogovoreno je da će se ponovno formirati radna skupina za NUTS u 2004. te još jednom napraviti analiza dostavljenog prijedloga i vidjeti mogućnost definiranja novog prijedloga prostorne jedinice za statistiku na 2. razini koje odgovaraju 2. razini NUTS-a.

**Godišnji provedbeni plan 2005.** – Državni zavod za statistiku pripremio je novi dokument koji je Hrvatski sabor usvojio polovicom 2004. godine.

Nastavno je prikazan izvod iz tog plana u kojem su prikazana istraživanja koja se provode u HEP grupi. Istraživanja se provode po statističkim, odnosno izvještajnim jedinicama i njihovim lokalnim jedinicama.

Radi lakšeg razumijevanja provedbenog plana daju se pojašnjenja korištene terminologije.

**Poduzeće** je najmanja kombinacija pravnih jedinica koja čini organizacijsku jedinicu za proizvodnju dobara i usluga, ima određeni stupanj autonomije pri odlučivanju, posebno pri raspoređivanju vlastitih resursa. Poduzeće obavlja jednu ili više djelatnosti na jednoj ili više lokacija. Poduzeće može biti samo jedna pravna jedinica.

**Lokalna jedinica** je poduzeće ili dio poduzeća (npr. radionica, tvornica, pogon, uređ, rudnik) smješten na zemljopisno određenom mjestu. Na svakom od tih mjesta obavlja se neka ekonomska djelatnost u kojoj je zaposlena jedna ili više osoba (nekad samo dio radnoga vremena) za jedno te isto poduzeće.

Zemljopisno identificirano mjesto mora biti striktno opisano: dvije jedinice koje pripadaju istom poduzeću na različitim lokacijama (čak i unutar najmanje administrativne jedinice), smatraju se dvjema lokalnim jedinicama. Jedna lokalna jedinica može se protezati kroz nekoliko susjednih administrativnih područja, a u tom je slučaju, prema konvenciji, poštanska adresa odlučujuća.

**Jedinicu prema vrsti djelatnosti – JVD** čine dijelovi poduzeća koji pridonose izvodenju djelatnosti na razini razreda djelatnosti NACE-a, odnosno NKD-a, u skladu s EU kriterijem djelatnosti. Većina entiteta obavlja više od jedne vrste djelatnosti u svojoj ulozi “proizvođača”, a zbog naglašavanja njihovog tehničko-ekonomskog odnosa dijele se na temelju vrsta djelatnosti. JVD odgovara jednoj operacijskoj potpodjeli poduzeća. Razvrstava se na temelju svoje vlastite glavne

djelatnosti i trebalo bi ga uvijek podijeliti kada obavlja još neku od sekundarnih djelatnosti poduzeća, ukoliko su podaci poduzeća za te djelatnosti raspoloživi. Jedinice koje obavljaju samo pomoćne djelatnosti za svoje poduzeće (npr. funkcija nabave i prodaje) ne mogu se smatrati samostalnim JVD-om.

**Lokalni JVD** čini dio JVD-a koji odgovara lokalnoj jedinici. Svaki JVD mora imati najmanje jedan lokalni JVD. Međutim, JVD se može formirati od dijelova jedne ili više lokalnih jedinica, koje mogu u određenim okolnostima obavljati samo određeni broj pomoćnih djelatnosti, te u tom slučaju treba dodatno razvrstati lokalne jedinice. Svako poduzeće mora imati najmanje jedan lokalni JVD, jer skup svih lokalnih JVD-a uključenih u istu ili sličnu vrstu djelatnosti po NACE (odnosno NKD-u) predstavlja tu djelatnost po načelu “čistih djelatnosti”.

Između poduzeća i lokalnog JVD-a postoji hijerarhijski odnos. Poduzeće sadrži jedan ili više lokalnih JVD-a, ali lokalni JVD uvijek pripada samo jednom poduzeću. Pojam lokalnog JVD-a također je sukladan operativnoj definiciji pojma “pogon” prema svjetskom statističkom standardu UN-a navedenom u uvodnom dijelu ISIC-a Rev. 3.

U tablici 1. koja predstavlja **izvod iz Provedbenog plana za 2005.** godinu prikazan je u koloni 1. broj istraživanja iz Provedbenog plana i naziv obrasca na kojem se dostavljaju izvješća. Naime, istraživanje se provodi izvještajnom metodom, tj. putem izvješća na obrascima pripremljenim u Državnom zavodu za statistiku. U prikupljanju podataka sudjeluju Državni zavod za statistiku, Financijska agencija (FINA) i druge državne institucije kao i uredi državne uprave u županijama i upravno tijelo grada Zagreba, nadležni za poslove statistike.

U koloni 2. prikazan je naziv statističkog istraživanja, odnosno administrativnog izvora podataka.

U koloni 3. navedena je periodičnost dostavljanja izvješća (mjesečno, godišnje, višegodišnje, itd.).

U koloni 4. prikazana su teritorijalna obilježja podataka (na razini izvještajne jedinice – trgovačkog društva ili lokalne jedinice – na razini županije).

U koloni 5. utvrđeni su rokovi za dostavu podataka.

U koloni 6. navedeni su domaći i inozemni standardi koji su primijenjeni u istraživanju.

Prema Zakonu o državnoj statistici (NN, br. 103/03.) odabrani poslovni subjekti (prema NKD 2002) dužni su sudjelovati u provedbi predmetnog plana te dostavljati podatke imenovanim institucijama. Odbijanje davanja podataka, davanje nepotpunih i netočnih podataka ili nedavanje podataka u propisanom roku povlači kaznene odredbe iz člana 42. i člana 43. navedenog zakona.

Sva statistička izvješća koja dostavljaju trgovačka društva HEP grupe imenovanim državnim institucijama, kao i lokalne jedinice županijama, dostavljaju se i objedinjuju na razini HEP grupe u trgovačkom društvu HEP d.d. – Sektor za poslovnu informatiku – Odjel za statistiku i dokumentaciju. Kao službena statistika također se pohranjuju i na elektroničkom mediju.

Tablica 1. Izvod iz Provedbenog plana Državnog zavoda za statistiku

Broj / Oznaka	Naziv	Periodičnost	Teritorijalna obilježja prikupljenih podataka	Rokovi	Relevantni standardi
<b>II. DEMOGRAFIJA I SOCIJALNE STATISTIKE</b>					
<b>32.</b>	Tržište rada				
<b>RAD-1</b>	Mjesečno istraživanje o zaposlenima i plaći	Mjesečno	Županije	5. u mjesecu za prethodni mjesec	- NKD 2002 (NN, br. 13/03.) - NACE Rev.1.1.
<b>RAD-1G</b>	Godišnje istraživanje o zaposlenima i plaći	Godišnje sa stanjem 31. ožujka	Županije	30. lipnja u tekućoj godini	- NKD 2002 (NN, br. 13/03.) - NACE Rev.1.1.
<b>ATR</b>	Anketa o trošku rada	Četverogodišnja	Županije	30. lipnja za prethodnu godinu	- NKD 2002 (NN, br. 13/03.) - Pravilnik o razvrstavanju poslovnih subjekata prema NKD (NN, br. 52/03.) - Zakon o radu i kolektivni ugovori između zaposlenika i poslodavca - Zakon o doprinosima za obvezna osiguranja (NN, br. 147/02.) - Zakon o porezu na dohodak (NN, br. 127/00. i 150/02.) - Pravilnik o porezu na dohodak (NN, br. 140/03.) - NACE Rev. 1.1 Europski sustav nacionalnih računa 1995. - Regulative Europske komisije 530/99 i 452/00, 1726/99
<b>III. EKONOMSKE STATISTIKE (MAKROEKONOMSKE, POSLOVNE I FINANCIJSKE)</b>					
<b>55.</b>	<b>Cijene</b>				
<b>C-41</b>	Cijene proizvođača industrijskih proizvoda	Mjesečno	Trgovačka društva	22. u mjesecu za tekući mjesec	- NKD 2002 (NN, br. 13/03) - NIP (NN, br. 8/03.) - CPA 2002 - PRODCOM Survey/list - NACE Rev. 1.1 - Propisi EU o kratkoročnim pokazateljima
<b>44.</b>	<b>Statistika o ekonomskim aktivnostima poduzeća</b>				
<b>44.1.</b>	<b>Industrija</b>				

Broj / Oznaka	Naziv	Periodičnost	Teritorijalna obilježja prikupljenih podataka	Rokovi	Relevantni standardi
<b>IND-1/MPS</b>	Mjesečno istraživanje o industrijskoj proizvodnji u 2005.	Mjesečno	Trgovačka društva i po županijama	8. u mjesecu za protekli mjesec	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Statistički standardi za mjesečno istraživanje o industrijskoj proizvodnji i zaposlenima (IND-1/MPS9</li> <li>- NIP UM 2004 (NN, br. 19/04)</li> <li>- NKD 2002 (NN, br. 13/03)</li> <li>- KPD 2002 (NN, br. 128/03)</li> <li>- Carinska tarifa RH-CT 2005 (Uredba o carinskoj tarifi za 2005., NN, br. -/04)</li> <li>- NACE Rev. 1.1 i druga regulativa EU</li> </ul>
<b>IND-1/MPS</b>	Mjesečno istraživanje o prometu i zaposlenima u industriji u 2005.	Mjesečno	Trgovačka društva i po županijama	20. u mjesecu za protekli mjesec	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Statistički standardi za mjesečno istraživanje o industrijskoj proizvodnji i zaposlenima (IND-1/MPS9</li> <li>- NIP UM 2004 (NN, br. 19/04)</li> <li>- NKD 2002 (NN, br. 13/03)</li> <li>- KPD 2002 (NN, br. 128/03)</li> <li>- Carinska tarifa RH-CT 2005 (Uredba o carinskoj tarifi za 2005., NN, br. -/04)</li> <li>- NACE Rev. 1.1 i druga regulativa EU</li> </ul>
<b>IND-21/REPRO</b>	Godišnje istraživanje o utrošku sirovina i materijala u industriji	Godišnje	Trgovačka društva i po županijama	15. rujna 2005.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Statistički standardi za Godišnje istraživanje o utrošku sirovina i materijala u industriji</li> <li>- Normenklatura sirovina i materijala industrije – NRM 2004 (NN, br. _/05.)</li> <li>- NKD 2002 (NN, br. 13/03)</li> <li>- KPD 2002 (NN, br. 128/03)</li> <li>- NIP UM 2004 (NN, br. 19/04)</li> <li>- NIP 2004 (NN, br. /04)</li> <li>- Carinska tarifa RH-CT 2005 (Uredba o carinskoj tarifi za 2004., NN, br. 184/03)</li> <li>- NACE Rev. 1.1 i relevantna regulativa EU</li> </ul>
<b>IND-21 / PRODCOM</b>	Godišnje istraživanje o industrijskoj proizvodnji za 2004.	Godišnje	Trgovačka društva i po županijama	15. ožujka 2005.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Statistički standardi za PRODCOM istraživanje o industrijskoj proizvodnji (IND-21/PRODCOM)</li> <li>- NIP 2004 (NN, _/04)</li> <li>- NKD 2002 (NN, br. 13/03)</li> <li>- KPD 2002 (NN, br. 128/03)</li> <li>- Carinska tarifa RH-CT 2004 (Uredba o Carinskoj tarifi za 2004., NN, br. 184/03)</li> <li>- PRODCOM Survey: Council Regulation (EEC) No. 3924/91 of 19/12/1991 on the establishment of a Community survey of industrial production; O.J. L 374 of 31/12</li> <li>- PRODCOM List 2004</li> <li>- NACE Rev.1.1</li> <li>- CPA 2002</li> <li>- CN 2004</li> </ul>

Broj / Oznaka	Naziv	Periodičnost	Teritorijalna obilježja prikupljenih podataka	Rokovi	Relevantni standardi
<b>IND-21/SPS</b>	Strukturno-poslovno istraživanje industrije za 2004.	Godišnje	Trgovačka društva i po županijama	20. svibnja 2005.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Statistički standardi za Strukturno-poslovno istraživanje industrije (NN, br. 78/03)</li> <li>- NKD 2002 (NN, br. 13/03)</li> <li>- SBS-R: Council regulation (EC, EUROATOM) No. 58/97</li> <li>- Commission Regulation No. 2700/98</li> <li>- Commission Regulation No. 2701/98</li> <li>- Commission Regulation No. 2702/98</li> <li>- Commission Regulation No. 1618/99</li> <li>- ESA 95-R Council regulation No. 2223/96</li> <li>- NACE Rev. 1.1 i drugi relevantni dokumenti EU</li> </ul>
<b>44.2.</b>	<b>Građevinarstvo</b>				
<b>GRAD-21/M</b>	Mjesečno izvješće građevinarstva	Mjesečno	Trgovačka društva i po županijama	20 dana nakon isteka mjeseca	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Nacionalna klasifikacija djelatnosti – NKD 2002. (NN 13/03)</li> <li>- Klasifikacija vrsta građevina (KVG) i metodološke upute za mjesečno i tromjesečno izvješće građevinarstva (NN 11/98)</li> <li>- Zakon o građenju (NN 175/03)</li> <li>- NACE Rev. 1 i drugi relevantni dokumenti EU</li> </ul>
<b>GRAD-21/3M</b>	Tromjesečno izvješće građevinarstva	Tromjesečno	Trgovačka društva i po županijama	20 dana nakon isteka tromjesečja	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Nacionalna klasifikacija djelatnosti – NKD 2002. (NN 13/03)</li> <li>- Klasifikacija vrsta građevina (KVG) i metodološke upute za mjesečno i tromjesečno izvješće građevinarstva (NN 11/98)</li> <li>- Zakon o građenju (NN 175/03)</li> <li>- NACE Rev. 1 i drugi relevantni dokumenti EU</li> </ul>
<b>GRAD-11</b>	Godišnje izvješće o građevinskim radovima	Godišnje	Trgovačka društva i po županijama	20. veljače za proteklu godinu	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Nacionalna klasifikacija djelatnosti – NKD 2002. (NN 13/03)</li> <li>- Klasifikacija vrsta građevina (KVG) i metodološke upute za mjesečno i tromjesečno izvješće građevinarstva (NN 11/98)</li> <li>- Zakon o građenju (NN 175/03)</li> <li>- Registar prostornih jedinica RPJ</li> <li>- Pravilnik o registru prostornih jedinica (NN, br. 75/00)</li> <li>- Nace Rev. 1 i drugi relevantni dokumenti EU</li> </ul>
<b>GRAD-12</b>	Godišnje izvješće o građevinskim radovima - kontrolnik	Godišnje	Trgovačka društva i po županijama	20. veljače za proteklu godinu	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Nacionalna klasifikacija djelatnosti – NKD 2002. (NN 13/03)</li> <li>- Nace Rev. 1 i drugi relevantni dokumenti EU</li> </ul>

Broj / Oznaka	Naziv	Periodičnost	Teritorijalna obilježja prikupljenih podataka	Rokovi	Relevantni standardi
<b>45.</b>	<b>Energija i sirovine</b>				
<b>ERG-2/N</b>	Mjesečno istraživanje o uvozu, izvozu i zalihama nafte i naftnih derivata	Mjesečno	Trgovačka društva	25. u mjesecu za protekli mjesec	- Statistički standardi za Mjesečno istraživanje o uvozu, izvozu i zalihama nafte i naftnih derivata (NN, br. /04) - NIPUM 2004 (nn, BR. 19/04) - Carinska tarifa RH-CT 2005 (Uredba o carinskoj tarifi za 2005., NN, br. -/04)
<b>ERG-1/P</b>	Mjesečno istraživanje o uvozu, izvozu, zalihama i isporukama prirodnog plina	Mjesečno	Trgovačka društva	25. u mjesecu za protekli mjesec	- Statistički standardi za Mjesečno istraživanje o uvozu, izvozu, zalihama i isporukama prirodnog plina (NN, br. /04) - NIPUM 2004 (nn, BR. 19/04) - Carinska tarifa RH-CT 2005 (Uredba o carinskoj tarifi za 2005., NN, br. -/04)
<b>48.</b>	<b>Transport</b>				
<b>PAM-11</b>	Tromjesečno izvješće o cestovnom prijevozu	Tromjesečno	Trgovačka društva i po županijama	45 dana po isteku tromjesečja	- NKD 2002 (NN, br. 13/03) - Metodološke osnove hrvatske statistike 3 - Zakon o sigurnosti prometa na cestama (NN, br.59/96) - Glossary for Transport Statistics, Eurostat
<b>PAT-11</b>	Statističko istraživanje o cestovnom prijevozu robe	Tjedno	Trgovačka društva i po županijama	Tjedan po završetku tjedna promatranja	- NKD 2002 (NN, br. 13/03) - Zakon o prijevozu u cestovnom prometu (NN, br.36/8) - Zakon o prijevozu opasnih tvari (NN, br.97/93) - Zakon o izmjenama i dopunama Zakona o prijevozu opasnih tvari (NN, br. 151/03) - Registar prostornih jedinica – RPJ (šifre gradova, općina i naselja) - Pravilnik o registru prostornih jedinica (NN, br. 75/00)
<b>PAG-11</b>	Godišnje izvješće o cestovnom prijevozu putnika	Godišnje	Trgovačka društva i po županijama	4 mjeseca nakon završetka izvještajne godine	- NKD 2002 (NN, br. 13/03) - Metodološke osnove hrvatske statistike 3 - Zakon o sigurnosti prometa na cestama (NN, br.59/96) - Zakon o prijevozu u cestovnom prometu (NN, br.36/8) - Registar prostornih jedinica – RPJ (šifre gradova, općina i naselja) - Pravilnik o registru prostornih jedinica (NN, br. 75/00)

