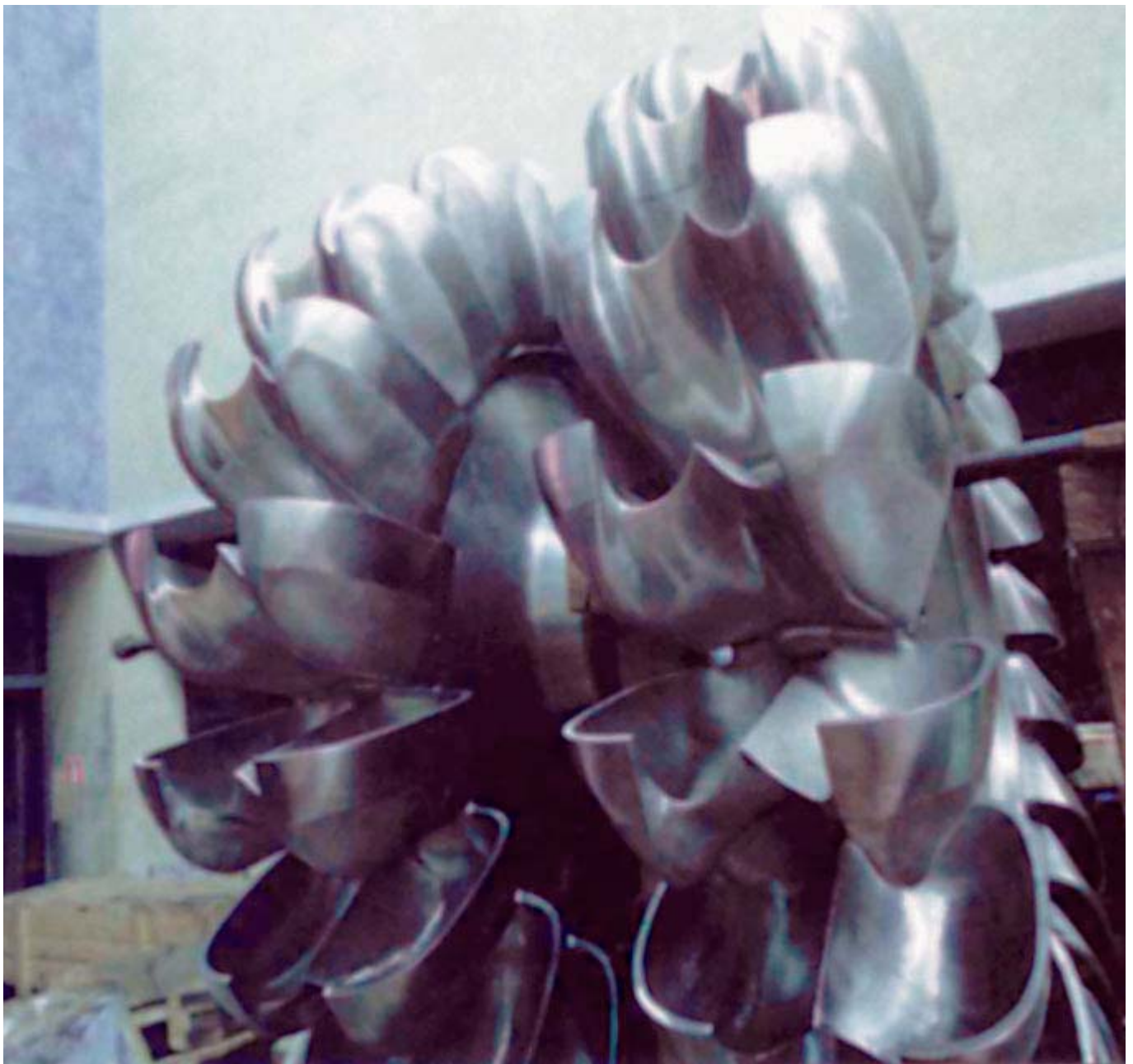


# energija 1



ČASOPIS HRVATSKE ELEKTROPRIVREDE



ENERGIJA 53 (2004) 1

UDK 621.31 ENJAAC 53 (1) 1 – 88 ISSN 0013-7448  
ENERGIJA • GODINA 53 • BROJ 1 • STRANA 1 – 88 • ZAGREB, VELJAČA 2004.



IZDAVAČ – PUBLISHER

Hrvatska elektroprivreda, Zagreb

ZA IZDAVAČA

Ivo Čović, dipl. ing.

POMOĆ U IZDAVANJU

Ministarstvo znanosti, tehnologije  
i informatike

UREĐIVAČKI 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. inž.  
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: TIVA – Tiskara Varaždin

Naklada 1000 primjeraka

Godište 53 (2004)

Zagreb 2004

Br. 1

## SADRŽAJ

<i>Tominac M. – Megla S.</i> : Troškovi održavanja u HEP Distribucija d.o.o. (Pregledni članak) . . . . .	3
<i>Magdić M.</i> : Ekonomske osobitosti tarifnog sustava prijenosa električne energije u zemljama EU (Pregledni članak) . . . . .	9
<i>Cvitan L. – Hrabak-Tumpa G. – Delonga A.</i> : Meteorološki čimbenici i oštećenja dalekovoda od Rijeke do Peruće u siječnju 2003. godine (Stručni članak) . . . . .	17
<i>Rajić F.</i> : Pilot-projekt individualizacije troškova grijanja Zagreb 2 (Pregledni članak) . . . . .	25
<i>Dizdarević N. – Majstović M. – Žutobradić S.</i> : FACTS kompenzacija jalove snage elektrane (Izvorni znanstveni članak) . . . . .	39
<i>Vujević D.</i> : O mjerenju impedancije (Pregledni članak) . . . . .	53
<i>Janeš I.</i> : EIGRP – Protokol usmjeravanja (Pregledni članak) . . . . .	63
<b>Vijesti iz elektroprivrede i okruženja</b> . . . . .	73
<b>Iz strane stručne literature</b> . . . . .	82

Fotografija na omotu:

**HE VINODOL – turbina**

Časopis je ubilježen u Ministarstvu kulture i prosvjete – Sek-  
tor 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 strana. Autori često tvrde da je teško neku problematiku iznijeti na tako malo stranica. U tom slučaju obično "presude" recenzenti.
4. Valja se pridržavati zakonskih standarda i INDOK-propisa. Pri upotrebi jedinica i simbola valja poštovati 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 savjetovanja, 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 naučnaja 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 svhaćanju, 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, Vorlaufige 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.