Broj / Oznaka	Naziv	Periodičnost	Teritorijalna obilježja prikupljenih podataka	Rokovi	Relevantni standardi
<b>49.</b>	<b>Telekomunikacije</b>				
<b>P-TKT-11</b>	Tromjesečno izvješće o telekomunikacijskim uslugama	Tromjesečno	Trgovačka društva	Dva tjedna po završetku izvještajnog tromjesečja	- NKD 2002 (NN, br. 13/03) - Zakon o telekomunikacijama (NN, br. 122/03) - Methodological manual for telecommunications statistics, Version 1.0, 2001. (EC)
<b>TKG-11</b>	Godišnje izvješće o telekomunikacijskim sredstvima, mreži i prihodima	Godišnje	Trgovačka društva	Četiri mjeseca nakon završetka izvještajne godine	- NKD 2002 (NN, br. 13/03) - Zakon o telekomunikacijama (NN, br. 122/03) - Methodological manual for telecommunications statistics, Version 1.0, 2001. (EC)
<b>P-TKG-18</b>	Godišnje izvješće o telekomunikacijskoj opremi i uslugama	Godišnje	Trgovačka društva i po županijama	Četiri mjeseca nakon završetka izvještajne godine	- NKD 2002 (NN, br. 13/03) - Zakon o telekomunikacijama (NN, br. 122/03) - Methodological manual for telecommunications statistics, Version 1.0, 2001. (EC)
<b>52.</b>	<b>Novac i financije</b>				
<b>SPL</b>	Mjesečni podaci o isplaćenim plaćama	Mjesečno	Trgovačka društva	8. u mjesecu za protekli mjesec	- Zakon o financijskoj agenciji (NN, br. 117/01) - NKD 2002 (NN, br. 13/03)
<b>TMP</b>	Mjesečni podaci o isplaćenim naknadama materijalnih prava zaposlenika	Mjesečno	Trgovačka društva	8. u mjesecu za protekli mjesec	- Zakon o službenoj statistici (NN, br. 103/03) - Uputa za provođenje dijela godišnjeg provedbenog plana koji se odnosi na plaće i materijalna prava zaposlenika (NN, br. __/05) koju donosi ministar financija u skladu sa Zakonom o - Financijskoj agenciji - NACE Rev. 1.1 - Pregled strukture zarada, regulativa Vijeća EU-a 2774/95 - Statistika o razini i strukturi cijene radne snage, Regulativa EU-a 2397
<b>GFI-POD</b>	Godišnje financijsko izvješće o poslovanju poduzetnika – trgovačkih društava	Godišnje	Trgovačka društva	31. ožujka tekuće godine za proteklu godinu	- Zakon o Financijskoj agenciji (NN, br. 117/01.) - Zakon o računovodstvu (NN, br. 90/92.) - Zakon o službenoj statistici (NN, br. 103/03.) - Zakon o registru godišnjih financijskih izvješća (NN, br. 47/03.) - Odluka o nacionalnoj klasifikaciji djelatnosti – NKD 2002 (NN, br. 13/03.) - Europski sustav nacionalnih računa ESA 95

Broj / Oznaka	Naziv	Periodičnost	Teritorijalna obilježja prikupljenih podataka	Rokovi	Relevantni standardi
53. VT	Trgovina robama Istraživanje robne razmjene s inozemstvom	Mjesečno	Trgovačka društva koja podnose Jedinствену carinsku deklaraciju za redoviti izvoz i uvoz robe te za izvoz i uvoz na unutarnju i vanjsku proizvodnju	5. u mjesecu za prethodni	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Carinski zakon (NN, br. 78/99, 94/99, 117/99, 73/00, 92/01, 47/03)</li> <li>- Uredba za provedbu carinskog zakona (NN, br. 161/03)</li> <li>- Pravilnik o obrascima za provedbu carinskog zakona (NN, br. 176/03)</li> <li>- Nacionalna klasifikacija djelatnosti NKD 2002 (NN, br. 13/03)</li> <li>- Zakon o carinskoj tarifi (NN, br. 61/00, 117/00)</li> <li>- Uredba o carinskoj tarifi za 2005.</li> <li>- Uputa o provedbi slovnih kratica i brojčanih oznaka za države i zemlje i novačane jedinice u platnom prometu s inozemstvom (NN, br. 93/03)</li> <li>- Ispravak Upute o provedbi slovnih kratica i brojčanih oznaka za države i zemlje i novačane jedinice u platnom prometu s inozemstvom (NN, br. 104/03)</li> <li>- Pravilnik o Registru prostornih jedinica RPJ (NN, br. 104/97)</li> <li>- Registar prostornih jedinica RPJ</li> <li>- Harmonizirani sustav nazivlja i šifarskih oznaka robe (HS)</li> <li>- Nace Rev. 1</li> <li>- SITC, Rev. 3</li> <li>- International Merchandise Trade Statistics, concepts and definition M 52, Rev. 2, UN, 1998</li> <li>- Statistics on the Trading of Goods, User Guide, Second Version, Eurostat 2001</li> <li>- BEC - Classification by Broad Economic Categories (Međunarodna klasifikacija ekonomske namjene proizvoda), M 53, Rev. 2, UN, 1986</li> <li>- ISO 3166</li> <li>- ISO 4217</li> <li>- PHARE No. 9, Rev. 3</li> </ul>

Broj / Oznaka	Naziv	Periodičnost	Teritorijalna obilježja prikupljenih podataka	Rokovi	Relevantni standardi
<b>V.</b>	<b>MULTIDISCIPLINARNE STATISTIKE</b>				
<b>71.</b>	<b>Statistika zaštite okoliša</b>				
<b>VOD-1</b>	Godišnje izvješće o korištenju i zaštiti voda od zagađivanja u opskrbi električnom energijom, plinom i vodom	Godišnje	Trgovačka društva i po županijama	2. svibnja za prethodnu godinu	<ul style="list-style-type: none"> <li>- NKD 2002 (NN, br. 13/03)</li> <li>- Pravilnik o razvrstavanju poslovnih subjekata prema NKD 2002 (NN, br. 52/03)</li> <li>- Registra prostornih jedinica – RPJ (šifre gradova, općina, naselja)</li> <li>- Pravilnik o registru prostornih jedinica (NN, br. 75/00)</li> <li>- Zakon o vodama (NN, 107/95)</li> <li>- NACE Rev. 1.1</li> <li>- ECE Standard Classification of Water Statistics in the ECE Region (ECE/Water/43)</li> </ul>
<b>73.</b>	<b>Znanost i tehnologija</b>				
<b>IR</b>	Godišnje izvješće o istraživanju i razvoju	Godišnje	Trgovačka društva i po županijama	16. svibnja za prošlu kalendarsku godinu	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Zakon o znanstvenoj djelatnosti i visokom obrazovanju (NN, br. 123/03.)</li> <li>- Odluka o Nacionalnoj klasifikaciji djelatnosti – NKD 2002 (NN, br. 13/03.)</li> <li>- Pravilnik o razvrstavanju poslovnih subjekata prema NKD 2002 (NN, br. 52/03.)</li> <li>- Registar prostornih jedinica RPJ</li> <li>- Pravilnik o registru prostornih jedinica (NN, br. 75/00.)</li> <li>- Nacionalna standardna klasifikacija obrazovanja – NSKO (NN, br.105/01.)</li> <li>- Proposed Standard Practice on Surveys of research and Experimental Development – Frascati Manual 2002 (prijedlog standardne prakse za prikupljanje statističkih podataka o istraživanju i razvoju) – OECD 2002</li> <li>- ISCED 97 – International Standard Classification of Education (Međunarodna standardna klasifikacija obrazovanja) – UNESCO Dokument BPE '98/WS/1</li> </ul>



## SUDJELOVANJE HRVATSKE U ZNANSTVENO-ISTRAŽIVAČKOM PROGRAMU IEA BIOENERGY

Hrvatska je jedina tranzicijska zemlja koja je uključena u znanstveno-istraživački program Međunarodne energetske agencije (IEA).

Sudjelovanje Hrvatske u znanstveno-istraživačkom programu Međunarodne energetske agencije (International Energy Agency - IEA) pod nazivom IEA Bioenergy, značajan je korak u približavanju Hrvatske Organizaciji za gospodarsku suradnju i razvoj (OECD) te jedan od preduvjeta za punopravno članstvo u toj organizaciji.

Svrha projekta "IEA Bioenergy" je poticanje korištenja biomase za proizvodnju energije umjesto fosilnih goriva.

S jedne strane, sudjelovanje hrvatskih institucija u projektu IEA Bioenergy omogućuje hrvatskim stručnjacima sudjelovanje na zajedničkim projektima sa znanstvenicima i institucijama Europske unije, SAD-a, Kanade, Australije i Japana i time razmjenu znanja i iskustava u području iskorištavanja energije.

S druge, pak, strane, to je i potpora hrvatskom znanstveno istraživačkom programu, jer je izbor projekata IEA u kojima Hrvatska sudjeluje u skladu s tekućim znanstvenim i tehnološkim projektima Ministarstva znanosti, Nacionalnim energetskim programima te Nacionalnim programom o promjeni klime.

Dosadašnja provedena istraživanja u Hrvatskoj upućuju na to da Hrvatska ima velike potencijale za iskorištavanje biomase. Korištenje biomase i od nje dobivenih različitih biogoriva utjecat će na razvoj izoliranih i ruralnih područja. Svakako jedna od značajnih dodatnih koristi je mogućnost i potreba otvaranja novih radnih mjesta u lokalnim zajednicama.

SBK

## UREDBA O NAKNADAMA NA OPTEREĆIVANJE OKOLIŠA OTPADOM

Nova Uredba o jediničnim naknadama, korektivnim koeficijentima i pobližim kriterijima i mjerilima za utvrđivanje naknada na opterećivanje okoliša otpadom primjenjuje se od 1. lipnja 2004. godine.

Uredba je objavljena u Narodnim novinama broj 71. u svibnju 2004. godine.

Ovom se Uredbom propisuju iznosi jedinične naknade, korektivni koeficijenti i pobliži kriteriji i mjerila za utvrđivanje naknada na opterećivanje okoliša otpadom za neopasni industrijski otpad te opasni otpad.

Pojedini pojmovi u smislu ove Uredbe imaju sljedeća značenja:

- **obveznici plaćanja naknade na opterećivanje okoliša otpadom** su pravne i fizičke osobe koje odlažu neopasni industrijski otpad na odlagališta i pravne i fizičke osobe koje svojom djelatnošću proizvode opasni otpad
- **industrijski neopasni otpad** propisan Zakonom o otpadu (NN, br. 151/03) je pojam za neopasni tehnološki otpad propisan Zakonom o Fondu za zaštitu okoliša i energetske učinkovitost (NN, br. 107/03)
- **opasni otpad** je otpad razvrstan sukladno propisima o otpadu

- **skupine otrova** sadržane u otpadu su opasne tvari razvrstane u skupine otrova (I. II. i III. skupina) sukladno odredbama Zakona o otrovima (NN, br. 27/99 i 55/99), Pravilnika o potanjim kriterijima za razvrstavanja otrova u skupine te o metodama za određivanje stupnja otrovanosti pojedinih otrova (NN, br. 27/99) i Pravilnika o mjerilima za razvrstavanje otrova u skupine (NN, br. 47/99).

Nadalje, Uredbom su utvrđene kategorije I-IV otpadnog ulja (članak 2.).

Prema članku 3. **naknada na neopasni industrijski otpad** izračunava se prema izrazu

$$N = N_1 \times O$$

propisanom člankom 15. stavkom 4. Zakona o Fondu za zaštitu okoliša i energetske učinkovitost, u kojem je:

- N** – iznos naknade na neopasni industrijski otpad u kunama
- N<sub>1</sub>** – naknada za jednu tonu odloženoga neopasnog industrijskog otpada (u daljnjem tekstu: jedinična naknada)
- O** – količina odloženog neopasnog industrijskog otpada u kalendarskoj godini.

Naknada na odlaganje neopasnog industrijskog otpada utvrđuje se i izračunava množenjem jedinične naknade količinom odloženog otpada na odlagališta u kalendarskoj godini.

Članak 4. utvrđuje da **jedinična naknada za jednu tonu odloženog neopasnog industrijskog otpada iznosi 12 kuna.**

U članku 5. utvrđeno je da se **naknada na opasni otpad** izračunava prema izrazu

$$N = N_1 \times P \times K_k$$

propisanom člankom 15. stavkom 7. Zakona o Fondu za zaštitu okoliša i energetske učinkovitost, u kojem je:

- N** – iznos naknade na opasni otpad u kunama
- N<sub>1</sub>** – naknada za jednu tonu proizvedenog a neobrađenog ili neizvezenog opasnog otpada (u daljnjem tekstu: jedinična naknada)
- P** – količina proizvedenog, a neobrađenog ili neizvezenog opasnog otpada u kalendarskoj godini
- K<sub>k</sub>** – korektivni koeficijent ovisan o karakteristikama opasnog otpada.

Obveznicima plaćanja naknade na opasni otpad utvrđuje se i izračunava visina naknade množenjem jedinične naknade količinom proizvedenog, a neobrađenog ili neizvezenog opasnog otpada u kalendarskoj godini, te korektivnim koeficijentom iz članka 7. ili 8. ove Uredbe.

**Jedinična naknada (članak 6.) za jednu tonu proizvedenog, a neobrađenog ili neizvezenog opasnog otpada u 2004. i 2005. godini, iznosi 50 kuna, dok se od 1. siječnja 2006. godine povećava na 100 kuna.**

Prema članku 7. korektivni koeficijenti iznose 1, 2 i 3. za opasni otpad, ovisno o karakteristikama otpada, koje su u ovom članku i članku 8. navedene.

Članak 9. utvrđuje da obveznici plaćanja naknada na opterećivanje okoliša otpadom plaćaju odgovarajuću naknadu za kalendarsku godinu na temelju rješenja koje donosi Fond za zaštitu okoliša i energetske učinkovitost.

Način i rokovi plaćanja naknade utvrđuju se rješenjem iz stavka 1. ovog članka, sukladno Pravilniku o načinu i rokovima obračunavanja i plaćanja naknada na opterećivanje okoliša otpadom.

SBK

## PRAVILNIK O PATENTU

Pravilnikom o patentu pobliže se uređuju određena pitanja sadržana u Zakonu o patentu u svezi s postupcima koji se vode pred Državnim zavodom za intelektualno vlasništvo. Pravilnik je objavljen u Narodnim novinama broj 72. od 1. lipnja 2004. godine. Danom stupanja na snagu ovoga Pravilnika prestaje vrijediti Pravilnik o patentima (NN, br.146/99 i 32/02.).

Pravilnik utvrđuje:

- način prijave patenta
- koncepciju registra patenata
- način objave prijave patenta
- zahtjeve za ispitivanje uvjeta za priznavanje patenta
- sadržaj prigovora na priznanje konsenzualnog patenta
- potrebne isprave, sadržaj i način objave
- zahtjev i način upisa promjena u registre
- vrste i način pružanja informacijskih usluga Zavoda za patente
- uvjete i postupak za ponovnu uspostavu prava
- sadržaj i način dobivanja svjedožbe o dodatnoj zaštiti te
- postupak s međunarodnim prijavama patenta.

Kod prijave patenta (članci 2. do 14.) utvrđen je:

- način podnošenja prijave patenta s potrebnim prilogima (članak 2.)
- sadržaj i način sastavljanja prijave patenta (članak 3.)
- opis izuma (članak 4.)
- kako moraju biti sastavljeni patentni zahtjevi (članak 5.)
- kako moraju biti načinjeni crteži i sažetak (članak 6. i 7.)
- koji su uvjeti za izradu pojedinih dijelova prijave patenta (članak 8.)
- sadržaji koji se ne smiju navoditi u prijavi (članak 9.)
- naknadni postupci (članak 10.)
- pohrana živog biološkog materijala (članak 11. do 13.)
- popisi nukleotidnih ili aminokiselinskih odsječaka (članak 14.).

**Opis izuma** sastavlja se na način i po redoslijedu propisanim u članku 4. U opisu se najprije navodi naziv izuma koji se pojavljuje u zahtjevu i:

- područje tehnike na koje se izum odnosi (uz naznaku oznake po Međunarodnoj klasifikaciji patenata, ako je podnositelju prijave poznata)
- tehnički problem za čije se rješenje traži zaštita patentom
- stanje tehnike (prikaz i analiza poznatih rješenja definiranoga tehničkoga problema), izloženo u opsegu u kojemu je podnositelju prijave poznato, a nužno je za razumijevanje izuma i ispitivanje prijave, pri čemu je poželjno citiranje patentnih dokumenata i drugih izvora koji se odnose na opisano stanje tehnike
- izlaganje biti izuma tako da se tehnički problem i njegovo rješenje mogu razumjeti te navođenje tehničke novosti izuma u odnosu na prethodno stanje tehnike
- kratak opis crteža, ako ih ima
- detaljan opis najmanje jednog od načina ostvarivanja izuma, uz navođenje primjera izvođenja i s pozivom na crteže, ako postoje
- način industrijske ili druge primjene izuma, ako nije očit iz opisa ili same naravi izuma.

Poželjno je da svakom od navedenih dijelova prethodi odgovarajući naslov. Iznimno se može primijeniti drukčiji način i redoslijed sastavljanja opisa ako bi zbog prirode izuma takav način rezultirao boljim razumijevanjem izuma i ekonomičnijim prikazom.

Rješenje tehničkog problema obrazloženog u opisu izuma:

- mora biti određeno bez proizvoljnosti i pretpostavki, sve bitne karakteristike izuma moraju biti predočene jasno i nedvojbeno, tako da ga osoba vješta u struci može izvesti
- ako se izum odnosi na postupak, treba sadržavati sve njegove bitne karakteristike, tako da je izvodljivost postupka vidljiva u cijelosti, što je potrebno dokazati primjerima izvedbe
- ako se izum odnosi na konstrukciju i prikazan je na slici, treba sadržavati podroban opis rješenja konstrukcije s pozivanjem na sliku, a kao dokaz izvodljivosti potrebno je opisati način djelovanja pojedinih bitnih sastojaka i način djelovanja konstrukcije kao cjeline
- ako postoji više načina za izvođenje istoga izuma treba sadržavati njihov opis.

**Patentni zahtjevi** (članak 5.) moraju biti sastavljeni tako da definiraju izum isključivo tehničkim karakteristikama izuma. Broj patentnih zahtjeva mora biti razuman s obzirom na prirodu izuma za koji se zahtjeva zaštita. Ako postoji više patentnih zahtjeva, njihov se redoslijed označava. Patentni zahtjevi, kad god je to moguće sadržavaju:

- uvodni dio koji započinje nazivom izuma, a zatim one tehničke karakteristike koje u međusobnoj kombinaciji pripadaju prethodnom stanju tehnike, a nužne su za definiranje karakteristika izuma za koje se traži zaštita
- drugi karakteristični dio zahtjeva, kojem prethodi izraz »karakteriziran time« ili »naznačen time«, u kojem se navode tehničke karakteristike izuma za koje se u kombinaciji s tehničkim karakteristikama prethodnog stanja tehnike traži zaštita patentom.

Ako je udovoljeno uvjetu o jedinstvu izuma, prijava patenta može sadržavati više nezavisnih zahtjeva iste kategorije (proizvod, postupak, uređaj, primjena), ako predmet prijave izuma nije moguće obuhvatiti jednim zahtjevom.

Uz svaki patentni zahtjev u kojem su navedena bitna obilježja izuma može se postaviti jedan ili više zavisnih patentnih zahtjeva koji se odnose na specifična obilježja izuma.

Zavisni patentni zahtjev sadržava specifična obilježja izuma nekog drugog (zavisnog ili nezavisnog) patentnog zahtjeva i, ako je to moguće, na početku sadržava upućivanje na drugi patentni zahtjev ili druge patentne zahtjeve, nakon čega se navode dodatna obilježja za koje se traži zaštita. Svi zavisni patentni zahtjevi koji se pozivaju na prethodni patentni zahtjev ili na više njih moraju biti grupirani tako da se lako odredi veza međusobno zavisnih zahtjeva i da se njihovo značenje u toj vezi može lako protumačiti.

Patentni zahtjevi, osim kad je to apsolutno potrebno, ne smiju se u pogledu tehničkih karakteristika izuma pozivati na opis ili crteže. Osobito se ne smiju pozivati navodom: »kao što je to opisano u dijelu... opisa« ili »kao što je prikazano na slici... crteža«.

Ako prijava patenta sadržava crteže, poželjno je da iza tehničkih karakteristika navedenih u patentnim zahtjevima slijede pozivne oznake koje se odnose na te karakteristike. Ako su uporabljene, poželjno je da su pozivne oznake stavljene u zagrade. Ako uvođenje pozivnih oznaka ne olakšava razumijevanje patentnog zahtjeva, ne treba ih uvoditi. Pozivne oznake ne mogu se tumačiti kao ograničenje zahtjeva.

Jedinstvena izumiteljska zamisao ostvaruje se kad je više izuma tako povezano da između njih postoji tehnička veza koja obuhvaća jednu ili više istih ili odgovarajućih posebnih tehničkih karakteristika. Izraz »posebne tehničke karakteristike« označava one tehničke karakteristike koje određuju doprinos kojim svaki od navedenih izuma, promatran kao cjelina, mijenja postojeće stanje tehnike. Ocjena o tome je li više izuma međusobno povezano tako da čine jedinstvenu izumiteljsku zamisao donosi se bez obzira na to jesu li izumi definirani u odvojenim patentnim zahtjevima ili kao alternative u okviru jednog patentnog zahtjeva.

Članak 6. utvrđuje **kako treba načiniti crtež**. Upotrebljiva površina na listovima koji sadržavaju crteže ne smije biti veća od 26,2 x 17 cm i listovi ne smiju imati iscrtane okvire oko uporabljive ili uporabljene površine. Najmanje margine jesu:

- gornja strana: 2,5 cm
- lijeva strana: 2,5 cm
- desna strana: 1,5 cm
- donja strana: 1 cm.

Crteži se izrađuju tako da:

- crte moraju biti ujednačeno debele, crne, dobro uočljive i neizbrisive, a površine između crta ne smiju se bojiti ili tonirati
- poprečni presjeci označuju se sjenčanjem koje ne smije ometati uočljivost glavnih crta i pozivnih oznaka
- omjer crteža i jasnoća njihove grafičke izvedbe moraju biti takvi da se na fotografskoj reprodukciji s umanjenjem mogu bez teškoća raspoznati sve pojedinosti
- sve brojke, slova i pozivne oznake na slikama moraju biti jednostavni i jasni, zagrade, krugovi ili navodnici ne smiju se uporabljivati u svezi s brojkama i slovima
- elementi na slici moraju biti proporcionalni, osim ako su disproporcije nužne za veću jasnoću slika
- visina brojki i slova ne smije biti manja od 0,32 cm; za opisivanje crteža rabi se latinična ili, ako je uobičajeno grčka abeceda
- jedan list crteža može sadržavati više slika; ako je jedna slika kao cjelina izrađena na dva lista ili na više listova, dijelovi slika na različitim listovima moraju se izraditi tako da se cijela slika može sastaviti bez zaklanjanja, odnosno preklapanja pojedinih dijelova slike s različitim listova; slike na jednom listu moraju biti raspoređene jedna ispod druge, međusobno jasno odvojene, ali bez većega slobodnog prostora između sebe; različite slike moraju se označiti redosljedom arapskim brojkama i neovisno o označivanju listova
- pozivne oznake koje nisu spomenute u opisu ne smiju se pojaviti ni u crtežu i obrnuto
- iste karakteristike, ako su označene pozivnim oznakama, moraju u cijeloj prijavi biti označene istim oznakama
- ako crteži sadržavaju velik broj pozivnih oznaka, preporučuje se priložiti poseban list s popisom svih pozivnih oznaka i karakteristika označenih tim oznakama
- crteži ne smiju sadržavati tekstualne dijelove, osim, kad je to nužno; kratke riječi kao što su »voda«, »para«, »otvoreno«, »zatvoreno«, »presjek A-B« ili u blok-dijagramu i dijagramu toka kratke ključne riječi nužne za razumijevanje teksta.

**Sažetak sadržava** (članak 7.), naziv izuma i kratak sadržaj biti izuma koji je prikazan u opisu, patentnim zahtjevima i crtežu. Kratak pregled mora upozoriti na područje tehnike

na koje se odnosi izum i mora omogućiti jasno razumijevanje tehničkog problema, rješenja tog problema i osnovni način, odnosno načine uporabe izuma.

Ako je potrebno, u sažetku se može navesti kemijska formula koja, od svih formula sadržanih u prijavi, najbolje karakterizira izum.

Sažetak ne smije sadržavati navode u svezi s proizvoljnim svojstvima i vrijednostima izuma, a ni navode u svezi s teoretskim mogućnostima primjene.

Ako prijava patenta sadržava crtež, podnositelj prijave treba naznačiti sliku ili, iznimno, više slika koje predlaže za objavu uz sažetak. Zavod može odlučiti da objavi drugu sliku ili više drugih slika ako smatra da bolje karakteriziraju izum. Sve glavne karakteristike izuma koje su navedene u sažetku i ilustrirane slikom moraju biti praćene pozivnim oznakama u zagradi.

Sažetak mora biti sastavljen tako da može efikasno poslužiti kao instrument za pretragu u određenom području tehnike, posebno da se na temelju njega ocijeni potreba za uvidom u kompletnu prijavu patenta.

Sažetak sadržava najviše 150 riječi.

Uvjeti za izradu pojedinih dijelova prijave patenta utvrđeni su u članku 8.

Sastojci prijave patenta moraju biti prikladni za izravno fotografsko umnožavanje, za umnožavanje elektrostatičkim postupkom, za ofsetni tisak i skeniranje u neograničenom broju primjeraka. Listovi ne smiju biti zgužvani ili poderaani, ne smiju se presavijati. Može se koristiti samo jedna strana lista.

Listovi su formata A4 papira (29,7 x 21 cm) bijele boje, glatki, bez sjaja, jaki, savitljivi i dugotrajni. Svaki list se koristi tako da su gornja i donja strana lista kraće strane formata (tzv. »visoki format«).

Svaki od sastojaka prijave patenta (zahtjev za priznanje patenta, opis izuma, patentni zahtjevi, crteži i sažetak) mora počinjati na novom listu i biti potpisan od podnositelja prijave. Listovi moraju biti međusobno spojeni tako da ih je lako prelistavati, izdvajati i ponovno spajati.

Najmanje dopuštene margine na listovima koji ne sadržavaju crteže iznose:

- gornja strana lista 2 cm
- lijeva strana lista 2,5 cm
- desna strana lista 2 cm
- donja strana lista 2 cm.

Preporučene najveće margine na listovima koji ne sadržavaju crteže iznose:

- gornja strana lista 4 cm
- lijeva strana lista 4 cm
- desna strana lista 3 cm
- donja strana lista 3 cm.

U trenutku podnošenja prijave patenta margine na listovima moraju biti potpuno prazne (čiste).

Svi listovi u prijavi patenta moraju biti numerirani uzlaznim arapskim brojkama koje se stavljaju na sredini gornje strane lista, ali ne na marginu.

Zahtjev za priznanje patenta, opis izuma, patentni zahtjev i sažetak moraju biti čitko tiskani. Iznimno se grafički simboli i oznake te kemijske i matematičke formule, ako je to nužno, mogu upisati ručno. Razmak između redaka teksta mora iznositi 1,5 redak.

Visina velikih slova u tekstu ne može biti manja od 0,21 cm, pri čemu otisak slova na listu mora biti tamne i neizbrisive boje.

Zahtjev za priznanje patenta, opis izuma, patentni zahtjevi i sažetak ne smiju sadržavati crteže.

Opis izuma, patentni zahtjevi i sažetak mogu sadržavati kemijske ili matematičke formule, a opis izuma i sažetak – tablice. Patentni zahtjevi i sažetak mogu sadržavati kemijske ili matematičke formule, a opis izuma i sažetak – tablice. Patentni zahtjevi mogu sadržavati tablice samo ako je bit zahtjeva takva da su poželjne tablice. Tablice i kemijske ili matematičke formule mogu biti prikazane u »poprečnom formatu« ako se u »visokom formatu« ne mogu prikazati kako zadovoljava. Listovi na kojima su tablice i kemijske ili matematičke formule prikazane u »poprečnom formatu« postavljaju se tako da zaglavljive tablica ili formula bude na lijevoj strani lista.

Vrijednosti fizičkih veličina obvezatno se iskazuju u jedinicama Međunarodnog sustava jedinica (SI). Za matematičke, kemijske i molekularne formule i atomske mase rabe se simboli, a i tehnički izrazi i znakovi koji su prihvaćeni i uobičajeni u dotičnom području tehnike.

Nazivlje, znakovi i simboli moraju se dosljedno rabiti u cijelom tekstu prijave patenta.

Svaki list teksta mora biti s minimalnim brojem pogrešaka i bez dopune, križanja ili ispisivanja između redaka. Odstupanje od ovog pravila dopušteno je ako se time ne ugrožava

vjerodostojnost sadržaja i mogućnost kvalitetnog umnožavanja teksta.

**Odredbe iz članaka od 35. do 41. ovoga Pravilnika počete se primjenjivati 1. ožujka 2010. godine.**

U člancima 35. do 41. utvrđen je postupak za izdavanje Svjedodžbe o dodatnoj zaštiti te način objave zahtjeva za izdavanje Svjedodžbe. Postupak za izdavanje Svjedodžbe sastoji se od formalnog i supstancijalnog ispitivanja. Sadržaj Svjedodžbe je utvrđen u članku 39., a u članku 40. trajanje Svjedodžbe.

Zavod u službenom glasilu objavljuje i sljedeće podatke (članak 41.):

- naziv i adresu nositelja Svjedodžbe
- broj temeljnog patenta
- naziv izuma
- broj i datum odobrenja za stavljanje proizvoda u promet i naziv proizvoda navedenog u odobrenju
- broj i datum prvog odobrenja za stavljanje proizvoda u promet, kada je to potrebno
- vrijeme trajanja Svjedodžbe.

U slučaju odbijanja zahtjeva za izdavanje Svjedodžbe Zavod će u službenom glasilu objaviti podatke. Objavljeni podaci se upisuju u registar patenata.

SBK

## IZ INOZEMNE STRUČNE LITERATURE

### KAKVA BUDUĆNOST OČEKUJE INŽENJERE?

U mnogim dijelovima svijeta stalno smanjivanje broja inženjera postaje problem. Situaciju pogoršava činjenica što je sve veća njihova starost i sve ih više odlazi u mirovinu nakon 50-te godine starosti, te je na njihovo mjesto potrebno zaposliti mlade stručnjake. Na jednoj strani industrija percipira nedostatak resursa, dok na drugoj strani inženjering kompanije i konzultatni vide problem u sve težem pronalaženju poslova. Zbog poteškoća u pronalaženju posla te osiguranju pune zaposlenosti svojih inženjera i znanstvenog osoblja, kompanije mijenjaju svoju djelatnost sukladno potrebama tržišta.

Pojašnjenje ove situacije prikazano je na primjeru Velike Britanije. Istraživanja su pokazala da postoje tri međusobno ovisna problema:

- populacija inženjera i znanstvenika tehničkih disciplina smanjuje se u industriji do najnižih razina
- isto tako se postupno smanjuje i stari populacija nastavnog osoblja na fakultetima, koja proučava inženjerske i znanstvene discipline iz tehničkog područja
- smanjuje se broj studenata i srednjoškolaca koji su zainteresirani za tehničke discipline, a iz koje se regrutira sljedeća generacija profesionalaca iz područja energetske industrije.

U 2001. godini broj zaposlenih inženjera i znanstvenika iz tehničkih disciplina bio je oko 14.000. Nuklearni sektor trebat će u sljedećih 15 godina oko 50.000 pripravnika iz područja inženjeringa (strojarski, građevinski i elektroinženjeri) te za znanstveni rad u tehničkim disciplinama (fizika, kemija).

Odlaskom u mirovinu stručnjaka starijih od 50 godina, oslobađaju se brojna radna mjesta. Dakle, kada su u pitanju slobodna radna mjesta, nema problema.

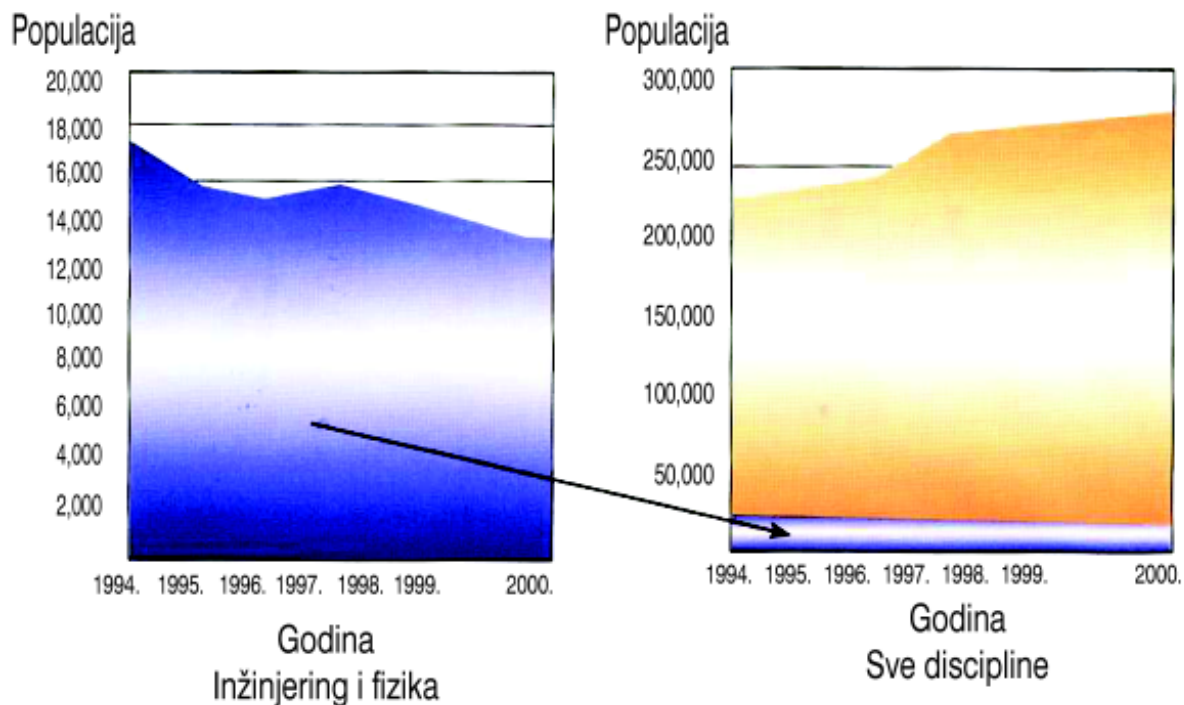
Ta radna mjesta treba popuniti novim stručnjacima tehničke struke. I tu nastaju problemi. Kod mladih ljudi interes za inženjerska zvanja i zvanja znanstvenika nisu popularna. Utjecaja svakako imaju i primanja, koja nisu baš poticajna. Situaciju najbolje opisuju priloženi dijagrami.

Na lijevom dijagramu prikazano je kretanje broja studenata za inženjerska i znanstvena zvanja iz tehničkih disciplina. U razdoblju od 1994. do 2001. godine, broj studenata iz navedenih disciplina pao je za 25 %, te početkom 2001. godine iznosi nešto manje od 14 tisuća.

U istom razdoblju (dijagram na desnoj strani) ukupan broj studenata porastao je za 23 % te iznosi oko 282 tisuće. U Velikoj Britaniji u navedenom razdoblju broj studenata za inženjerska i znanstvena zvanja iz tehničkih disciplina u ukupnom broju studenata iznosi oko 5 %.

Da se ova situacija popravi potrebno je povećati interakciju sa studentima na svim razinama počevši već u osnovnoj školi. U dobi od 12 do 13 godina mnoga djeca počinju ozbiljno razmišljati o tome što žele biti. Te mlade ljude treba zainteresirati za inženjerska i znanstvena zvanja na edukativan i zabavan način. Isto tako treba angažirati nastavnike, jer oni poslije roditelja imaju najveći utjecaj na izbor zvanja. Ali za takav pristup treba i nastavnike u određenom smislu educirati dovodeći ih u tvornicu, da bi to znanje mogli prenijeti na svoje učenike.

Druga mogućnost je osiguranje konkurentne plaće. Dok svaki čovjek s visokom stručnom spremom tehničkog smjera, koji je manjak na tržištu, vrijedi samo 250 funti na dan (461 ame-



rički dolar), vodoinstalater i elektroinstalater lako zarade toliko. Niži odvjetnik može zaraditi i 250 funti na sat.

*International Power Generation*, April 2004.

SBK

## GEOTERMALNA ENERGIJA IZ VRUĆIH STIJENA

U istočnoj Francuskoj u Soultz-u, u Alsace-u, uspješno se gradi prototip elektrane koja koristi tzv. tehnologiju HDR – Hot Dry Rock (vruća suha stijena). Slične elektrane mogle bi se graditi na mjestima s visokim temperaturnim stupnjem ispod površine Zemlje bilo gdje na našem planetu.