**PREGLEDNI 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 koristi 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, professionalnaja 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 prilađivanja 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

# TROŠKOVI ODRŽAVANJA U HEP DISTRIBUCIJA D.O.O.

Marko Tomić, Vinkovci – Stjepan Međla, Zagreb

UDK 621.311.01.03:658.516  
PREGLEDNI ČLANAK

U ovom članku se daje analitički pregled troškova održavanja za svako DP (21 distributivno područje) i međusobni odnosi na raznim osnovama, npr. teritorijalnim (kontinentalna, priobalna područja, veći gradovi) i gubitaka električne energije. Koriste se stvarni knjigovodstveni i pogonski podaci za HEP Distribucija d.o.o. za 2001. godinu.

Pri analizi se koristi model teorije troškova na kratki rok. Kratki rok podrazumijeva vrijeme u kojem se ne može utjecati na fiksne (redovne) troškove održavanja, dok dugi rok podrazumijeva i vrijeme investicijskih odluka.

**Ključne riječi:** redoviti troškovi, izvanredni troškovi.

## 1. UVOD – TROŠKOVI PROIZVODNJE S OBLASTI NA VRSTU TROŠKOVA

Promatramo model po teoriji troškova na kratki rok. Kratki rok podrazumijeva vrijeme u kojem se ne može utjecati na fiksne troškove dok dugi rok podrazumijeva i vrijeme investicijskih odluka. Taj model je primjenjiv za sva proizvodna poduzeća, s manjim preinakama u ulaznim podacima. Interpretira se struktura troškova proizvodnje s obzirom na mogućnost predvidivosti (redoviti i izvanredni troškovi).

Po toj interpretaciji u strukturu cijene proizvoda su uključeni:

A) redovni trošak koji je određen planom proizvodnje i u njega pribrajamo:

1. radnici: plaća (pretpostavka je da je plaća fiksna bez obzira na rezultat poslovanja), usavršavanje
2. redoviti troškovi: sve što je potrebno da proces proizvodnje ne stoji. Obuhvaćeni su svi troškovi koji se mogu planirati, npr. gorivo, sirovine, redovito održavanje postrojenja i opreme, alati i modernizacija.

B) izvanredni troškovi: uključeno sve što je nepredvidivo planom. Ti troškovi bi trebali biti toliko manji koliko se kvalitetno provodi plan za redovite troškove.

U nepredvidive troškove možemo svrstati:

1. nepredviđeni kvarovi zbog nekvalitetnog održavanja, ili nekvalitetno predviđenog održavanja, kvarovi zbog vanjskih utjecaja (štete). U te troškove nije ukalkuliran rad za koji su zaposleni plaćeni u redovitom poslu, nego samo materijalni troškovi nabave rezervnih dijelova, opreme, postrojenja, opreme i vanjskih usluga.

2. troškovi zbog neisporučene proizvodnje (potencijalna zarada).

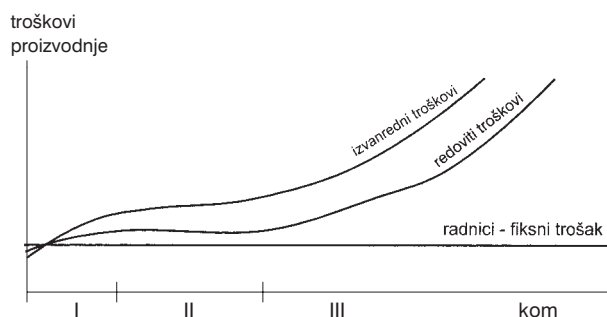
3. razlika/gubici u odnosu na neki postojeći standard ili cilj poslovanja koje je moguće sanirati povećanjem produktivnosti, smanjenjem troškova proizvodnje/distribucije i raznim racionalizacijama.

4. troškovi zbog isporučenih nekvalitetnih proizvoda, a manifestiraju se npr. u povratu proizvoda, popravku ili uklanjanju pogrešaka (vrijeme za popravak je moglo biti iskorišteno u redovnoj proizvodnji).

5. troškovi zbog tužbi za neisporuku ili nekvalitetu isporučenog.

6. troškovi zbog pogrešnih poslovnih odluka, kamata, prirodnih utjecaja, društvenih utjecaja i okruženja.

C) dobit: u koju su uključeni i ostali neproizvodni troškovi bez kojih se (ne) može, npr.: reprezentacija, istraživanje, razvoj, investicija, itd.