Jedinstvenost ove tehnologije je u tome što ne koristi prirodnu vruću vodu iz geotermalnih izvora, već se hladna voda pumpa u bušenjem nastale pukotine duboko u zemlju. Prolazeći kroz vruće stijene voda se zagrijava. Druga pumpa ovu pregrijanu vodu tjera kroz drugu bušenjem nastalu pukotinu, u izmjenjivač topline na površini. Stvorena para pokreće turbinu koja proizvodi električnu energiju. Vlastita potrošnja ovih pumpi bit će oko 20 % proizvedene električne energije.

Prema očekivanju, gradnja ove elektrane, instalirane snage od 4 do 5 MW, trajat će manje od tri godine. Kada elektrana bude u punom pogonu, jedan set pumpi će tjerati hladnu vodu dolje u stijenu kroz pukotinu promjena 8 cola, do dubine od oko 2.500 metara, brzinom oko 115 l/sek, dok će drugi set tjerati vruću vodu (oko 190° C) kroz drugu pukotinu na površinu. Prema kalkulacijama projekatana ova elektrana bi mogla efikasno proizvoditi električnu energiju oko 20 godina, kada će se stijene ohladiti na temperaturu koja ne omogućuje rad elektrane.

*Power*, May 2004.

SBK

## FINANCIJSKO OPTEREĆENJE NJEMAČKE INDUSTRIJE

Financijsko opterećenje potrošača električne energije zbog zakona o korištenju obnovljive energije znatno je povećano. Godine 2003. već su cijene toliko više koliko je predviđeno za 2010. godinu.

Udruga njemačke energetske industrije i snage (VIK) smatra, za razliku od Saveznog ministarstva, da uvođenje zakona o korištenju obnovljive energije (EEG) nije nikakvo poslovno čudo.

Energetski zakon nije predvidio i ostale troškove, osim onih vezanih za proizvodnju električne energije iz obnovljivih izvora. Treba uzeti u obzir i pojačanje električne mreže i porast energije za regulaciju.

Uvođenjem trgovine emisijom CO<sub>2</sub>, dolazi do daljnjih opterećenja njemačke industrije.

Sve grupe industrija, kućanstva i prometa, bit će prisiljeni proporcionalno smanjiti emisiju CO<sub>2</sub>.

*EW*, god. 102(2003), br. 26

Mrk

## OBNOVLJIVI ENERGETSKI IZVORI U AUSTRALIJI

Australska vlada nastoji i dalje povećati iskorištenje svojih obnovljivih izvora energije i želi da međunarodne tvrtke tome

pripomognu. U planu je da energija iz obnovljivih izvora dosegne godišnje 9.500 GWh, do godine 2010.

Danas se osobito naglo razvija korištenje energije vjetra. U planu je, da od sadašnjih instaliranih 850 MW, naraste snaga vjetroelektrana na 5.000 MW, do godine 2010.

Instaliranu snagu fotonaponskih elektrana treba povećati na 350 MW, a elektrane ložene biomasom u planu je, povećati na 916 MW.

Također i iskorištenje vodnih snaga (danas u hidroelektranama iznosi instalirana snaga 7.000 MW) treba, prema planu, povećati izgradnjom manjih i decentraliziranih hidroelektrana, kao i korištenje energije morskih valova, na jugu i jugozapadu zemlje.

*EW*, god. 102(2003), br. 2

Mrk

## ORGANSKE FOTOČELIJE

Stručnjaci tvrtke Siemens – München uspjeli su razviti organske fotočelije korisnosti 5,5 % prema 3 %, koliko su imale dosadašnje. Povećanjem korisnosti one postaju i komercijalno zanimljive. Prednost im je, prema fotočelijama na bazi silicija, da se mogu u vrlo tankom sloju nanijeti na folije i po volji oblikovati. Naneseni sloj vrlo je tanak i iznosi 1/200 vlasi, tj. oko 100 nm. Osim toga, proizvodnja im je jeftina, a solarni moduli imaju vrlo malu težinu. Ova je tehnologija razvijena u okviru istraživanja polimerne elektronike. Prema predviđanju istraživača, na temelju današnjeg znanja i tehnike, korisnost fotočelija moći će se povećati na 7 %. Čelije ove nove tehnologije ući će, prema predviđanju, u komercijalnu uporabu 2005. godine.

*EW*, god. 103(2004), br. 3

Mrk

## DOPRINOS ZA STRUJU IZ SOLARNIH ELEKTRANA

Prema fotovoltaičkom zakonu, od 1. siječnja vrijedi, za nova fotovoltaička postrojenja, koji prodaju proizvedenu električnu energiju, temeljna naknada države od 0,457 eura po kWh.

Za solarne uređaje na zgradama, instalirane snage do 30 kW, naknada se povećava za 0,117 eura po kWh. Ako instalirana snaga prelazi 30 kW, do 100 kW, povećanje je 0,089 eura po kWh, a preko toga za 0,083 eura. Prema tome, vlasnik solar-nog uređaja na krovu svoje zgrade, snage do 30 kW dobiva državnu naknadu od 0,574 eura po isporučenom kWh. U tu grupu vlasnika fotovoltaičkih uređaja spadaju svi oni koji takav uređaj montiraju na svoje obiteljske kuće. Ako pak, takve čelije montiraju na fasadu kuće, doprinos se povećava za 0,05 eura.

Primjenom zakona, računa se na skok potrošnje solarnih uređaja.

*EW*, god. 103(2004), br. 3

Mrk

## ENERGETSKE INOVACIJE ZA BUDUĆNOST

U okviru energije budućnosti, njemačke pokrajinske vlade NRW, izložena su dva projekta koje podržava pokrajinska vlada.

Prvi je projekt nazvan «Virtualna elektrana». Projektom se želi objediniti, optimalnim vođenjem, tehnički i gospodarski decentralizirane elektrane.

Drugim bi se projektom pokušalo upotrijebiti i razviti postrojenje za akumulaciju energije, kojemu treba mali nadzor i održavanje. Time bi se osigurala neprekidna dobava električne energije. Za takvu je svrhu projektom predviđen visokoturažni sustav zamajnih masa. Rotirajuće bi mase imale brzinu vrtnje od 60.000 okretaja po minuti.

Ako se ovakav pogon pokaže prikladnim, mogao bi služiti kao alternativa bateriji olovnih akumulatora.

Projekt potpomaže i EU.

*EW*, god. 103(2004), br. 3

Mrk

### SOLARNA ELEKTRANA OD 5 MW

Tvrtka Shell-Solar i Geosol grade najveću na svijetu, solarnu elektranu. Tvrtka Shell-Solar – München kao generalni poduzetnik za gradnju takvih elektrana ima veliko iskustvo. Ovo je poduzeće gradilo i montiralo solarno krovno postrojenje na krovu Münchenskog velesajma (vidi: *Energija*, god. 51(2002), br. 6). Elektrana se gradi južno od Leipziga. Imat će 33.000 solarnih modula, ukupno instalirane snage od 5 MW. Elektrana bi trebala ući u pogon u srpnju 2004. Dobivanjem električne energije iz ovog postrojenja, umjesto iz termoelektrana, smanjit će se emisija ugljičnog dioksida za 3.700 tona.

*EW*, god. 103(2004), br. 3

Mrk

### PLAĆE U NJEMAČKOJ BRŽE PORASLE OD IZDATAKA ZA STRUJU

Njemački radnik mora raditi 2,5 sata da zaradi za količinu električne energije od 200 kWh. Za jednaku količinu električne energije on je 1991. morao raditi jedan sat dulje, a 1960. čak 10 sati ukupno.

U vremenskom razdoblju od 1960. do 2000., plaće su u Njemačkoj okruglo 10 puta povećane, a cijena struje, u istom tom razdoblju, okruglo 2,5 puta.

*EW*, god. 103(2004), br. 4

Mrk

### ENERGETSKA TEHNIKA BUDUĆNOSTI

U listopadu prošle godine, u kongresnom centru u Hamburgu, organizirale su zasjedanje Elektrotehničko društvo VDE (Njemačka) i Enel (Convention of National Societies of Electricalengineers of Europe) o temi «energetska tehnika budućnosti». Diskutiralo se o trajnosti istraživanja, tehnologiji elektrana i slobodnom elektroenergetskom tržištu.

Konstatirano je da su tri cilja energetske politike i to: sigurnost opskrbe, podnošljive cijene i trajni razvoj. To se mora donijeti u ravnotežu. Zato pak nema idealnog rješenja, jer EU ima tek uvjetni utjecaj na globalnu energetska politiku.

U Njemačkoj, napuštanjem nuklearne energije, ne mogu je nadomjestiti obnovljivi izvori, već fosilna goriva, a to će znatno povisiti cijenu električne energije. Francuska je zato odabrala nuklearni put. Govoreno je mnogo o elektroenergetskoj štednji i velikim investicijama potrebnim da se iz-

bjegne kolaps energetskeg sustava. Potaknuto je pitanje kako će se usuglasiti potreba za energijom i zaštita okoliša, budući da je energija važno pitanje gospodarstva i društva. Energetika treba biti glavna državna briga.

U diskusijama i predavanjima, mnogo je govoreno o primjeni elektroenergije, njenom prijenosu i razdiobi.

Internacionalnu kompetenciju ove priredbe potvrdili su mnogi predstavnici iz inozemstva.

*EW*, god. 103(2004), br. 4

Mrk

### VJETROELEKTRANE U NJEMAČKOJ

U godini 2003. izgrađeno je, u Njemačkoj, više nominalne snage vjetroelektrana, nego se očekivalo početkom godine. Izgrađene su 1.703 nove jedinice, ukupne instalirane snage 14.609 MW. To je smanjenje od 18,4 % prema prethodnoj godini. Time je koncem godine 2003., u cijeloj Njemačkoj bilo 15.387 vjetroelektrana, ukupne instalirane snage 14.609 MW. Proizvodnja električne energije u elektranama na vjetar iznosila je 6 % potreba zemlje. Tom proizvodnjom uštedena je emisija CO<sub>2</sub> od 22,6 milijuna tona.

Predma je električna energija iz vjetroelektrana sve jeftinija, u godini 2004. ne predviđa se neka bitna promjena. Svaka-ko će, međutim, porasti održavanje i servis takvih postrojenja.

Prema energetske bilancama, vodna energija i energija vjetra činile su, u njemačkoj potrošnji primarne energije, u godini 2002., 4,9 milijuna tona SKE (SKE – ekvivalentni ugljen, 1 kg=7.000 kcal=29.308 kJ), a u godini 2003., 4,8 milijuna tona.

Prema podacima VDEW, u godini 2002., eko struja, tj. električna energija iz snage vode, vjetra, sunca i elektrane na biomasu i smeće, iznosila je 8 % sveukupnih potreba Njemačke. Ona je iznosila 44,9 milijardi kWh. Naravno, da je najviše ekostruje proizvedeno u hidroelektranama, a zatim u vjetroelektranama. Najmanje je iskorišteno sunce, jer je u solarnim elektranama proizvedeno tek 0,2 milijarde kWh.

*EW*, god. 103(2004), br. 5

Mrk

### PLAN ZA GORIVE ČELIJE

Rusko ministarstvo energetike izradilo je studiju o budućoj raspoloživosti rezervama metala platine. Ona ima široku uporabu, a najviše za gradnju i pogon gorivih čelija, za pogon vozila.

U studiji se navodi, da su raspoložive rezerve dovoljne i da se uz stabilne cijene ne vidi zapreka, da se gorive čelije komercijaliziraju. Prema predviđanjima vrh uporabe platine bio bi godine 2007., no zalihe su dovoljno velike i za daljnje godine.

*EW*, god. 103(2004), br. 5

Mrk

### ZADOVOLJSTVO KUĆANSKIH POTROŠAČA ELEKTRIČNE ENERGIJE U NJEMAČKOJ

Najnovije ankete među 1.200 kućanskih potrošača, koju je proveo VDEW – «pokus potrošača» za 2003. godinu, poka-

zuje, da je 71 % zadovoljno dobavom električne energije, a samo 3 % nije zadovoljno. Važni je aspekt za zadovoljstvo potrošača sigurnost i pouzdanost dobave. Prema tome je 90 % potrošača zadovoljno.

Ovakva će se anketa provoditi svake godine, a obuhvaćeni će biti i potrošači iz obrta.

*EW*, god. 103(2004), br. 5

Mrk

### VELIKI GENERATORSKI TRANSFORMATOR OD 850 MVA

Veliki transformatori, oni preko 500 MVA moraju se posebnom pažnjom projektirati. Uz tehničke uvjete u obzir treba uzeti i mogućnost transporta, zauzimanje prostora i najviše temperaturu okoliša. Transformatorski kotao mora biti tako građen da uz svladavanje aktivnog materijala transformatora, može svladati i dodatne vanjske sile, npr. kod transporta ili potresa.

Najveća je pažnja posvećena pri projektiranju velikog generatorskog transformatora, kojega je tvrtka Siemens gradila u Nürbergu za kinesku hidroelektranu «Tri klisure» (Three Gorges) na Žutoj rijeci. Transformator je snage 850 MVA, prijenosnog odnosa 24/550 kV. Jezgra je izgrađena od pet stupova, zbog transporta, i teži 260 tona. U gradnji su daljnji transformatori u Nürbergu, a jedan se gradi i u Kini.

U krajnjoj etapi, to će biti najveća hidroelektrana na svijetu, ukupne snage 18.200 MW.

*EW*, god. 103(2004), br. 5

Mrk

### NJEMAČKA JE TRANZITNA DRŽAVA ZA EUROPSKU TRGOVINU ELEKTRIČNOM ENERGIJOM

Prema podacima njemačke udruge VDEW, skoro polovica njemačkog uvoza električne energije dolazi iz Francuske. No, ta se energija velikim dijelom tranzitira za Nizozemsku, ili preko Švicarske i Austrije šalje u Italiju.

Na drugom je mjestu dobava iz istočne Europe, preko češke granice. Godine 2003. tim je putem ušlo u Njemačku 12,5 milijardi kWh. Njemačka je bilanca izvoza-uvoza pokazala da je izvoz električne energije u višku od 8 milijardi kWh, ili 1 % njemačke proizvodnje.

Iz Danske je došlo u 2000. godini 3,9 milijardi kWh.

Budući da je ljeto 2003. godine bilo vrlo sušno, švedske su hidroelektrane manje proizvele, pa je izvoz iz Njemačke bio 2,2 milijarde kWh, skoro dvostruko veći nego prethodne godine, a uvoz iz Švedske samo 0,6 milijarde kWh, a to je 0,2 milijarde kWh manje nego godinu prije.

*EW*, god. 103(2004), br. 6

Mrk

### ODLAGALIŠTE NUKLEARNOG OTPADA U NJEMAČKOJ TREBA BRŽE RJEŠAVATI

Predsjednik njemačkog atomskog foruma (DAEF) iznio je pozitivnu bilancu njemačkih nuklearnih, ali je upozorio njemačko Savezno ministarstvo, da prepolagano rješava

pitanje odlaganja nuklearnog otpada. Traženje pogodnog odlagališta skupo je, a nije niti potrebno. Već postoji razrađeni projekt vezan na odlagalište Gorleben, bivši rudnik soli. Ovaj projekt treba dalje proraditi i istražiti što je potrebno, kako bi odlagalište ušlo u uporabu do 2005. godine.

*EW*, god. 103(2004), br. 6

Mrk

### KRITIKA TRGOVINI S EMISIJOM CO<sub>2</sub>

Znanstveni savjetnik u njemačkom Ministarstvu gospodarstva i rada, u svojoj je najnovijoj studiji istražio, u kojoj mjeri unaprjeđivanje obnovljivih energetske izvora, na temelju zakona o obnovljivoj energiji (EEG), pospješuje, u sadašnjem sustavu, smanjenje emisija CO<sub>2</sub> trgovinom emisije između poduzeća.

U studiji se došlo do zaključka da je ovakav zakon štetan s obzirom na narodno gospodarstvo, a trgovina emisijom CO<sub>2</sub> preskupi je instrument, kojim se ne postiže smanjenje emisije. Prema tome se preporuča ukidanje zakona.

*EW*, god. 103(2004), br. 7

Mrk

### VJETROELEKTRANE U EU

Iskorištenje energije vjetra za proizvodnju električne energije sve je veće u svijetu, pa i u Europi. Samo u godini 2003. instalirana snaga vjetroelektrana porasla je 23 %.

Vodeće zemlje, u toj tehnici, su Njemačka, Španjolska i Danska, a odmah slijedi i Nizozemska. Ukupno je u zemljama EU bilo instalirano u vjetroelektranama (konac 2003. godine) 20.401 MW, a samo u spomenute tri zemlje, od toga ukupno 84 %.

Računa se da bi sve elektrane, u srednjoj godini, mogle proizvesti oko 60 TWh električne energije.

Koliko je vjetroelektrana u nekim zemljama EU (instalirana snaga u MW) prikazuje sljedeći pregled:

Njemačka	14.609	MW
Španjolska	6.202	MW
Danska	3.110	MW
Nizozemska	912	MW
Italija	904	MW
V. Britanija	644	MW
Austrija	415	MW
Švedska	399	MW
Grčka	375	MW
Portugal	299	MW
Francuska	239	MW
Irska	186	MW
Belgija	68	MW
Finska	51	MW
Luxemburg	22	MW

Godišnje povećanje instalirane snage ipak pada. U godini 2003. ono je za 9 % manje nego godine 2002.

*EW*, god. 103(2004), br. 6

Mrk



## AZIJA – NADA GRADITELJA ELEKTRANA

Sve veću važnost za graditelje elektrana ima Azijsko-Pacifičko područje. Ovo je područje postalo naročito značajno, jer je američki bum gradnje elektrana, u razdoblju 1998. – 2002., već prošao. Tada se snaga elektrana povećala za 60.000 MW.

Prema procjeni elektroenergetskih stručnjaka, u Europi treba do godine 2020. izgraditi elektrana u snazi od 200.000 MW, a od toga samo u Njemačkoj 40.000 MW.

Na projekte novogradnji u Europi gleda se s velikim oklijevanjem, pa je prema tome Azijsko-Pacifičko područje glavni nosilac nade graditelja elektrana za nove poslove. Za povećanje životnog standarda njenih naroda najveći je prioritet povećanje snage elektrana. Što se brže poveća snaga izvora električne energije, to će se brže povećati i životni standard i unaprijediti privreda. Upravo zato, da što prije uđu u pogon, preferiraju se kombi elektrane, visoke iskoristivosti. Npr. kombi plinska elektrana Paulau Saraya kod Singapura, s dva bloka po 367 MW. Cijelo postrojenje ima korisnost od 57,2 %, što je najveća korisnost u području jugoistočne Azije.

EW, god. 103(2004), br. 7

Mrk

## OTVARANJE SLOBODNOG TRŽIŠTA ELEKTRIČNOM ENERGIJOM

Od 1. srpnja otvara se u Francuskoj 70 % slobodnog tržišta električnom energijom. Time će male industrije, obrtnici, prijenosnici i osobe slobodnih zanimanja moći birati svog dobavljača električne energije. Koje će konzekvence to izazvati u Francuskoj i Njemačkoj, raspraviti će se na kolokviju u Parizu, u travnju ove godine.

EW, god. 103(2004), br. 7

Mrk

## DRŽAVA SVE VIŠE OPTEREĆUJE CIJENU ELEKTRIČNE ENERGIJE

Dok je 1998. godine država opterećivala cijenu električne energije tako da je ubrala približno 2,3 milijarde eura, u Njemačkoj raste to opterećenje po svim segmentima, tako da je 2003. ukupno državno opterećenje naraslo na 11,4 milijarda eura. Za pet godina iznos je upeterostručen! U tome nije iskazano opterećenje porezom na dodanu vrijednost, koje se obračunava kao i kod svake druge robe, dakle 16% na sveukupan zbroj računa za električnu energiju.

### Opterećenje cijene električne energije u Njemačkoj (milijarda eura)

Opis	1998.	2000.	2001.	2002.	2003.
Porez na električnu energiju	–	3,36	4,32	5,10	6,53
Poticanje obnovljivih izvora	0,28	0,90	1,15	1,63	1,91
Poticanje spojenog procesa	–	0,61	0,99	0,67	0,76
Naknada za koncesiju	2,00	2,05	2,04	2,08	2,15
<b>Ukupno</b>	<b>2,28</b>	<b>6,92</b>	<b>8,5</b>	<b>9,48</b>	<b>11,35</b>

Za pripomenuti je da u prikazanom opterećenju sudjeluju svi kupci električne energije – industrija, promet i opća potrošnja. Preko polovine udjela u tom opterećenju ima porez na električnu energiju, koji treba prigušivati korištenje električnog oblika energije, a koji 1998. godine nije niti postojao. Radi poticanja spregnute proizvodnje električne energije i topline, uveden je dodatak na cijenu koji nije također postojao 1998. godine. Po zakonu o obnovljivim izvorima, za otkup električne energije proizvedene u primjerice vjetroelektranama određena je otkupna cijena od 9,10 eurocenta/kWh, u prvih pet godina pogona vjetroelektrane i 6,19 eurocenta/kWh za ostale godine pogona, a za fotonaponske elektrane to je 50,62 eurocenta/kWh uz 5%-tno smanjenje svake godine, računajući od 1. siječnja 2002. Gotovo 2 milijarde eura (točno 1,91) u 2003. godini čini fond iz kojeg se onda namiruju takve otkupne cijene.

[www.strom.de/19.04.2004](http://www.strom.de/19.04.2004)

MK

## CIJENE ELEKTRIČNE ENERGIJE ZA KUĆANSTVA

Od 1. svibnja 2001. godine postoji u Austriji ustanova Energie-Control, pod ingerencijom Ministarstva gospodarstva i rada, za nadzor liberalizacije i regulaciju na austrijskom tržištu električne energije i prirodnog plina. Daju zanimljive statističke preglede, uključujući međunarodne usporedbe. Jedna takva usporedba je načinjena za prosječne cijene električne energije za kućanstva koja troše 3500 kilovatsati godišnje, uključujući u te cijene sve poreze i druga davanja.

### Cijene električne energije za kućanstva, 3500 kWh/god,

Stanje: srpanj 2003. (eurocenta/kWh)

Italija	18,0
Danska	17,7
Njemačka	14,6
Belgija	11,4
Austrija	11,2
Španjolska	11,0
Francuska	9,6
Ujed.Kraljevstvo	9,1
Švedska	9,1
Grčka	6,1

Radi usporedbe, navedimo da je u Hrvatskoj u to vrijeme ta cijena (neizmijenjena od 10. listopada 2002. godine) bila približno 8 eurocenta/kWh, ako kupac troši 3500 kilovatsati godišnje, uz dvotarifno brojilo te omjer više i niže tarife 50%:50%, te oko 10 eurocenta/kWh, uz jednotarifno brojilo, uključujući PDV.

[www.e-control.at/4.5.2004](http://www.e-control.at/4.5.2004)

MK

## AUSTRIJSKA UREDBA O OTKUPU ELEKTRIČNE ENERGIJE IZ OBNOVLJIVIH IZVORA

Uredba je stupila na snagu 1. siječnja 2003. godine, na osnovi austrijskog zakona o obnovljivim izvorima iz 2002. godine. Cijene po toj uredbi vrijede 13 godina od puštanja postrojenja u pogon. Navedimo zanimljivije podatke. Sve cijene navodimo u eurocentima po kilovatsatu.

### Otkupne cijene malih hidroelektrana (snage do 10 megavata)

Isporuka el. energije	Izgrađeno prije 1.1.2003. (do 31.12.2005)	Revitalizacija 15% 1.1.2003-31.12.2005	Novo ili revitaliz. 50%, 1.1.2003-31.12.2005
Prvih 1 GWh	5,68	5,96	6,25
Sljedećih 4 GWh	4,36	4,58	5,01
Sljedećih 10 GWh	3,63	3,81	4,17
Sljedećih 10 GWh	3,28	3,44	3,94
Preko 25 GWh	3,15	3,31	3,78

Postrojenja su podijeljena prema tome jesu li izgrađena prije 1.1.2003. godine, ali tada cijene vrijede samo do 31.12.2005. godine, te hoće li se u razdoblju između 1.1.2003. i 31.12.2005. godine izvršiti njihova revitalizacija uz povećanje regulacijskih mogućnosti za 15%, odnosno hoće li se u tom razdoblju izgraditi nova postrojenja ili revitalizirati postojeća, ali s obveznim regulacijskim mogućnostima od 50%.

Otkupne cijene iz *fotonaponskih izvora* vrijede samo za nove elektrane (postojeće su regulirane starom uredbom), i to

- za raspoloživu snagu do 10 kilovata vršno 60 eurocenta/kWh
- za raspoloživu snagu preko 20 kilovata vršno 47 eurocenta/kWh.

Otkupna cijena električne energije iz *vjetroelektrana* koje će se staviti u pogon nakon 31.12.2002. godine su 7,80 eurocenta/kWh.

Otkupna cijena električne energije iz *geotermalnih elektrana* (nova postrojenja) je 7,00 eurocenta/kWh.

Otkupne cijene iz *elektrana na biomasu i otpatke* (nova postrojenja) su kako slijedi:

- za elektrane raspoložive snage do 2 MW 16,00 eurocenta/kWh
- za elektrane raspoložive snage 2 do 5 MW 15,00 eurocenta/kWh
- za elektrane raspoložive snage 5 do 10 MW 13,00 eurocenta/kWh
- za elektrane raspoložive snage preko 10 MW 10,20 eurocenta/kWh

Slijedi čitav niz okolnosti, pod kojima se ta cijena umanjuje, čak i vrlo bitno.

Otkupne cijene iz *elektrana na tekuću biomasu* (nova postrojenja):

- za elektrane raspoložive snage do 200 kW 13,00 eurocenta/kWh
- za elektrane raspoložive snage preko 200 kW 10,00 eurocenta/kWh.

Otkupne cijene iz *elektrana na bioplin* (nova postrojenja):

- za elektrane raspoložive snage do 100 kW 16,50 eurocenta/kWh
- za elektrane raspoložive snage do 100 – 500 kW 14,50 eurocenta/kWh
- za elektrane raspoložive snage do 500 – 1000 kW 12,50 eurocenta/kWh
- za elektrane raspoložive snage preko 1 MW 10,30 eurocenta/kWh.

Otkupne cijene iz *elektrana na deponijski ili kanalski plin* (nova postrojenja):

- za elektrane raspoložive snage do 1 MW 6,00 eurocenta/kWh

- za elektrane raspoložive snage preko 1 MW 3,00 eurocenta/kWh.

(Verordnung des Bundesministers für Wirtschaft und Arbeit, BGBl. II Nr.508/2002)

MK

### 10 NOVIH ČLANICA EUROPSKE UNIJE

*Key facts and figures about the European Union* iz veljače 2004. godine i statistika *Euroelectric* za 2002. godinu, omogućuju nam da prikazemo osnovni pregled zemljopisnih, gospodarskih i elektroenergetskih svojstava starih i novih zemalja članica Europske unije, od 1. svibnja 2004. godine, kada će ih biti ukupno 25. Dodajemo i podatke zemalja kandidata za članstvo – Bugarske, Rumunjske i Turske (koja još nema utvrđen datum početka pregovora o članstvu), kako ih obuhvaćaju u prvoj rečenici citirani izvori. Za Hrvatsku, koja očekuje poziv na pristupanje pregovorima o članstvu, nema još podataka u službenim izvorima Europske unije.

EU-15 zauzimala je ukupno približno 3200 tisuća četvornih kilometara, a EU-25 zauzima površinu od ukupno gotovo 3900 tisuća kilometara. Tržište se povećava s okruglo 380 milijuna kupaca (stanovnika EU-15) na ukupno preko 450 milijuna, koliko imaju stanovnika sve zemlje EU-25. To je treće po veličini tržište na svijetu, nakon Kine (1283 milijuna) i Indije (1042 milijuna stanovnika).

Ekonomska snaga pojedinih zemalja članica prikazana je bruto domaćim proizvodom (BDP) 2001. godine, iskazanim prema kupovnoj moći, kada je on za sve zemlje članice EU-15 iznosio 23400 eura po stanovniku. Najviše iznad toga je Luksemburg, u njemu je BDP bio praktički dvostruko veći od prosjeka EU-15. Druga je Irska, s 18% većim BDP od prosjeka. Slijede Danska i Nizozemska, te onda veći broj zemalja članica EU-15 koje imaju do desetak posto veći BDP od prosjeka, s Njemačkom na kraju, koja je 2001. godine ostvarila BDP upravo jednak prosjeku EU-15. Iza nje su samo tri zemlje s nižim BDP od prosjeka: Španjolska (84%), Portugal (71%) i Grčka s dvije trećine bruto domaćeg proizvoda po stanovniku od prosjeka EU-15.

Među novim članicama, najbolje stoji Cipar (sa 78% prosjeka BRD petanaest dosadašnjih članica EU), Malta (70%) i odmah zatim dolazi Slovenija (68%). Najslabija među tih 10 novih članica je Latvija, sa samo trećinom BRD od prosjeka EU-15. Države-kandidati za pristupanje Uniji imaju podjednak BRD po stanovniku, po četvrtinu prosjeka EU-15.

Ukupna snaga svih elektrana, s otprilike 600 gigavata u EU-15, narast će otprilike na 680 gigavata u EU-25. Najveća instalacija je u Njemačkoj, koja ima 124 gigavata, i Francuskoj, koja ima 116 gigavata. Sve nove članice zajedno imaju instaliranu snagu elektrana poput polovine snage u Njemačkoj ili Francuskoj.

Po proizvodnji električne energije na vlastitom području, opet je Njemačka najveća, proizvela je okruglo 545 teravatsati u 2002. godini. Francuska je u toj godini proizvela 536 teravatsati, a sve zemlje EU-15 zajedno proizvele su 2560 teravatsati. Približno toliko su i potrošile, 2555 teravatsati, dakle bilanca je praktički zaokružena unutar tih zemalja. Međutim, najveća izvoznica je Francuska, izvezla je te godine

84 teravatsata, dakle preko 7 puta više nego li je u Hrvatskoj ukupno proizvedeno. Najveći uvoznik je Italija, uvezla je te godine 40 teravatsati, dakle preko 11 puta više nego li smo uvezli mi (3,5 teravatsata te godine). Međutim, udjel talijanskog uvoza je 13% ukupne potrošnje, a hrvatskog čak 24%.

Novе zemlje-članice također pokrivaju svojom proizvodnjom vlastitu potrošnju i još imaju znatniji izvoz. Dok je

### Europska unija

Redni broj	Država	Glavni grad	Površina 1000 km <sup>2</sup>	Stanovnika 2003. milijuna	BDP 2001. eura/stan.	BDP % 2001. 100%=EU-15	Snaga elektrana 2002, GW	Proizvod. el. energije 2002, TWh	Potroš. el. energije 2002, TWh
<b>Države-članice EU-15</b>									
1	Austrija	Beč	84	8,1	26100	112	17,8	60,6	58,9
2	Belgija	Bruxelles	31	10,4	25000	107	15,6	78,0	84,0
3	Danska	Copenhagen	43	5,4	26900	115	12,6	37,2	35,2
4	Finska	Helsinki	305	5,2	24300	104	16,7	71,9	83,9
5	Francuska	Pariz	544	59,6	24500	105	115,9	536,0	451,7
6	Grčka	Atena	132	11,0	15700	67	11,0	48,9	50,9
7	Irska	Dublin	70	4,0	27500	118	5,4	24,0	24,0
8	Italija	Rim	301	57,3	23400	100	77,0	270,3	310,4
9	Luksemburg	Luxembourg	3	0,4	45400	194	1,1	3,7	6,1
10	Nizozemska	Hag	34	16,2	26500	113	20,8	93,6	110,0
11	Njemačka	Berlin	357	82,5	23500	100	124,2	544,8	539,6
12	Portugal	Lisabon	92	10,4	16500	71	11,2	44,2	45,4
13	Španjolska	Madrid	505	40,7	19700	84	60,1	233,7	232,1
14	Švedska	Stockholm	411	8,9	24800	106	32,2	143,4	148,7
15	Ujed.Kralj.	London	244	59,3	24600	105	79,7	369,5	374,5
<b>EU-15, ukupno</b>			<b>3156</b>	<b>379,4</b>	<b>23400</b>	<b>100</b>	<b>601,3</b>	<b>2559,8</b>	<b>2555,4</b>
<b>Novе države-članice</b>									
1	Cipar	Nicosia	9,2	0,7	18252	78	1,0	3,6	3,6
2	Češka	Prag	78,9	10,2	14274	61	15,1	70,4	58,5
3	Estonija	Tallin	45,2	1,4	9126	39	2,4	7,6	6,2
4	Latvija	Riga	64,6	2,3	7722	33	2,2	3,7	6,1
5	Litva	Vilnius	65,3	3,5	8658	37	5,8	16,1	9,0
6	Mađarska	Budimpešta	93,0	10,1	11934	51	7,5	33,0	37,2
7	Malta	Valetta	0,3	0,4	16380	70	0,6	2,0	2,0
8	Poljska	Varšava	312,7	38,2	9594	41	30,8	130,9	121,5
9	Slovačka	Bratislava	49,0	5,4	10530	45	7,8	30,6	25,7
10	Slovenija	Ljubljana	20,3	2,0	15912	68	2,7	13,0	11,7
<b>Novе članice, ukupno</b>			<b>738,5</b>	<b>74,2</b>			<b>75,9</b>	<b>310,9</b>	<b>281,5</b>
<b>EU-25, sveukupno</b>			<b>3894,5</b>	<b>453,6</b>			<b>677,2</b>	<b>2870,7</b>	<b>2836,9</b>
<b>Države-kandidati</b>									
1	Bugarska	Sofija	110,9	7,8	6084	26	10,2	38,4	31,3
2	Rumunjska	Bukurešt	238,4	21,8	5616	24	17,3	50,4	47,5
3	Turska	Ankara	774,8	70,2	5616	24	31,8	123,7	126,9
<b>Kandidati, ukupno</b>			<b>1124,1</b>	<b>99,8</b>			<b>59,3</b>	<b>212,5</b>	<b>205,7</b>
<b>U očekivanju statusa kandidata</b>									
1	Hrvatska	Zagreb	56,5	4,4	...	...	3,7	11,3	14,8

ukupna proizvodnja bila 311 teravatsati (2002.), dotle je ukupna potrošnja bila 282 teravatsata, dakle izvezeno je 29 teravatsati, gotovo tri proizvodnje Hrvatske. Najveći izvoznik je Češka, slijedi Poljska, a relativno najveći uvoznik je Latvija koja je te godine uvezla gotovo 40% svojih potreba.

Ukupna proizvodnja električne energije svih 25 članica Europske unije je 2870 teravatsati, što predstavlja petinu sadašnje svjetske proizvodnje, dakle svaki peti kilovatsat na globusu proizvede se u Europskoj uniji s 25 članica!

Izvori: *Key facts and figures about the European Union*, veljača 2004. i Euroelectric 2002.

MK

## ENERGETSKI MIKS EUROPSKE UNIJE S 25 ČLANICA

Nešto preko polovine električne energije proizvede se u termoelektranama na fosilno gorivo, oko trećina u nuklearnim

elektranama i nešto preko deset posto u konvencionalnim hidroelektranama (snage veće od 10 MW). Takvu strukturu proizvodnje imalo je 15 članica Europske unije prije 1. svibnja 2004. godine, a približno istu ukupnu strukturu imat će i 25 članica Unije, nakon 1. svibnja 2004. godine.