Područje I. je područje neiskorištenosti proizvodnje

Područje II. je područje optimalne proizvodnje

Područje III. je područje preopterećenosti proizvodnje

Slika 1a. Dijagram teorije troškova proizvodnje

Udjeli pojedinih komponenti su različiti od primjera do primjera, međutim bitan je njihov odnos. Kratko pojašnjenje modela prikazanog na slici 1a:

- radnici: trošak je samo plaća, tj. konstanta jer je zah-tjev pojednostavljen na fiksnu plaću bez obzira na re-zultat.
- redoviti troškovi: Promatramo slučaj u kojem postoji stvarno opravdanje svakog troška. U idealnom slučaju imamo optimum troškova proizvodnje (područje II. na grafikonu). Optimum ovisi o op-terecenosti radnika, proizvodne opreme (potrošnja goriva, kvarovi, potrošnja sirovina, itd.) koji utječu na kvalitetu rada i proizvodnje. Nakon optimuma dolazi do uspona krivulje što se objašnjava većom opterećenošću i radnika i strojeva, što dovodi do pada kvalitete rada i proizvodnje, veće potrošnje go-riva i sirovina, veće učestalosti kvarova, povećanog održavanja, itd.
- izvanredni troškovi: pretpostavka je modela da pro-porcionalno prati redovite troškove samo je pitanje koliko su nominalno u odnosu na njih. Čak i ako su redoviti troškovi dobro planirani i odrađeni, izvan-rednih troškova mora biti (ukoliko postoji realno knjigovodstveno i pogonsko praćenje). Ovdje pretpostavljamo da u tim troškovima nema troškova zbog poslovnih rizika, prirodnih i društvenih utje-caja, nego samo zbog proizvodnog procesa.
- dobit: grafički je dobit = kom \* (cijena-jed.troškovi). U uobičajenoj ekonomiji cijena ovisi i o dodatnim fak-torima neovisnim o troškovima (tržišna konkurencija) tako da i konstanta cijene prelazi u krivulju, a dobit se održava na istoj razlici spram troškova, ovisno o spo-sobnosti uprave da prepoznaje tu razliku. Moguće je da troškovi prerastu prodajnu cijenu i dobit postaje gubitak. U realnoj ekonomiji (realni gospodar sa minimalnim neproizvodnim troškovima) dobit se ko-rigira na stavkama troškova proizvodnje i traži se matematički optimum, tj. egzistiranje poslovanja u području optimalne proizvodnje.

## 2. TROŠKOVI ODRŽAVANJA NA PRIMJERU ELEKTRODISTRIBUCIJE

Proizvod je isporuka električne energije potrošačima. Cijena proizvoda je cijena kWh. Troškovi po prethodnoj podjeli su:

Redoviti troškovi:

1. radnici na održavanju, plaće, radna oprema, zaštita, usavršavanje, obuka.  
Napomena: Podaci o plaći preuzeti su za sve radnike u distributivnom području, ne samo za izravno održavanje, tako da je moguća izvjesna korekcija, i to bruto prosjek iz izvješća o plaćama.
2. planirano održavanje s troškovima održavanja opreme i vozila: gorivo, rezervni dijelovi, modernizacija, vanjske usluge.

Izvanredni troškovi:

1. kvarovi koji su nastali zbog više sile, nekvalitetnog (ili nepravodobnog) redovitog održavanja i to samo oni koji iziskuju dodatna sredstva (rez. dijelovi, zam-jene, vanjske usluge, itd.) a ne i rad zaduženih za održavanje. Podaci za korištenje su iz aplikacije Izvršenje plana.
2. troškovi zbog neisporuke el. en. kWh za vrijeme kvarova. Kvarovi su iz stvarne pogonske statistike. Prosječna el. energija je izračunata na osnovi poda-taka očitavanja tzv karakteristične srijede na pod-ručju DP-a Vinkovci i izračuna prosjeka snage po VP 35/20/10 kV u trafostanicama 35/20/10 kV.
3. direktni zbog gubitaka i time neprodaje, neispo-ruke. Gubicima se smatra sve iznad nekog standarda (u ovom slučaju je to zadani cilj poslovanja što se tiče gubitaka, minus tri posto od prošlogodišnje razine gubitaka). Za raspravu je cijena te neis-poručene energije, je li to nabavna ili prodajna cijena. Ovdje se kalkulira s prodajnom cijenom jer je riječ o distribuciji. Podaci su iz Službe za prodaju el. energije.
4. troškovi zbog isporučenih nekvalitetnih proizvoda, a manifestiraju se npr. u povratu proizvoda, popravku ili uklanjanju pogriješaka. Za sada nema praćenja kvalitete el. energije, ali nije isključeno u skoroj budućnosti.
5. indirektni zbog naknade štete (tužbe). Za sada ih nema, ali nisu isključeni u skoroj budućnosti.
6. troškovi zbog pogriješnih poslovnih odluka, kamate, prirodni utjecaji, društveni utjecaji i okruženje; teško procjenjivi s nivoa nižeg rukovođenja i obično je potrebno proći i više vremena od jedne kalendar-ske godine za šire sagledavanje.

U literaturi (outage management) se spominju samo analize troškova neisporuke gledani od strane po-trošača s ciljem kvalitete isporuke i kao kriterij za raz-voj i održavanje.

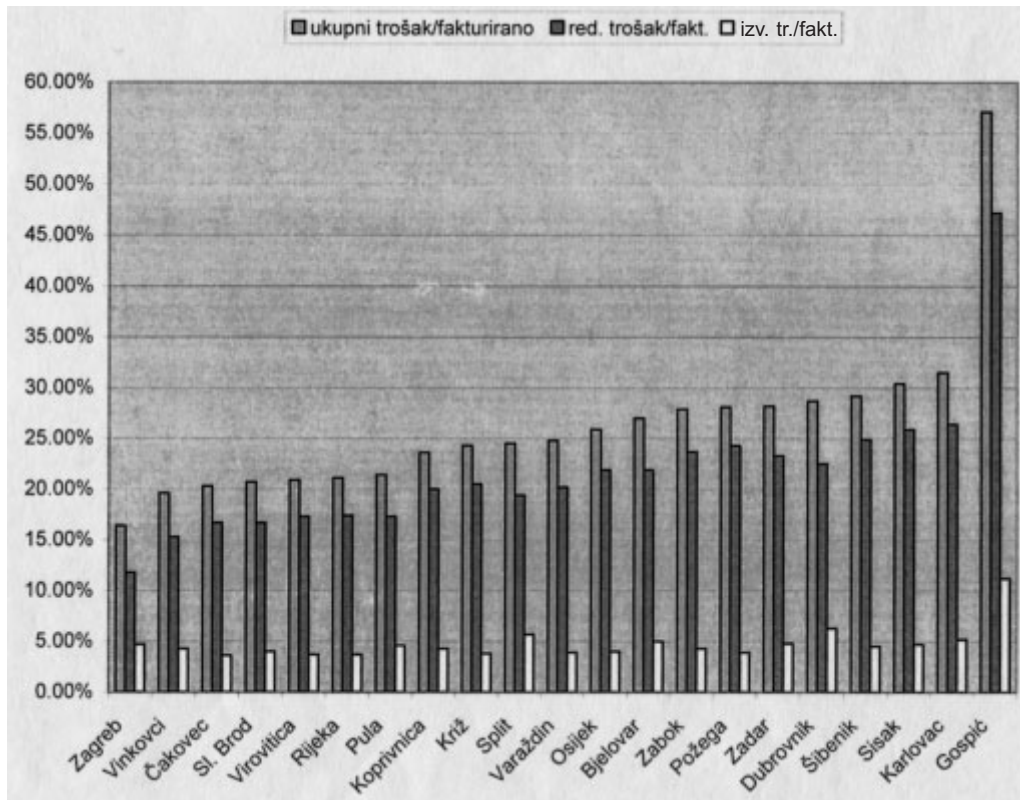
Na konkretnom primjeru u HEP-u moguće je napraviti analizu udjela troškova održavanja, redovitog i izvan-rednog, npr. 1) po distribuiranom kWh, 2) po pojed-i-nom potrošaču, 3) udjelu troškova održavanja u odnosu na prihod, 4) troškovi održavanja po djelatniku održavanja itd.. Time bi se moglo analizirati uspješnost i ekonomičnost pojedinog DP-a ili čak pogona. Pitanje je samo imamo li ispravan input (knjigovodstveni i po-gonski podaci), ali i s takvim podacima je moguće doći do sljedećih zaključaka.

## 3. TROŠKOVI ODRŽAVANJA U HEP DISTRIBUCIJA D.O.O. ZA 2001. GODINU

- a) Tablica 1. slika 1. Pregled ukupni troškovi/fakturirano el. en., redoviti troškovi/fakturirano, izvan-redni troškovi/fakturirano za 21 DP u HEP Distribucija d.o.o.

Tablica 1.

		Ukupni trošak/fakturirano	Red. trošak/fakt.	Izv. tr./fakt.
1	Zagreb	16.40%	11.80%	4.70%
9	Vinkovci	19.60%	15.30%	4.30%
4	Čakovec	20.30%	16.70%	3.60%
10	Sl. Brod	20.70%	16.70%	4.00%
20	Virovitica	20.90%	17.30%	3.70%
12	Rijeka	21.10%	17.40%	3.70%
11	Pula	21.40%	17.30%	4.60%
5	Koprivnica	23.60%	20.00%	4.30%
7	Križ	24.30%	20.50%	3.80%
13	Split	24.50%	19.40%	5.70%
3	Varaždin	24.80%	20.20%	3.90%
8	Osijek	25.90%	21.90%	4.00%
6	Bjelovar	27.00%	21.90%	5.00%
2	Zabok	27.90%	23.70%	4.30%
21	Požega	28.10%	24.30%	3.90%
14	Zadar	28.20%	23.30%	4.80%
16	Dubrovnik	28.70%	22.50%	6.30%
15	Šibenik	29.20%	24.90%	4.50%
18	Sisak	30.40%	25.90%	4.70%
17	Karlovac	31.50%	26.40%	5.20%
19	Gospić	57.10%	47.20%	11.20%



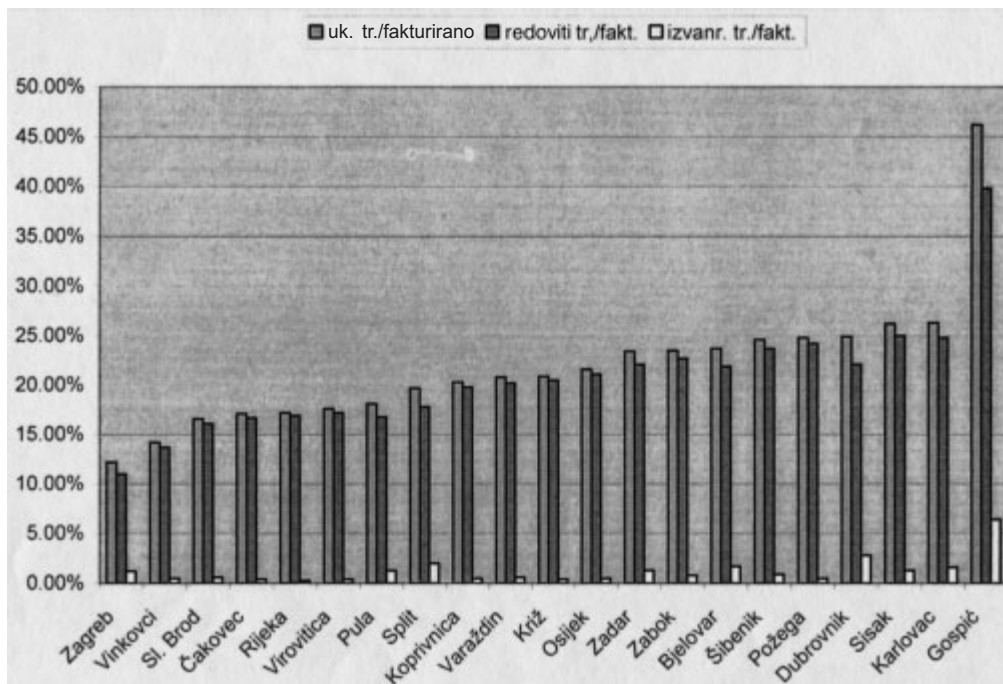
Slika 1.

b) U izvanredne troškove je uračunato 3% električne energije od ukupno nabavljene (tj. 3% do cilja po-

slovanja gubitaka), pa i za DP-a s najmanjim gubicima (6 ih ima manje od 10% gubitaka).