Radi usporedbe, navedimo elektroenergetsku bilancu Hrvatske ostvarenu u 2002. godini:

– termoelektrane	5899 GWh	52,3%
– hidroelektrane	5309 GWh	47,1%
– male hidroelektrane	63 GWh	0,6%
<b>Ukupna proizvodnja</b>	<b>11271 GWh</b>	<b>100%</b>

[www.strom.de/3.5.2003](http://www.strom.de/3.5.2003)

MK

### Primarni oblici energije u proizvedenoj el. energiji, 2002 (%)

Zemlja	Ugljen, nafta, plin, drvo	Nuklearno gorivo	Vodne snage	Ostali obn. izvori
Belgija	39	57	2	2
Danska	87	0	0	13
Njemačka	62	29	5	4
Finska	42	30	15	13
Francuska	10	77	12	1
Grčka	93	0	5	2
Ujed.Kraljevstvo	74	22	2	2
Irska	93	0	5	2
Italija	79	0	18	3
Luksemburg	73	0	24	3
Nizozemska	93	4	0	3
Austrija	32	0	65	3
Portugal	80	0	18	2
Švedska	8	46	46	0
Španjolska	58	26	11	5
<b>EU-15</b>	<b>52</b>	<b>33</b>	<b>12</b>	<b>3</b>
Estonija	100	0	0	0
Latvija	35	0	65	0
Litva	15	80	5	0
Malta	100	0	0	0
Poljska	97	0	3	0
Slovačka	29	54	17	0
Slovenija	36	41	23	0
Češka	71	25	4	0
Mađarska	59	39	1	1
Cipar	100	0	0	0
<b>EU-25</b>	<b>54</b>	<b>32</b>	<b>11</b>	<b>3</b>

## **BUDUĆE ENERGETSKE OPCIJE: OSIGURANJE INVESTICIJA U OPSKRBU ELEKTRIČNOM ENERGIJOM**

U sljedećih 10-20 godina treba u Njemačkoj i Europi zamijeniti znatan dio starih kapaciteta za proizvodnju električne energije. Pored toga, u Njemačkoj se moraju izgraditi zamjenski proizvodni kapaciteti, koji će nadomjestiti nuklearne elektrane, čiji će pogon biti obustavljen u idućih dvadesetak godina. Energetsko-politička i poduzetnička stajališta su, da se i u budućnosti treba zalagati za uravnoteženu i konkurentnu miješanu strukturu energenata i proizvodnih tehnologija.

U tom sklopu se poduzećima energetskog gospodarstva nameću sljedeća važna pitanja:

- Kako je moguće na liberaliziranom energetskom tržištu na kojem trenutačno prevladavaju kratkoročni ugovori o nabavi električne energije s veoma izraženom volatilnošću cijena, osigurati povrat sredstava koja treba uložiti u obnovu proizvodnog parka i prijenosne mreže?
- Kako utječu europski i nacionalni zakoni na investicije u energetici?
- Može li se još uopće investirati, prema sadašnjim i sagledivim uvjetima, u nove proizvodne i prijenosne kapacitete?
- Koje se pretpostavke moraju stvoriti, da bi se investiralo u proizvodne i prijenosne objekte?

Da bi se dobili odgovori na navedena i druga pitanja izrađena je studija njemačkih energetskih udruga pod nazivom "Investicije u liberaliziranom tržištu energije: opcije, tržišni mehanizmi, okvirni uvjeti". U studiji je trebalo identificirati sadašnje stanje proizvodnje i opskrbe električnom energijom i analizirati okvirne uvjete za investicije u nove elektrane i mrežu, koji su postali ključni problem liberalizacije tržišta. Studijom je trebalo definirati prihvatljive opcije budućeg energetskog mix-a. Na osnovi sadašnjeg položaja elektroprivrede i postojeće zakonske regulative trebalo je predočiti i vrednovati nužne pretpostavke za investicijske odluke, te definirati potrebnu političku potporu.

Rezultati studije su trebali doprinijeti aktualnim političkim raspravama o budućnosti njemačke elektroenergetike.

Udruga njemačke elektroprivrede je imenovala projektnu grupu u kojoj su sudjelovali predstavnici energetskih udruga VDEW, AGFW, VDN, VGB, VKU i VRE, koji su pratili obradu studije.

Studija je trebala biti izrađena uz pomoć i u suradnji sa stručnim kadrovima pojedinih udruga i poduzeća energetskog gospodarstva za koje je i rađena. Sudjelovanje udruge VGB je jamčilo zastupljenost proizvodnih poduzeća.

Posebna važnost studije se ogleda i u činjenici da je Savezno ministarstvo za gospodarstvo zahtijevalo od udruge VDEW da predoči Energetski program, koji je također obrađen u studiji. Eurelectric je istodobno pokrenuo izradu slične studije za zemlje članice EU, u okviru Radne grupe "Ensuring Investment" za koju je Udruga njemačke elektroprivrede VDEW dala potrebne ulazne podatke i podloge.

Studija je završena u prosincu 2003. godine.

Glavni autor studije je Prof. Wolfgang Pfaffenberger, Bremer Energie Institut

Nositelj VGB projekta: Dr. Peter Hillenbrand, E-mail: peter.hillenbrand@vgb.org

## **REZULTATI PFAFFENBERGER STUDIJE**

### **Izgradnja proizvodnih kapaciteta**

U iduća dva desetljeća u Njemačkoj je potrebno izgraditi 40 000-50 000 MW, novih proizvodnih kapaciteta uglavnom za pokrivanje temeljnog dijela dijagrama električnog konzuma. Za taj opseg izgradnje procjenjuju se ulaganja od oko 400 milijardi € (800 €/kW).

Mnoge inicijative i ostvareni uspjesi u povećanju učinkovitosti i smanjenju specifične potrošnje električne energije posljednjih desetljeća, rezultirale su odvajanjem rasta potrošnje električne energije električnih uređaja i postrojenja od gospodarskog rasta. Ta će se tendencija i nadalje nastaviti, tako da se u Njemačkoj očekuje godišnji rast potrošnje električne energije od oko 0.5%. Razlozi leže u rastu domaćeg bruto proizvoda, rastu važnosti informacijske i komunikacijske tehnike, kao i rastu potrošnje električne energije u industriji u kojoj je električna energija osnovna osuvremenjivanja i inovacija tehnoloških procesa.

Istodobno se smanjuje potrošnja toplinske energije zahvaljujući energetskoj kvaliteti zgrada (toplinskoj izolaciji i primjeni učinkovitih toplinskih uređaja i postrojenja).

### **Fosilna goriva ostaju temelj proizvodnje električne energije**

Fosilna goriva ostaju dugoročni pouzdan oslonac za proizvodnju električne energije. Njemačka raspolaže velikim pričuvama smeđeg ugljena i lignita, koji predstavljaju jeftin potencijal za ublažavanje potencijalnih rizika uvjetovanih povećanjem cijena na svjetskom tržištu i ugrožavanjem sigurnosti opskrbe. Kameni ugljen je u svijetu raspoloživ u dovoljnim količinama i geopolitički povoljno razmješten, te stoga predstavlja pouzdan oslonac u proizvodnji električne energije u iduća dva stoljeća. Glavni problem u korištenju ugljena za proizvodnju električne energije leži u njegovoj CO<sub>2</sub> emisiji.

CO<sub>2</sub> bilanca prirodnog plina je povoljnija od ugljena. Njegova veća primjena u proizvodnji električne energije predstavlja određeni rizik, zbog relativno malog broja dobavljača plina, i zbog mogućnosti znatnijeg rasta cijena plina uvjetovanog velikom potražnjom i nesigurnošću opskrbe. Sa stajališta rizika, ugljen i nadalje ostaje osnovni energent na kojeg treba računati u proizvodnji električne energije.

### **Obnovljivi izvori energije: ekološki prihvatljivi, neekonomični i nepouzđani izvori**

Obnovljivi izvori energije su donedavno u Njemačkoj neznatno doprinosili proizvodnji električne energije, ali posljednjih godina je znatno porastao njihov doprinos. Tehnički potencijal obnovljivih izvora je znatan, njihovo korištenje u proizvodnji električne energije je ograničeno zbog neekonomičnosti. Slabosti se prvenstveno ogledaju u nepouzdanosti proizvodnji (sunce, vjetar) i velikim udaljenostima između mjesta proizvodnje i potrošnje energije, što je karakteristično za vjetroelektrane.

### **Tehnološki napredak omogućuje rast učinkovitosti pretvorbe energije i smanjenje CO<sub>2</sub> emisije**

Daljnji tehnološki razvoj parnih elektrana usmjeren je na povećanje stupnja korisnog učinka postrojenja, čime se smanjuje potrošnja fosilnih goriva, a time i CO<sub>2</sub> emisija.

Zamjenom postojećih konvencionalnih termoelektrana na kameni ugljen i lignit u Njemačkoj, moguće je s današnjeg prosječnog stupnja korisnog učinka od oko 38% dosegnuti električni neto stupanj korisnog učinka oko 50%.

Sa stajališta zaštite klime, interesantni koncepti izdvajanja CO<sub>2</sub> i njegovog skladištenja nisu ostvarivi za predstojeći investicijski ciklus (2010-2020).

U kombi elektranama s prirodnim plinom do 2020. godine moguće je očekivati neto stupanj korisnog učinka preko 60%.

Zahvaljujući daljnjem tehnološkom razvoju na području korištenja obnovljivih izvora u proizvodnji električne energije, može se očekivati znatno sniženje specifičnih troškova proizvodnje i njihov značajniji doprinos nakon 2020.

### **Korištenje gospodarskih potencijala spojnog procesa**

Spojni proces istodobne proizvodnje električne i toplinske energije, nasuprot odvojenoj proizvodnji je značajan po uštedi primarne energije i nižoj CO<sub>2</sub> emisiji. Sa stajališta zaštite klime, spojni proces ima važnu ulogu i troškovno je povoljniji način smanjenja CO<sub>2</sub> emisije u odnosu na obnovljive izvore.

U zimskom razdoblju pri maksimalnoj potrošnji topline je istodobno i visoka potrošnja električne energije, a daje se prednost proizvodnji toplinske energije. Pretpostavka za spojni proces je osigurana dugoročna potrošnja topline i ekonomičan prijenos topline do potrošača.

### **Ne sagledava se pomak na tržištu u korist decentralizirane proizvodnje električne energije**

U nedavnoj prošlosti očekivano je da će decentralizirana proizvodnja električne energije moći značajnije doprinijeti rješavanju problema buduće opskrbe. Kod decentralizirane proizvodnje radi se o proizvodnji električne energije i topline u malim postrojenjima u blizini potrošnje. Ekonomičan pogon zahtijeva u pravilu i korištenje potencijala proizvodnje toplinske energije.

Proboj decentraliziranih jedinica na tržište ovisi o razlici budućih troškova između decentraliziranih i centraliziranih proizvodnih opcija. Tržište bi profitiralo kad bi ta postrojenja s obzirom na njihove investicijske troškove i učinkovitost pretvorbe energije mogla konkurirati centralnoj proizvodnji. Za sada je prednost u korist centralne proizvodnje.

### **Trend rasta cijena na tržištu daje ohrabrujući signal investitorima**

Smanjenjem viškova proizvodnih kapaciteta u Njemačkoj, liberalizacija tržišta ulazi u novu fazu. Početak liberalizacije bio je karakterističan po znatnom smanjenju cijena električne energije. Računa se da bi rast cijena električne energije trebao ići do razine koja bi novim proizvodnim jedinicama osigurala ekonomski podnošljiv pogon. Tržište treba riješiti problem investiranja u nove objekte. Ne bi se smio dogoditi utjecaj državnih ili regulatornih tijela na kretanje i razinu tržišnih cijena.

Od posebne je važnosti da se za temeljno opterećenje mogu koristiti troškovno povoljni energenti, tako da cijene električne energije za potrošače ostanu na gospodarski opravdanoj razini.

### **Ostvariti učinkovitu i konkurentski neutralnu zaštitu okoliša**

Mora se izbjeći moguća deformacija tržišnih procesa trgovinom certifikatima za CO<sub>2</sub> emisiju ili primjenom drugih poseb-

nih političko-ekoloških mjera. Staklenički plinovi moraju se tamo smanjivati, gdje je to gospodarski moguće i opravdano uz najniže troškove.

Za potrošače električne energije koji su izloženi konkurenciji, od velike je važnosti da financijska opterećenja za zaštitu okoliša ne oslabe njihovu konkurentsku sposobnost na tržištu. Politika zaštite okoliša mora uzeti u obzir sposobnost gospodarstva na prilagodbu.

### **Zaključci studije**

Njemačka država je donijela temeljne odluke usmjerene na liberalizaciju tržišta energije. Tržištu treba prepuštiti da utječe na dugoročna i kapitalno intenzivna ulaganja u proizvodni park i prijenosnu mrežu. Ono treba odašiljati nužne signale za pokretanje novog investicijskog ciklusa. Da bi se na tržištu električne energije, karakterističnom po konkurentnim odnosima na području troškova i proizvodnih cijena, omogućilo investiranje u objekte za proizvodnju električne energije, treba onemogućiti utjecaj države na proizvodno tržište električne energije. Svako upletanje države u tržišne procese bi obeshrabrilo potencijalne investitore i ne bi doprinijelo željenoj sigurnosti opskrbe.

Poticanje obnovljivih izvora u Njemačkoj trebalo bi biti utemeljeno na njihovoj ekonomičnosti i doprinosu ostvarivanju proklamiranih ekološko-političkih ciljeva.

Treba poboljšati integraciju proizvedene električne energije iz obnovljivih izvora u opskrbni sustav izgradnjom potrebnih prijenosnih kapaciteta i osiguranjem potrebne energije uravnoteženja.

Planirano uvođenje trgovine certifikatima CO<sub>2</sub> emisije predstavlja važan korak u *internaliziranju* vanjskih troškova električne energije. Treba izbjeći potencijalni nepovoljan utjecaj trgovine CO<sub>2</sub> emisijom na tržište električne energije. *Alokacija* CO<sub>2</sub> certifikata trebala bi biti tako oblikovana da se mogu potvrditi na tržištu posebno učinkoviti proizvodni sustavi.

Zbog sigurnosti opskrbe i ekonomičnosti proizvodnje, trebalo bi i u 2020. godini, ostvariti značajnu proizvodnju električne energije u elektranama na bazi lignita i kamenog ugljena.

Državnom potporom istraživanju i razvoju u energetici treba izbjeći konflikte između proklamiranih ciljeva: sigurnost opskrbe, ekonomičnost i ekološka podnošljivost. Treba intenzivirati istraživanja i razvoj, na strani ponude (rast učinkovitosti fosilno loženih elektrana, integracija energije iz obnovljivih izvora u opskrbni sustav), i na strani potrošnje (racionalno korištenje energije). Treba uzeti u obzir sve energente i sve tehnološke opcije.

Bremer Energie Institut:

Investitionen im liberalisierten Energiemarkt: Optionen, Marktmechanismen, Rahmenbedingungen (Kurzfassung, Januar 2004.)

e-mail [info@bremer-energie-institut.de](mailto:info@bremer-energie-institut.de)

doc

## **STUDIJA IZVODLJIVOSTI SUVREMENE REFERENTNE ELEKTRANE NA KAMENI UGLJEN**

VGB Power Tech e.V, europska stručna udruga za proizvodnju električne energije i topline sa sjedištem u Essenu predstavila je na konferenciji za tisak Ministarstva za promet i energiju Nordrhein-Westfalen 14. prosinca 2003. godine rezultate studije posvećene suvremenoj referentnoj elektrani

na kameni ugljen. Studija koja je izrađena pod vodstvom VGB o izvodljivosti nove referentne elektrane na kameni ugljen, kao i studija Prof. Pfaffenberga su došle do istog zaključka, da postojeći proizvodni park električne energije u Njemačkoj, uz zadržavanje uravnoteženog energetskeg mix-a svih energenata, treba u sljedeća dva desetljeća obnoviti snagom 40 000 – 50 000 MW. Ugljen bi, prema navedenim studijama, trebao i nadalje imati značajnu ulogu u proizvodnji električne energije.

Ne postoji idealan energent, koji bi u jednakoj mjeri zadovoljio zahtjeve ekonomičnosti, sigurnosti opskrbe i zaštite okoliša. Stoga se moraju držati otvorenim sve energetske opcije, za koje se moraju jamčiti jednaki konkurentni uvjeti na tržištu. Suvremene elektrane na ugljen mogu doprinijeti ne samo smanjenju rizika rasta cijene i nesigurnosti opskrbe, nego i smanjenju CO<sub>2</sub> emisije s trenutno dostignutim neto stupnjem korisnog učinka od 46%. Daljnjim optimiranjem materijala, komponenti i tehnoloških procesa, u okviru istraživačkih projekata koji su u tijeku, očekuje se da će buduće elektrane na ugljen ostvariti dodatni razvojni potencijal, s učinkovitošću većom od 50%.

*VGB Info – Aktuelle Information*

Essen, Januar/Februar 2004.

doc

## REFERENTNA ELEKTRANA NA KAMENI UGLJEN JEDINIČNE SNAGE 600 MW

Sigurnost opskrbe, stavljanje na raspolaganje jeftine električne energije, što manja potrošnja energetske resursa, su osnovni zahtjevi koji se postavljaju pred proizvođače energetske opreme i proizvođače električne energije. S ciljem da se razvije koncept elektrane na kameni ugljen, koji će biti dugoročno konkurentan i ekološki prihvatljiv i koji će voditi računa o navedenim zahtjevima, izrađena je studija pod nazivom “Konceptijska studija referentne elektrane Nordrhein-Westfalen”, skraćeno nazvana RKW - NRW. Studiju je financirala vlada pokrajine Nordrhein-Westfalen i Europska unija (Europski fond za regionalni razvoj EFRE). Bitan cilj konceptijske studije bio je ostvarivost suvremene učinkovite elektrane s minimalnim utjecajem na okoliš.

Pri obradi koncepta postrojenja elektrane razmatrano je mnoštvo inovativnih prijedloga. Inovacije su vrednovane prema njihovoj ekonomičnosti i primjenjivosti s obzirom na raspoložive materijale i tehnologije.

Koncept elektrane se temelji na 600 MW jedinici s optimiranim komponentama i sustavima, kojim se postiže stupanj korisnog učinka oko 46 posto. S određenim tehničkim mjerama moguće je dostići stupanj korisnog učinka preko 48 posto, doduše uz druge lokacijske uvjete i uz druge gospodarske okvirne uvjete koji zasad ne postoje.

Sa stupnjem korisnog učinka od 46 posto referentna elektrana premašuje prosječni stupanj korisnog učinka postojećih termoelektrana na kameni ugljen za 25 posto. Njenom primjenom bi se značajno doprinijelo smanjenju CO<sub>2</sub> emisije.

Za izgradnju takve elektrane ovog časa ne postoje gospodarske pretpostavke, jer trenutna razina cijene električne energije na tržištu ne može pokriti njene troškove proizvodnje. Osim toga, neizvjesno je buduće opterećenje elektrana na ugljen mjerama zaštite klime. Po svemu sudeći, investicijska odluka o izgradnji takve elektrane ovisit će o kretanju

cijena električne energije na tržištu i zahtjevima usmjerenim na zaštitu klime, koji će se postavljati na proizvodnju električne energije na bazi ugljena.