Tablica 2.

		Uk. tr./fakturirano	Redoviti tr./fakt.	Izvanr. tr./fakt.
1	Zagreb	12.20%	11.00%	1.20%
9	Vinkovci	14.20%	13.70%	0.50%
10	Sl. Brod	16.60%	16.10%	1.60%
4	Čakovec	17.10%	16.70%	0.40%
12	Rijeka	17.20%	16.90%	0.30%
20	Virovitica	17.60%	17.20%	0.40%
11	Pula	18.10%	16.78%	1.28%
13	Split	19.70%	17.80%	2.00%
5	Koprivnica	20.30%	19.80%	0.50%
3	Varaždin	20.80%	20.20%	0.60%
7	Križ	20.90%	20.50%	0.40%
8	Osijek	21.60%	21.10%	0.50%
14	Zadar	23.40%	22.10%	1.30%
2	Zabok	23.50%	22.70%	0.80%
6	Bjelovar	23.70%	21.90%	1.70%
15	Šibenik	24.60%	23.70%	0.90%
21	Požega	24.80%	24.20%	0.50%
16	Dubrovnik	24.90%	22.10%	2.80%
18	Sisak	26.20%	25.00%	1.30%
17	Karlovac	26.30%	24.80%	1.60%
19	Gospić	46.20%	39.80%	6.40%



Slika 2.



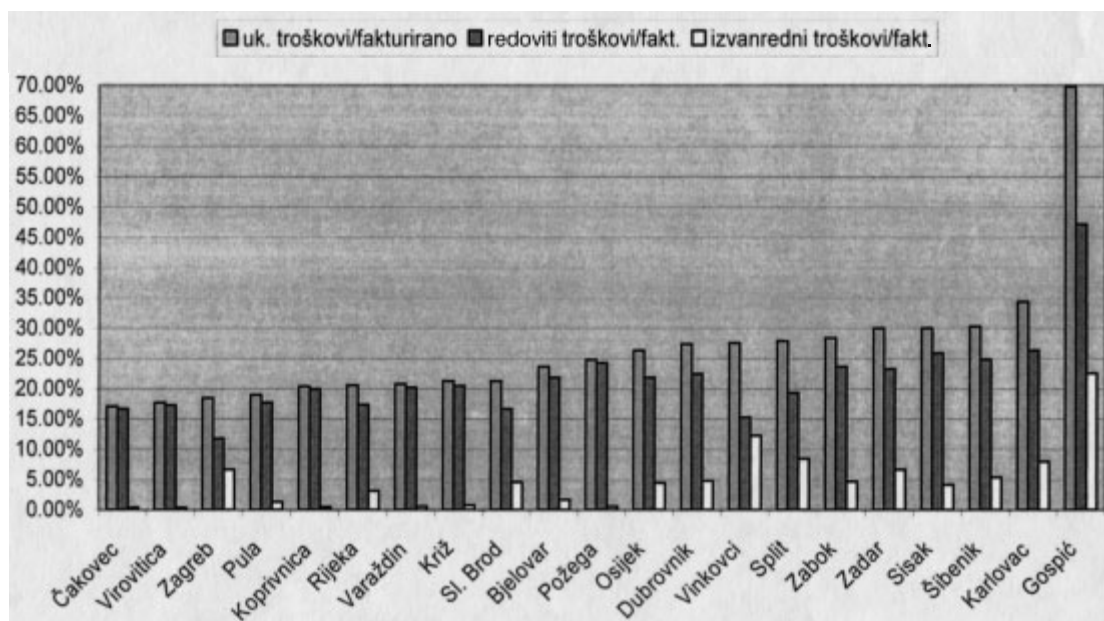
c) Tablica 2. slika 2. Pregled ukupni troškovi/fakturirano el. en., redoviti troškovi/fakturirano, izvanredni troškovi/fakturirano za 21 DP u HEP Distribucija d.o.o.

d) Pretpostavljeno je maksimalno 10% gubitaka električne energije (za one koji u stvarnosti imaju više, a za one koji imaju manje od 10% ostaje njihov postotak gubitaka), a sve preko 10% gubitaka je

Tablica 3.

		Uk. troškovi /fakturirano	Redoviti troškovi/fakt.	Izvanredni troškovi/fakt.	Preko 10% gubitaka u kn
4	Čakovec	17.10%	16.70%	0.40%	0
20	Virovitica	17.70%	17.30%	0.40%	0
1	Zagreb	18.50%	11.80%	6.70%	76,254.368
11	Pula	19.00%	17.72%	1.31%	0
5	Koprivnica	20.40%	20.00%	0.50%	0
12	Rijeka	20.60%	17.43%	3.16%	16,227.669
3	Varaždin	20.80%	20.20%	0.60%	0
7	Križ	21.30%	20.50%	0.80%	640.904
10	Sl. Brod	21.30%	16.70%	4.60%	6,339.372
6	Bjelovar	23.70%	21.90%	1.70%	0
21	Požega	24.80%	24.30%	0.60%	13.798
8	Osijek	26.40%	21.90%	4.50%	15,514.748
16	Dubrovnik	27.40%	22.51%	4.87%	2,446.603
9	Vinkovci	27.60%	15.30%	12.30%	22,000.145
13	Split	27.90%	19.38%	8.48%	42,286.807
2	Zabok	28.40%	23.70%	4.70%	5,818.490
14	Zadar	30.00%	23.32%	6.70%	11,352.858
18	Sisak	30.00%	25.90%	4.20%	4,281.734
15	Šibenik	30.30%	24.87%	5.42%	7,066.457
17	Karlovac	34.40%	26.40%	8.00%	12,388,148
19	Gospić	69.80%	47.20%	22.60%	9,812,088

232,444,189



Slika 3.

obračunato kao fakturirano. Dakle, nema u izvanrednim troškovima uračunatih gubitaka električne energije.

- e) Tablica 3. slika 3. Pregled ukupni troškovi/fakturirano el. en., redoviti troškovi/fakturirano, izvanredni troškovi/fakturirano za 21 DP u HEP Distribucija d.o.o.
- f) U izvanredne troškove je uračunato sve preko 10% stvarnih gubitaka električne energije od ukupno nabavljene.

#### 4. ZAKLJUČAK

Tablica 1. slika 1. knjigovodstveni je primjer stanja i odnosa troškova održavanja u distribuciji.

Tablica 2. slika 2. prikazuju proizvodnju koju menadžment priželjkuje. Priželjkivani primjer je kad bi gubici bili svuda do, npr. 10% nabavljene el. en. a ostatak bez iznimke naplaćen.

Za izračun prosječne vrijednosti izostavit ćemo najmanje i najveće vrijednosti (najmanji udio troškova u fakturiranoj el. en. ima DP Zagreb, a najveći DP Gospić). Tada je za primjer a) to prosjek 25.13 %, a za b) 21.13%. Razlika iznosi otprilike 4%.

Primjer c) tablica 3. slika 3. prikazuju kakvo je zaista stanje, a to je da su gubici trošak u cijelom iznosu iznad 10% nabavljene električne energije. Prosjek ukupnih troškova za DP je tada 24.69%. Ta najgora verzija 24.69% je 3.56% lošija od knjigovodstvene. U kn to nominalno iznosi 232 mil. kn. Razlika bi bila još veća kad bi se DP s gubicima manjim od 10% toleriralo postignuti cilj poslovanja kao konačni.

Komentirajmo troškove održavanja u fakturiranoj električnoj energiji za 2001. godinu u relaciji kontinent, obalna područja, veći gradovi:

Tablica 1. slika 1. Prema bilo kojim podacima očito je da najpovoljniji odnos troškovi/fakturirano, kao i prihod/potrošač, prihod/djelatni imaju veći gradovi; prosjek 21.985%, zatim kontinent; 24.33% bez i 26.52% s DP Gospić koji je izvan svake konkurencije, te zatim obalna područja s 25.52% troškova održavanja u fakturiranoj električnoj energiji za 2001. godinu.

Osvrnuli smo se na razlike koje se odnose na gubitke el. en. jer je očito iz analize da je najveći kvalitativni, i financijski, pomak vezan uz tu stavku. Ostale relacije u svezi s iznosom koliko koji DP koristi sredstava za redovito održavanje i po kojim knjigovodstvenim stavkama (kontima) su diskutabilne. O tome postoje pisani radovi koji sugeriraju način određivanja raspodjele sredstava za redovito održavanje na osnovi tehničkih parametara. Ovaj rad samo doprinosi ocjeni korištenja sredstava za održavanje i kvaliteti rada na održavanju.

#### LITERATURA

- 1 FILIPOVIĆ: "Predavanja iz kolegija 'Ekonomika u energetici'" ETF 1984.
- 2 Z. ZMIJAREVIĆ: "Outage management", CIGRE, Šibenik 2000.
- 3 S. MEGLA: "Metoda za određivanje rasporeda troškova održavanja"
- 4 Osnovni tehnički podaci za 2001. HEP Distribucija d.o.o.
- 5 Troškovi i izdaci za sve aktivnosti HEP-a prema kontima i organizacijskim dijelovima za 2001. g. za HEP Distribucija d.o.o.
- 6 Ostvarena nabava i prodaja el. en. u distribuciji Hrvatske za 2001.g.

#### MAINTENANCE COSTS OF HEP DISTRIBUTION LTD

In the paper an analytical review of maintenance costs for each distribution area is given as well as interrelations based on different criteria, for example territory (continental, coastal, big cities) and electric energy losses. Real data from HEP Distribution book keeping and operation in the year 2001 are used.

The analysis is based on short term cost theory. Short term means a period of time in which firm costs cannot be influenced, while long term also covers the investment period.

#### WARTUNGSKOSTEN IN DER KROATISCHEN STROMVERSORGUNG

Im Artikel wird eine analytisch erörterte Kostenübersicht einzelner Bezirke des Versorgungsgebietes gegeben. Deren wechselseitige Beziehungen wurden auch berücksichtigt. Die Erörterung erfolgte von verschiedenen Ausgangspunkten, z. B. nach Gegendarten (Binnenlandgebiete, Küstengebiete, größere Städte), sowie nach den Energieverlusten einzelner Bezirke. Als Grundlage dienten bestehende Buchhaltungs- und Betriebsangaben der Kroatischen Stromversorgung für das Jahr 2001.

Bei der Erörterung wurde das Model der Kosten-Theorie kurzer Zeitspannen verwendet. Unter kurzer Zeitspanne versteht man einen Zeitabschnitt ohne Einfluss auf feste Kosten der Wartung, indem eine lange Zeitspanne auch Entscheidungen über Kapitalanlagen beinhaltet.

Naslov pisaca:

**Marko Tominac, dipl. ing.**  
HEP – DP Elektra Vinkovci  
Kralja Zvonimira 96  
32100 Vinkovci, Hrvatska

**Stjepan Megla, dipl. ing.**  
HEP Distribucija d.o.o.  
Ulica grada Vukovara 37  
10000 Zagreb, Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:  
2003 – 11 – 18.