## Provedba projekta i okvirni uvjeti

U izradi ove opsežne studije su sudjelovali proizvođači energetske opreme Babcock Borsig Power Systems i Siemens AG. Okvirne uvjete za dimenzioniranje referentne elektrane su definirali stručnjaci koncerna E.ON Kraftwerke, RWE Power i STEAG.

U izradi studije sudjelovale su i znanstvene organizacije “Lehrstuhl für Energiewirtschaft der Universität Duisburg-Essen”, “Wuppertal Institut für Klima Umwelt Energie”, Rheinisch-Westfälische Institut für Wirtschaftsforschung”, koji su istraživali ekonomske, ekološke i strukturno političke aspekte.

Koordinaciju projekta preuzeo je VGB Power Teche e. V.

## Nadmoćna tehnika elektrane na kameni ugljen

Referentna elektrana predstavlja tehnologiju koja se već danas može ostvariti. U usporedbi sa svjetskim prosječnim stupnjem korisnog učinka termoelektrana na kameni ugljen od 30 posto, RKW ima 50 posto veći stupanj korisnog učinka. Na taj način referentna elektrana može dati odlučujući doprinos ekonomski atraktivnoj i klimatski relativno povoljnoj opskrbi električnom energijom. Ona se trenutno predočuje kao ekonomična opcija, ako ne dođe do značajnijeg poravnog opterećenja proizvodnje električne energije, temeljenog na Europskim smjernicama o trgovini CO<sub>2</sub> certifikatima od 25.10.2003. godine.

Usporediva ekonomična rješenja u području elektrana velikih snaga na fosilna goriva su i napredna postrojenja ložena smeđim ugljenom (BoA), te kombi elektrane na prirodni plin.

Uspoređujući ekonomičnost alternativnih elektrana, jedino je cijena proizvodnje električne energije nešto niža kod elektrane na smeđi ugljen, zahvaljujući niskim troškovima goriva, obično raspoloživog u blizini elektrane. Za poduzeća koja imaju osiguran pristup domaćem ugljenu, izgradnja termoelektrana za bazni pogon, predstavlja veliku prednost s aspekta cijene goriva i sigurnosti opskrbe.

Konzeptstudie Referenzkraftwerk

Nordrhein-Westfalen (Kurzbericht)

VGB Power Tech e.V. e-mail: hans - joachim.meier@vgb.org

doc

## ALSTOM DOBIO UGOVOR U VRIJEDNOSTI OD 110 MILIJUNA EURA ZA IZGRADNJU KOMBI ELEKTRANE U INDIJI

Radi se o izgradnji kombi elektrane snage 228 MW po sistemu “ključ u ruke”, za poduzeće GVK Industries Ltd u Indiji. Elektrana se gradi od siječnja 2004. godine u blizini mjesta Jegurupadu u državi Andra Pradesh na istoku Indije.

Alstom je izgradio sredinom devedesetih godina prvu fazu kombi elektrane Jegurupadu snage 235 MW, koja se bazira na tehnologiji plinske turbine GT8C2. To je prva indijska IPP elektrana.

Nova proizvodna jedinica s plinskim turbinama GT13E2 je svojom konstrukcijom, izvedbom i načinom pogona koncipirana za maksimalno iskorištenje goriva i minimalni utjecaj na okoliš. Pored isporuke kompletne opreme, Alstom

je odgovoran za građevinske radove, montažu, puštanje u pogon i vođenje probnog pogona.

*VGB Power Tech 3/2004. (www.alstom.de)*

doc

### **ALSTOM DOBIO UGOVORE U KINI ZA ISPORUKU 6 TURBO-GRUPA**

Alstom i kineska kompanija Beijing Beizhong Steam Turbine Generator Co čine konzorcij, koji je u Kini zaključio dva ugovora u vrijednosti od oko 180 milijuna eura. Alstom sudjeluje sa oko 90 milijuna eura. Radi se o isporuci 6 turbo-grupa (parne turbine i generatori) ukupne snage 3 600 MW.

Prvi ugovor sklopljen s elektranom Guodian Hebei Longshan, odnosi se na isporuku dvije parne turbo-grupe jedinične snage po 600 MW. Prva turbo-grupa bit će isporučena u svibnju 2006. godine. Probni pogon je planiran godinu dana kasnije. Druga turbo-grupa bit će isporučena u studenom 2006. godine.

Drugi se ugovor odnosi na isporuku četiri turbo-grupe s nadkritičnim parametrima jedinične snage po 600 MW, za kinesku tvrtku Power International Corporation. Dvije turbo-grupe bit će postavljene u elektrani Pigwei u provinciji Hubei i dvije u elektrani Huangangu u provinciji Anhui.

Prva turbo-grupa treba biti isporučena u lipnju 2006. i treba ući u pogon godinu dana kasnije. Ostale dvije slijede u razmacima od 6 mjeseci.

Alstom je preuzeo ukupno tehničko vođenje i isporuku većeg dijela Hardware-a.

*VGB Power Tech 3/2004. (www.alstom.de)*

doc

### **BABCOCK ENERGIETECHNIK POSLUJE POD NOVIM IMENOM BABCOCK-HITACHI EUROPE**

Krajem 2003. godine je koncern Hitachi iz Japana preuzeo i posljednjih 10% udjela poduzeća Babcock Borsig Power Systems, koje je bilo u vlasništvu tvrtke Babcock Borsig AG. Već u proljeće 2003. godine koncern Hitachi je preuzeo 90% udjela firme Babcock Borsig Power Systems. U preuzetom društvu je objedinjen know-hov i kompetencija nekadašnjeg poslovnog područja Energietechnik poduzeća Babcock Borsig AG. Potpunim preuzimanjem društva novi vlasnik je promijenio raniji naziv društva, koje sada posluje pod imenom: Babcock Hitachi Europe GmbH (BHE) sa sjedištem u

Oberhausenu. BHE će pokrivati kupce energetske tehnike i zaštite okoliša fosilno loženih elektrana iz Europe, bivšeg SSSR-a, Turske, Srednjeg Istoka, Indije i Afrike.

*VGB Power Tech 3/2004. (www.babcock-hitachi.de)*

doc

### **SUNČANA ELEKTRANA MONT-SOLEIL S REKORDNOM PROIZVODNJOM ELEKTRIČNE ENERGIJE U 2003. GODINI**

Neprestano lijepo vrijeme prošle godine, donijelo je najvećoj švicarskoj sunčanoj elektrani Mont-Soleil rekordnu proizvodnju električne energije od 650 000 kWh. Elektrana je izgrađena prije 12 godina, u okviru projekta istraživanja i razvoja novih tehnologija korištenja sunčeve energije. Vlasništvo je poduzeća BKW FMB Energie AG. Smještena je na visini od 1200 metara iznad morske razine.

2003. godina bila je sunčana i manje vjetrovita godina. U blizini sunčane elektrane izgrađena je i najveća švicarska vjetroelektrana JUVENT SA, u vlasništvu istog poduzeća. Vjetroelektrana je prošle godine ostvarila manju proizvodnju električne energije za 15%. S većom nazivnom snagom, vjetroelektrana je ipak proizvela sedam puta više električne energije od sunčane elektrane.

*VGB Power Tech 3/2004. (www.bkw-fmb.ch)*

doc

### **RWE POWER NIJE PREDAO ZAHTJEV ZA DOZVOLU IZGRADNJE BoA2**

Jedno od najvećih njemačkih elektroprivrednih poduzeća za proizvodnju električne energije RWE Power namjeravalo je u ožujku 2004. godine podnijeti zahtjev za izgradnju druge jedinice snage 1000 MW koja bi koristila domaći smeđi ugljen. Prva jedinica je puštena u pogon prije nekoliko godina s ostvarenim stupnjem korisnog učinka preko 43%. Predviđeno je da se u izgradnju druge jedinice investira preko milijardu €.

Nakon što je Savezno ministarstvo za okoliš dalo prijedlog za oblikovanje Nacionalnog alokacijskog plana (NAP), koji vodi diskriminaciji ugljena kao goriva za proizvodnju električne energije, poslovodstvo RWE koncerna je odlučilo pričekati s predajom zahtjeva za dozvolu izgradnje BoA2, očekujući daljnju raspravu o NAP-u.

*VGB Power Tech 3/2004. (www.rwepower.com)*

doc



## Časopis Hrvatske elektroprivrede

Uredništvo i uprava:  
Zagreb, Ulica grada Vukovara 37  
Godišnja pretplata 480,00 kn

	<p>ENERGIJA 1477 <span style="float: right;">UDK 621.316.1:658.516 PREGLEDNI ČLANAK</span></p> <p style="text-align: center;">ENERGIJA 53/2004/4, 249 – 257</p> <p style="text-align: center;"><b>STRATEGIJA INTEGRACIJE PODATAKA O DISTRIBUCIJSKOJ MREŽI ZASNOVANOJ NA IEC STANDARDIMA</b></p> <p style="text-align: center;"><i>Mr. sc. Lahorko Wagmann, dipl. ing. – dr. sc. Srđan Žutobradić, dipl. ing.</i></p> <p style="text-align: center;">Energetski institut "Hrvoje Požar", Savska 163, 10000 Zagreb, Hrvatska</p> <p>Uredno vođenje i dostupnost podataka o distribucijskoj mreži ima važnu ulogu kako u općem poslovanju, tako i samom upravljanju mrežom. Nedostatak podataka i nemogućnost dobivanja određenih statistika usporava proces odlučivanja i dovodi do pogrešnih odluka. Podaci se često prikupljaju ad-hoc za različite namjene. Zahtjevi za podacima često dolaze i neovisno jedni o drugima tako da se isti podaci prikupljaju i po nekoliko puta. Tijekom razvoja informatičke podrške u elektrodistribucijskoj djelatnosti, kako u Hrvatskoj tako i u svijetu, nije postojala neka norma koja bi, makar na logičkoj i podatkovnoj razini, dovela do određene uniformnosti strukture podataka. U posljednje vrijeme međunarodna elektrotehnička komisija (IEC) tehnički komitet 57 (TC 57), radna grupa 14 (WC 14 - Working Group 14), koja je razvila niz standarda IEC 61968, daje okvire koji omogućuju integraciju podataka na temeljenu na standardima.</p> <p>(Lit. 15, sl. 7 – original na hrvatskom jeziku)</p> <p style="text-align: right;">Autori ISSN 0013-7448 ENJAAC 53/4/249 – 257/2004.</p>
	<p>ENERGIJA 1478 <span style="float: right;">UDK 621.316.1:658.26 IZVORNI ZNANSTVENI ČLANAK</span></p> <p style="text-align: center;">ENERGIJA 53/2004/4, 271 – 282</p> <p style="text-align: center;"><b>PRAĆENJE POKAZATELJA KVALITETE OPSKRBE ELEKTRIČNOM ENERGIJOM NA PODRUČJU ELEKTROPRIMORJA RIJEKA</b></p> <p style="text-align: center;"><i>Mr. sc. Vitomir Komen, dipl. ing. – Boris Krstulja, dipl. ing.</i></p> <p style="text-align: center;">HEP Distribucija d.o.o. – DP Elektroprimorje, Viktora Cara Emina 2, 51000 Rijeka, Hrvatska</p> <p>U sklopu sveukupnih priprema za poslovanje na otvorenom tržištu električne energije, a s obzirom da ne postoje odgovarajuće smjernice i pravila u europskoj i domaćoj literaturi, u distribucijskom području Elektroprimorje Rijeka je 2000. g. razrađen i uspostavljen izvorni sustav praćenja pokazatelja kvalitete opskrbe kupaca električnom energijom.</p> <p>U ovom radu, u prvom dijelu je prikazana struktura sustava, metodologija prikupljanja, unosa, obrade i prikaza rezultata. U drugom dijelu detaljno su prikazani rezultati praćenja pokazatelja kvalitete opskrbe električnom energijom kupaca na području DP Elektroprimorje Rijeka u razdoblju od 2001. g. - 2003. g. Rezultati omogućuju usporedbu s distribucijama u Europi i svijetu te usmjeravanje aktivnosti za poboljšanje kvalitete opskrbe.</p> <p>(Lit. 12, sl. 15 – original na hrvatskom jeziku)</p> <p style="text-align: right;">Autori ISSN 0013-7448 ENJAAC 53/4/271 – 282/2004.</p>
	<p>ENERGIJA 1479 <span style="float: right;">UDK 621.315.05:621.3.016.2 PRETHODNO PRIOPĆENJE</span></p> <p style="text-align: center;">ENERGIJA 53/2004/4, 259 – 270</p> <p style="text-align: center;"><b>MINIMIZIRANJE GUBITAKA DJELATNE SNAGE NEWTONOVOM METODOM NA PRIMJERU HRVATSKOG EES-a</b></p> <p style="text-align: center;"><i>Mr. sc. Tomislav Plavšić, dipl. ing. – mr. sc. Vladimir Grujić, dipl. ing.</i></p> <p style="text-align: center;">Hrvatski nezavisni operator sustava i tržišta d.o.o., Ul. grada Vukovara 37, 10000 Zagreb, Hrvatska</p> <p style="text-align: center;"><i>dr. sc. Igor Kuzle, dipl. ing.</i></p> <p style="text-align: center;">Fakultet elektrotehnike i računarstva – Zavod za visoki napon i energetiku Unska 3, 10000 Zagreb, Hrvatska</p> <p>U radu je opisan problem optimalnih tokova snaga s naglaskom na minimiziranje gubitaka djelatne snage. Predloženo je rješavanje problema Newtonovom metodom, tehnikom nelinearnog optimiranja s ograničenjima. Opisana metoda ispitana je na modelu prijenosne mreže Hrvatske. Za ulazne podatke proračuna korišteni su stvarni podaci. Rezultati su pokazali opravdanost optimiranja tokova snaga radi ekonomičnog upravljanja prijenosnom mrežom te održavanja sigurne razine napona u sustavu.</p> <p>(Lit. 19, sl. 5 – original na hrvatskom jeziku)</p> <p style="text-align: right;">Autori ISSN 0013-7448 ENJAAC 53/4/259 – 270/2004.</p>

UDK 621.315.05:621.3.016.2

*Optimalni tokovi snaga  
Newtonova metoda  
Upravljanje elektroenergetskim  
sustavom*

- I. Minimiziranje gubitaka djelatne snage hrvatskog EES-a  
*I. Plašić, T. – Gruić, V. – Kuzle, I.*  
Hrvatski nezavisni operator sustava i tržišta d.o.o., Ul. grada Vukovara 37, 10000 Zagreb, Hrvatska – Fakultet elektrotehnike i računalstva – Zavod za visoki napon i energetiku  
Unska 3, 10000 Zagreb, Hrvatska
- II. Hrvatski nezavisni operator sustava i tržišta d.o.o., Ul. grada Vukovara 37, 10000 Zagreb, Hrvatska – Fakultet elektrotehnike i računalstva – Zavod za visoki napon i energetiku  
Unska 3, 10000 Zagreb, Hrvatska

ENERGIJA 1479

UDK 621.316.1:658.26

*Kvaliteta opskrbe  
Pokazatelji kvalitete opskrbe  
Distribucijska mreža*

- I. Praćenje pokazatelja kvalitete opskrbe električnom energijom na području Elektroprimorja Rijeke  
*I. Komen, V. – Krstulja, B.*  
HEP Distribucija d.o.o. – DP Elektroprimorje, Viktora Cara Emila 2, 51000 Rijeka, Hrvatska
- II. HEP Distribucija d.o.o. – DP Elektroprimorje, Viktora Cara Emila 2, 51000 Rijeka, Hrvatska

ENERGIJA 1478

UDK 621.316.1:658.516

*Baza podataka  
Sadržaj podataka  
CIM  
XML  
IEC 61968*

- I. Strategija integracije podataka o distribucijskoj mreži zasnovanoj na IEC standardima  
*I. Wagnam, L. – Zubovadić, S.*  
Energetski institut "Hrvoje Požar", Savska 163, 10000 Zagreb, Hrvatska
- II. Energetski institut "Hrvoje Požar", Savska 163, 10000 Zagreb, Hrvatska

ENERGIJA 1477

## Časopis Hrvatske elektroprivrede

Uredništvo i uprava  
Zagreb, Ulica grada Vukovara 37  
Godišnja pretplata 480,00 kn