# EKONOMSKE OSOBITOSTI TARIFNOG SUSTAVA PRIJENOSA ELEKTRIČNE ENERGIJE U ZEMLJAMA EU

Marijan Magdić, Zagreb

UDK 621.316.1:338.52  
PREGLEDNI ČLANAK

U svijetu i Hrvatskoj u tijeku je transformacija elektroprivredne djelatnosti u smislu ukidanja monopola i uvođenja tržišta električne energije. Temeljne pretpostavke za tržište električne energije su: ekonomsko razdvajanje djelatnosti elektroprivrede i slobodni pristup mreži prijenosa i distribucije svim energetskim subjektima. U takvim okolnostima, pored ostalog, djelatnost prijenosa električne energije zaslužuje posebnu pozornost u smislu: organizacije prijenosa električne energije, strukture i razine cijene usluga prijenosa električne energije, te osobitost troškova koji čine cijenu usluge prijenosa. Cijene prijenosa električne energije u europskim zemljama pokazuju: osobitost elektroprivrede pojedine zemlje, istu razinu (nediskrimiranost) za povlaštene i nepovlaštene kupce i razinu 3 – 10 €/MWh.

**Ključne riječi:** tržište električne energije, prijenos, tarifa.

## 1. UVOD

Reforma elektroprivredne djelatnosti u svijetu započela je 1970. Od tada do danas pojedine zemlje u svijetu na različite načine i različitim intenzitetom pristupile su reformi elektroprivredne djelatnosti s temeljnim ciljem ukidanja monopola. Napuštanjem monopola u pojedinoj djelatnosti elektroprivrede omogućava se: konkurencija na strani proizvođača električne energije (veleprodaja), a na strani potrošnje (maloprodaja) omogućuje se kupcima slobodni izbor isporučitelja električne energije. Između proizvođača i kupaca električne energije, kao tehničko tehnološka veza, pojavljuje se prijenos (viši napon) i distribucija (niži napon) električne energije. Prijenos i distribucija su i dalje monopol, čije poslovanje treba regulirati, pri čemu je temeljno polazište omogućiti nesmetani i slobodni pristup svim energetskim subjektima (proizvođači, opskrbljivači, potrošač). Slobodni pristup mreži prijenosa i distribucije, od strane korisnika, bez obzira na vlasništvo mreže, je temeljna pretpostavka djelovanja tržišta električne energije.

Postojanje mreže prijenosa električne energije neizbježno znači i postojanje troškova vezanih za tu mrežu. Cijena, ili tarifa za korištenje mreže prijenosa treba biti odraz troškova mreže. Cijenu (tarifu) za korištenje mreže prijenosa plaćaju korisnici mreže prijenosa vlasniku prijenosa, kako bi on mogao graditi i održavati mrežu za njezinu funkciju.

Namjera ovog referata je opisati temeljne postavke formiranja tarife (cijene) prijenosa električne energije, zatim prikazati razinu tarife prijenosa u pojedinim europskim zemljama, s osvrtom na cijenu prijenosa električne energije u Hrvatskoj.

## 2. CILJNA ORGANIZACIJA ELEKTROPRIVREDE

### 2.1. Vertikalno integrirana djelatnost elektroprivrede

Organizacija pojedine djelatnosti ovisi o cilju koji se želi ostvariti. Vertikalno integrirana djelatnost elektroprivrede sinonim je monopola ove djelatnosti. Monopola u smislu da kupci električne energije nemaju mogućnost izbora dobavljača (izvora) električne energije. Kada su prijenos i distribucija ekonomski spojene s proizvodnjom za kupce postoji samo jedan opskrbljivač. Sve tri djelatnosti (proizvodnja, prijenos i distribucija) ekonomsko-organizacijski integrirane su u jednu tvrtku, u kojoj nema utvrđivanja financijskog rezultata poslovanja svake djelatnosti.

### 2.2. Razdvajanje djelatnosti elektroprivrede

Za uvođenje tržišta (konkurentnost) unutar elektroprivredne djelatnosti potrebna je druga organizacija elektroprivrede, koja u operativnom smislu znači ekonomsko razdvajanje djelatnosti na način samostalnog poslovanja (samostalne tvrtke). U tom slučaju djelatnost distribucije razdvaja se na distribuciju (distribucijska mreža) i opskrbu (tvrtka za maloprodaju električne energije). Razdvajanje djelatnosti je pretpostavka ukidanja monopola i uvođenje konkurencije kao temeljnog obilježja tržišta.

Za djelotvornu konkurenciju između proizvođača s jedne i slobodnog izbora opskrbljivača od strane kupca s druge strane, svi subjekti (proizvođači, opskrbljivači i kupci) koji su međusobno interesno energetsko-ekonomski povezani, moraju imati slobodan pristup prijenosnoj i distribucijskoj djelatnosti (mreži prijenosa i distribucije).

### 2.3. Organizacija prijenosa električne energije

U razdvojeno organiziranim djelatnostima elektroprivrede (pretpostavka za tržište električne energije) prijenos električne energije organiziran je kao samostalna djelatnost sa svrhom prijenosa električne energije i drugih pomoćnih djelatnosti. Zbog nižih troškova na jednom području korisno je imati jedan prijenos. Vezano za poslove operatora sustava u praksi postoje dvije mogućnosti: prijenos i operator sustava su dva subjekta ili su prijenos i operator sustava spojeni u jedan subjekt.