	<p>ENERGIJA 1480 <span style="float: right;">UDK 621.3.053:518 STRUČNI ČLANAK</span></p> <p style="text-align: center;">ENERGIJA 53/2004/4, 283 – 293</p> <p style="text-align: center;"><b>NUMERIČKI ALGORITAM ZA PRORAČUN OTPORA RASPROSTIRANJA ŠTAPNOG UZEMLJIVAČA PRIMJENOM METODE INTEGRALNIH JEDNADŽBI</b></p> <p style="text-align: center;"><i>Tomislav Barić, dipl. ing. - prof. dr. sc. Srete Nikolovski, dipl. ing.</i> Elektrotehnički fakultet, Kneza Trpimira 2b, 31000 Osijek, Hrvatska <i>prof. dr. sc. Zijad Haznadar, dipl. ing.</i> Fakultet elektrotehnike i računarstva, Unska 3, 10000 Zagreb, Hrvatska</p> <p>Sve dostupnija osobna računala (PC) te porast njihove procesorske moći (oko 2 puta svakih 18 mjeseci, – zakonitost koju je zapazio Gordon Moore davne 1965. godine) otvorila su vrata upotrebi osobnih računala u gotovo svim područjima elektrotehnike, pa tako i elektroenergetike. Iako je cijena osobnih računala s obzirom na procesorsku moć u stalnom padu, mnogi profesionalni specijalizirani programski alati za proračune elektromagnetske kompatibilnosti zbog stalnog porasta cijene postaju sve nedostupniji manjim poduzećima i zainteresiranim pojedincima. Izlaz iz ovakve situacije jedino je moguć razvojem vlastitog, ovisno o namjeni specijaliziranog programskog alata. U članku je prikazan način kako se može upotrebom relativno jeftinog (oko 500 €) matematičkog paketa “opće namjene” “Mathcad 2000” izvršiti proračun otpora uzemljenja. Za proračun otpora uzemljenja korišteno je računalo na bazi Pentium III (667 MHz) procesora s 256 Mb radne memorije. Rezultat dobiven predstavljenim algoritmom i korištenjem programskog paketa Mathcad uspoređen je s rezultatom dobivenim korištenjem suvremenog profesionalnog programskog paketa CDEGS (Current Distribution Electromagnetic Interference Grounding and Soils Structure Analysis) kanadskog proizvođača: “Safe Engineering Services &amp; Technologies Ltd.”, kojemu je točnost provjerena na međunarodnoj razini, brojnim mjerenjima i uspoređivanjem s drugim programskim paketima.</p> <p style="text-align: right;">Autori ISSN 0013-7448</p> <p>(Lit. 9, sl. 10 – original na hrvatskom jeziku) <span style="float: right;">ENJAAC 53/4/283 – 293/2004.</span></p>
	<p>ENERGIJA 1481 <span style="float: right;">UDK 621.315.21:338.52 STRUČNI ČLANAK</span></p> <p style="text-align: center;">ENERGIJA 53/2004/4, 295 – 302</p> <p style="text-align: center;"><b>SMANJENJE TROŠKOVA KABLIRANJA POVEĆANJEM MEHANIČKE OTPORNOSTI SREDNIONAPONSKOG XHE 49 A KABELA</b></p> <p style="text-align: center;"><i>Mr. sc. Krešimir Škeljo, dipl. ing.</i> Elka kabeli d.o.o., Žitnjak b.b., 10000 Zagreb, Hrvatska</p> <p>U članku se razmatraju europski trendovi u razvoju plašta srednjenaponskog kabela te analizira kako nove konstrukcije kabela mogu biti pogodnije za ukapanja kabela izravno u zemlju bez upotrebe posteljice, te kako takav način polaganja smanjuje ukupne troškove polaganja.</p> <p>Obrađuje se laboratorijsko mehaničko ispitivanje XHE 49-A 1x150/25 mm<sup>2</sup> 12/20 kV kabela na udarce i stalni pritisak ostrim predmetom i tako simulira moguća naprezanja do kojih može doći prilikom polaganja kabela na terenu. Prikazuju se nove konstrukcije kabela koje mogu biti upotrebljene za izravno polaganje kabela bez upotrebe posteljice.</p> <p>(Lit. 6, sl. 8 – original na hrvatskom jeziku)</p> <p style="text-align: right;">Autor ISSN 0013-7448</p> <p style="text-align: right;">ENJAAC 53/4/295 – 302/2004.</p>
	<p>ENERGIJA 1482 <span style="float: right;">UDK 697.34:621.311 IZVORNI ZNANSTVENI ČLANAK</span></p> <p style="text-align: center;">ENERGIJA 53/2004/4, 303 – 321</p> <p style="text-align: center;"><b>OPTIMIZACIJA SUSTAVA ZA ZAJEDNIČKU PROIZVODNJU TOPLINSKE I ELEKTRIČNE ENERGIJE U DRVNOJ INDUSTRIJI</b></p> <p style="text-align: center;"><i>Mr. sc. Vedran Uran, dipl. ing.</i> EETEK d.o.o. za tehnologije energetske učinkovitosti, Ilica 52, 10000 Zagreb, Hrvatska</p> <p>Sektor drvene industrije u gospodarstvu Hrvatske predstavlja jednu od strateških izvoznih grana. Cijena i troškovi energije značajno utječu na konkurentnost proizvoda pojedinih drvo-prerađivačkih tvrtki. Na osnovi analize potrošnje toplinske i električne energije u drvnoj industriji te navođenja pretpostavki i uvjeta, postavljen je matematički model za toplinsko-ekonomsku optimizaciju sustava za zajedničku proizvodnju toplinske i električne energije koristeći drvenu biomasu kao pogonsko gorivo. Tim se matematičkim modelom određuje najniža toplinska snaga pri kojoj zajednička proizvodnja toplinske i električne energije postaje isplativija u odnosu na odvojenu proizvodnju. Isplativost ulaganja u sustav zajedničke proizvodnje toplinske i električne energije utvrđuje se na osnovi vremena povratka kapitala kao veličini koja ovisi o vrijednostima toplinske snage. Primjena matematičkog modela prikazana je na primjeru drvo-prerađivačke tvrtke u Hrvatskoj. Osjetljivost postavljenog matematičkog modela ispitana je promjenom vrijednosti pojedinih veličina koje utječu na isplativost ulaganja u sustav za zajedničku proizvodnju toplinske i električne energije. Pri kraju rada uslijedila je diskusija i izrada zaključka.</p> <p>(Lit. 18, sl. 16 – original na hrvatskom jeziku) <span style="float: right;">Autor ISSN 0013-7448</span></p> <p style="text-align: right;">ENJAAC 53/4/303 – 321/2004.</p>

ENERGIJA 1480

1. Numerički algoritam za proračun otpora rasprostiranja štapnog uzemljivača primjenom metode integriranih jednadžbi  
*Barić, T – Haznadar, Z – Nikolovski, S.*  
Elekrotehnički fakultet, Kneza Trpimira 2B, 31000 Osijek, Hrvatska –  
Fakultet elektrotehnike i računarstva, Unska 3, 10000 Zagreb, Hrvatska

II.

*Metoda integriranih jednadžbi uzemljivača*  
*Distribucija struje od voda iz*  
*Opor rasprostiranja*

UDK 621.3.053:518

ENERGIJA 1481

1. Smanjenje troškova kabiranja povećanjem mehaničke otpornosti srednjenaoponskog XHE 49 A kabela  
*Škeljo, K.*  
Eika kabele d.o.o., Zimjak b.b., 10000 Zagreb, Hrvatska

II.

*Smanjenje troškova*  
*Mehanička opterećenja plastu*  
*Srednjaoponski kabele*

UDK 621.315.21:338.52

ENERGIJA 1482

1. Optimizacija sustava za zajedničku proizvodnju toplinske i električne energije u drvoj industriji  
*Uran, V.*  
EETEK d.o.o. za tehnologije energetske učinkovitosti, Ilica 52, 10000 Zagreb, Hrvatska

II.

*Drvena industrija*  
*Drvena biomasa*  
*Zajednička proizvodnja toplinske i električne energije*  
*Optimizacija*

UDK 697.34:621.311

## Review of electricity of Croatia

Editorial and advertisements offices:  
Zagreb, Ulica grada Vukovara 37  
Subscription rate for 6 numbers p.a. USD 95

	<p>ENERGIJA 1477 <span style="float: right;">UDK 621.316.1:658.516 SUBJECT REVIEW</span></p> <p style="text-align: center;">ENERGIJA 53/2004/4, 249 – 257</p> <p style="text-align: center;"><b>STRATEGY OF THE DISTRIBUTION NETWORK DATA INTEGRATION BASED ON IEC STANDARDS</b></p> <p style="text-align: center;"><i>Lahorko Wagman, M. Sc. – Srđan Žutobradić, D. Sc.</i></p> <p style="text-align: center;">Energetski institut Hrvoje Požar, Savska 163, 10000 Zagreb, Croatia</p> <p>Orderly management and availability of the distribution network data plays an important role in general operation as well as in network control. Lack of data and unavailability of certain statistical data makes the decision process slower and leads to incorrect decisions. Data are often collected ad hoc for different purposes. The need for data often comes independently one from another so that the same data are collected more times. During the development of information technology within electric distributions, in Croatia and in the world, there was no norm that could at least on the logical and data level lead to a certain uniformity of data structure. Recently, the International Commission for Electrical Engineering (IEC), technical committee 57(TC57), work group (WC14) developed a series of standards IEC 61968, that create the framework for integration of data based on standards.</p> <p>(No. of References: 15, Fig.: 7 – original in Croatian)</p> <p style="text-align: right;">Authors ISSN 0013-7448 ENJAAC 53/4/249 – 257/2004.</p>
	<p>ENERGIJA 1478 <span style="float: right;">UDK 621.316.1:658.26 ORIGINAL SCIENTIFIC PAPER</span></p> <p style="text-align: center;">ENERGIJA 53/2004/4, 271 – 282</p> <p style="text-align: center;"><b>OBSERVATION OF ELECTRIC ENERGY QUALITY INDICATORS IN THE DISTRIBUTION DEPARTMENT OF ELEKTROPRIMORJE RIJEKA</b></p> <p style="text-align: center;"><i>Vitimir Komen, M. Sc. – Boris Krstulja, B. Sc.</i></p> <p style="text-align: center;">HEP Distribucija d.o.o. – DP Elektroprimorje, Viktora Cara Emina 2, 51000 Rijeka, Croatia</p> <p>In the frame of overall preparation for electric energy open market operation and as there are no corresponding directives and rules in the European and domestic literature, in 2000 the distribution department of Elektroprimorje Rijeka worked out and applied a unique system of electric energy quality indicators supplied to customers.</p> <p>In the first part of the paper the system structure, collecting methodology, data input, processing and evaluation results are given. In the second part the monitoring results of electric energy quality indicators supplied to customers are presented for DP Elektroprimorje Rijeka for the period from 2001 to 2003. The results enable the comparison with the European and world data and direct the activities for supply quality increase.</p> <p>(No. of References: 12, Fig.: 15 – original in Croatian)</p> <p style="text-align: right;">Authors ISSN 0013-7448 ENJAAC 53/4/271 – 282/2004.</p>
	<p>ENERGIJA 1479 <span style="float: right;">UDK 621.315.05:621.3.016.2 PRELIMINARY REPORT</span></p> <p style="text-align: center;">ENERGIJA 53/2004/4, 259 – 270</p> <p style="text-align: center;"><b>ACTIVE POWER LOSS MINIMISATION BY NEWTON METHOD ON THE CROATIAN ELECTRIC ENERGY SYSTEM (EES)</b></p> <p style="text-align: center;"><i>Tomislav Plavšić, M. Sc. – Vladimir Grujić, M. Sc.</i></p> <p style="text-align: center;">Hrvatski nezavisni operator sustava I tržišta d.o.o., Ulica grada Vukovara 37, 10000 Zagreb, Croatia</p> <p style="text-align: center;"><i>Igor Kuzle, D. Sc.</i></p> <p style="text-align: center;">Fakultet elektrotehnike i računarstva – Zavod za visoki napon i energetiku, Unska 3, 10000 Zagreb, Croatia</p> <p>The paper gives an overview on optimal load flows where minimisation of active power losses is stressed. The solution to the problem is proposed by the Newton method using non-linear optimisation technique with boundaries. The method described is tested on the model of the Croatian transmission network. For input data real data are used. The results showed proof for load flow optimisation in order to realise economic transmission network control and keeping the voltage level secure in the system.</p> <p>(No. of References: 19, Fig.: 5 – original in Croatian)</p> <p style="text-align: right;">Authors ISSN 0013-7448 ENJAAC 53/4/259 – 270/2004.</p>

ENERGIJA 1477 UDK 621.316.1:658.516

1. Strategy of the Distribution Network Data Integration Based on IEC Standards  
*Data Base*  
*Data Collection*  
*CIM*  
*XML*  
*IEC 61968*
- II. Energetski institut Hrvoje Požar, Savska 163, 10000 Zagreb, Croatia
- I. *Wagman, L. – Zimbradić, S.*  
Energy Efficiency

ENERGIJA 1478 UDK 621.316.1:658.26

1. Observation of Electric Energy Quality Indicators in the Distribution Department of Elektroprimorje Rijeka  
*Elektroprimorje Rijeka*  
*Komen, V. – Kristulja, B.*  
HEP Distribucija d.o.o. – DP  
Elektroprimorje, Viktora Cara Emina 2, 51000 Rijeka, Croatia
- II. HEP Distribucija d.o.o. – DP
- I. *Komen, V. – Kristulja, B.*  
Elektroprimorje Rijeka  
*Supply Quality Indicators*  
*Distribution Network*  
*Quality of Supply*

ENERGIJA 1479 UDK 621.315.05:621.3.016.2

1. Active Power Loss Minimisation by Newton Method on the Croatian Electric Energy System (EES)  
*Newton Method*  
*Optimal Load Flows*  
*EES Control*
- II. Hrvatski nezavisni operator sustava i tržišta d.o.o., Ulica grada Vukovara 37, 10000 Zagreb, Croatia – Fakultet elektrotehnike i računarstva – Zavod za visoki napon i energetiku, Unska 3, 10000 Zagreb, Croatia
- I. *Plavšić, T. – Grujić, V. – Kuzle, I.*  
System (EES)

## Review of electricity of Croatia

Editorial and advertisements offices:  
Zagreb, Ulica grada Vukovara 37  
Subscription rate for 6 numbers p.a. USD 95

	<p>ENERGIJA 1480 <span style="float: right;">UDK 621.3.053:518 PROFESSIONAL PAPER</span></p> <p style="text-align: center;">ENERGIJA 53/2004/4, 283 – 293</p> <p style="text-align: center;"><b>NUMERICAL ALGORITHM OF GROUNDING RESISTANCE OF VERTICAL ROD USING METHOD OF INTEGRAL EQUATION</b></p> <p style="text-align: center;"><i>Tomislav Barić, B. Sc. – Prof. Srete Nikolovski, D. Sc.</i> Elektrotehnički fakultet, Kneza Trpimira 2b, 31000 Osijek, Croatia <i>Prof. Zijad Haznadar, D. Sc.</i> Fakultet elektrotehnike i računarstva, Unska 3, 10000 Zagreb, Croatia</p> <p>PC becoming more affordable as well as its processing possibilities (about two times every 18 months – the connection that Gordon Moore in the early 1965 observed) opened the door to PC use in almost all electrical engineering fields including electric energy supply. Although the price of PC considering processing power is declining permanently, many professional specialised programming tools for electromagnetic compatibility because of permanent price increase become unaffordable for smaller companies and interested private persons. The way out of this situation is possible only by developing one's own, application depending and specialised software. In the paper it is shown how using a relatively cheap (about 500 Euro) mathematical package for general use "Mathcad 2000" a calculation of grounding resistance could be done. For the calculation of grounding resistance a computer based on Pentium III (667 MHz) processor of 256 Mb working memory has been used. The result obtained by the algorithm and Mathcad Programming Package has been compared to the results obtained by using the current professional programming package CDEGS (Current Distribution Interference Grounding and Soils Structure Analysis) of the Canadian producer "Safe Engineering Services &amp; Technologies Ltd.". Its accuracy has been tested internationally using numerous measurements and comparing it with other programming packages.</p> <p>(No. of References: 9, Fig.: 10 – original in Croatian) <span style="float: right;">Authors ISSN 0013-7448 ENJAAC 53/4/283 – 293/2004.</span></p>
	<p>ENERGIJA 1481 <span style="float: right;">UDK 621.315.21:338.52 PROFESSIONAL PAPER</span></p> <p style="text-align: center;">ENERGIJA 53/2004/4, 295 – 302</p> <p style="text-align: center;"><b>COST REDUCTION OF CABLE LAYING BY INCREASING MECHANICAL STRENGTH OF MEDIUM VOLTAGE XHE 49-A CABLE</b></p> <p style="text-align: center;"><i>Krešimir Škeljo, M. Sc.</i> Elka kabeli d.o.o., Žitnjak b.b., 10000 Zagreb, Croatia</p> <p>In the paper the European trends in the development of medium voltage cable coat are given and new construction of cables is analysed that could be suitable for cable burial directly into the soil without using backfill as well as how this way of construction decreases the costs of laying.</p> <p>Worked out is a laboratory mechanical testing XHE 49-A 1x150/25 mm<sup>2</sup> 12/20 kV cable on strike and permanent pressure by sharp object and thus a possible straining that could occur in the case of cable laying. New cable construction that could be used for direct laying without backfill is given.</p> <p>(No. of References: 6, Fig.: 8 – original in Croatian) <span style="float: right;">Author ISSN 0013-7448 ENJAAC 53/4/295 – 302/2004.</span></p>
	<p>ENERGIJA 1482 <span style="float: right;">UDK 697.34:621.311 ORIGINAL SCIENTIFIC PAPER</span></p> <p style="text-align: center;">ENERGIJA 53/2004/4, 303 – 321</p> <p style="text-align: center;"><b>OPTIMISATION OF HEAT AND ELECTRIC ENERGY COGENERATION IN THE WOOD INDUSTRY</b></p> <p style="text-align: center;"><i>Vedran Uran, M. Sc.</i> EETEK d.o.o. za tehnologije energetske učinkovitosti, Ilica 52, 10000 Zagreb, Croatia</p> <p>Wood industry is one of the strategic export branches for the Croatian economy. Prices and costs of energy significantly influence the competitiveness of products of certain wood processing companies. Based on an analysis of heat and electric energy consumption in wood industry, and assumptions and barriers, a mathematical model for heat-economical optimisation of the system for heat and electric energy cogeneration using woody biomass as fuel is developed. This mathematical model is used to determine the lowest heat power by which cogeneration of heat and electricity becomes payable compared to separate production. Pay off investment in cogeneration of electric and heat production is determined based on pay back period of capital as a value depending on heat power value. The application of the mathematical model is based on an example from wood processing industry in Croatia. The sensitivity of the model is tested by input values change that influence the pay back period in the system of heat and electric energy cogeneration. In the text, discussion and conclusions follow.</p> <p>(No. of References: 18, Fig.: 16 – original in Croatian) <span style="float: right;">Author ISSN 0013-7448 ENJAAC 53/4/303 – 321/2004.</span></p>

ENERGIJA 1480 UDK 621.3.053.518

I. Numerical Algorithm of Grounding Resistance  
of Vertical Rod Using Method of Integral  
Leakage Current Distribution from  
Equation  
Grounding  
Integral Equation Method

I. Barić, T. – Nikolovski, S. – Haznadar, Z.  
Elekrotehnički fakultet, Kneza Trpimira 2b,  
31000 Osijek, Croatia  
Fakultet elektrotehnike i računarstva,  
Unska 3, 10000 Zagreb, Croatia

ENERGIJA 1481 UDK 621.315.21:338.52

I. Cost Reduction of Cable Laying by Increasing  
Mechanical Strength of Medium Voltage XHE  
49-A Cable

I. Škeljo, K.  
Eika kabeli d.o.o., Zimjak b.b.,  
10000 Zagreb, Croatia

II. Mechanical Force of Coat  
Cost Reduction

ENERGIJA 1482 UDK 697.34:621.311

I. Optimisation of Heat and Electric Energy  
Cogeneration in the Wood Industry

I. Uzun, V.  
EETEK d.o.o. za tehnološke energetske  
učinovitosti, Ilica 52, 10000 Zagreb, Croatia

II. Optimisation  
Heat and Electric Energy Cogeneration  
Woody Biomass  
Wood Industry