Ako su prijenos i operator sustava odvojeni tada je operator sustava neovisan u izvršavanju svojih zadaća. Branitelji spajanja prijenosa i operatora sustava u jedno tijelo, kao argument ističu poteškoću strogo odvajanja zadaća prijenosa i operatora sustava. Operator sustava "softverski" upravlja mrežom koja nije u njegovom vlasništvu. Raspoloživa mreža, u vlasništvu prijenosne tvrtke, dobro upravljana od strane operatora sustava samo zajedno mogu izvršiti svoju zadaću.

U financijskom smislu prijenosna tvrtka za usluge prijenosa treba ostvariti potrebni prihod, kojim će se pokriti troškovi prijenosa. Određivanje cijene je temeljni alat za mrežno uređenje. Određivanje cijene usluge mreže stvara komplementarne ciljeve:

- mogućnost nadoknade ostvarenih ("potonulih") ulaganja
- potiče dugoročnu politiku ulaganja
- stvaranje odgovarajućih signala efikasnog upravljanja mrežom i mrežnim zagušenjima i raspodjelom kapaciteta (kratkoročna učinkovitost)
- izbjegavanje diskriminacije prema korisnicima mreže
- promoviranje jednostavnosti i razvidnosti.

### 3. TROŠKOVNE KOMPONENTE PRIJENOSA ELEKTRIČNE ENERGIJE

Tarifa prijenosa električne energije je regulirani način uključivanja troškova usluge prijenosa električne energije. Tarifa treba biti odraz odnosnih troškova bez obzira kojom metodom su oni procijenjeni i uključeni u cijenu usluge. Univerzalni sustavni pristup razgraničenja troškova prijenosa električne energije ne postoji, već identifikacija i razgraničenje troškova, koji su podloga tarifi prijenosa, ovisi o politici tarifa i osobitostima pojedinog sustava prijenosa električne energije. Unatoč tome potrebno je ipak identificirati pojedine kategorije troška i metode njihovog proračuna, kako bi tarifa bila što realnija i pravednija. Stoga se u nastavku iznose pojedine relevantne kategorije troškova prijenosa električne energije.

Strukturno razgraničenje:

- kapital
- pogon i održavanje (uključeni administrativni poslovi)
- troškovi operatora sustava

- gubitak električne energije u prijenosu
- pomoćni poslovi
- upravljanje zagušenjima.

Postojanje tarife prijenosa ostvaren je princip regulirane naknade za korištenje prijenosne mreže. Tarifom prijenosa električne energije osigurava se prihod davatelju usluge prijenosa. Tradicionalno Regulator dozvoljava stvaranje prihoda koji nadoknađuju "povijesne" troškove pogona s povratom ulaganja (korespondirajući troškovi kapitala). Uobičajeni naziv za ove troškove je "regularni troškovi usluge", ili "regularna stopa povrata". Troškovi usluge temelje se na knjigovodstvenoj vrijednosti imovine, primjeni fer stopi povrata ulaganja i tekućim troškovima pogona i održavanja. Pri tome bitnu ulogu ima plan amortizacije, a uvažava se i porast cijena (inflacija). Na taj način se ne dozvoljava davatelju usluge posebni profit (osim planiranog). Financijski položaj smatra se održivim. Ukoliko se davatelju usluga prijenosa jamči povrat ulaganja s odgovarajućim profitom, stvorene su pretpostavke za poticaj ulaganja.

Međutim, regulirana cijena prijenosa (troškovi usluge) ima i nedostatak, koji se očituje u nestimuliranju učinkovitosti (učinkovitost troškova). Alternativa tome je poticajna regulacija koja omogućuje ubiranje rezultata, potpuno ili djelomično, od povećane učinkovitosti (smanjenje troškova).

Operativno ova ideja može se provesti na način da cijena prijenosa pokriva povijesne troškove i profit ulaganja. Dodatni profit pripada također davatelju usluge prijenosa ukoliko se troškovi smanje u odnosu na planiranu veličinu.

Komponente (sastavni dijelovi) kapitalnih troškova prijenosa:

- troškovi priključka
- troškovi korištenja sustava prijenosa.

Troškovi priključka:

- specifični troškovi imovine
- troškovi infrastrukture prijenosa.

Specifični troškovi imovine su troškovi vezani za priključak novog kupca na postojeću mrežu prijenosa. Primjerice nova transformatorska stanica.

Troškovi infrastrukture prijenosa odnose se na troškove koji nastaju unutar sustava prijenosa, a odnose se na poboljšanja rada sustava prijenosa, pouzdanosti, smanjenju gubitaka, ili potpuno novi obujam stanice (razvoj sustava). U ovom slučaju ova komponenta troškova nije izravno vidljiva za kupca, kao u prethodnoj kategoriji.

Troškovi korištenja sustava prijenosa:

- prošli (povijesni, ugrađeni) troškovi
- marginalni (granični) troškovi
- kombinacija (hibrid) prošlih i graničnih troškova
- ostali izvori za utvrđivanje cijene prijenosa.

Prošli troškovi, troškovi stečeni u prošlosti ne odražavaju tekuće tržišne cijene za faktore koji se koriste, već troškovi koji su vezani za faktore kad su nabavljeni plus troškovi pogona i održavanja. Ovdje se mogu ubrojiti:

1. Metoda ugovorenog puta prijenosa, ugovara se put (trasa) prijenosa između isporučitelja i primatelja. Metoda se primjenjuje za osobite (ugovorene) transakcije, ne nadoknađuju se troškovi cijelog sustava, već samo troškovi ugovorenog puta. Metoda ne uzima u obzir troškove zagušenja i razvoja, ne pokazuje ekonomski signal za razvoj sustava.
2. Metoda ograničenog toka, temelji se na transakcijama prijenosa u odnosu na proizvodni sustav. Metoda uzima u obzir samo pojedine dogovorene transakcije. Metoda ne uzima u obzir troškove zagušenja i razvoja, ne pokazuje ekonomski signal u razvoj sustava.
3. Metoda poštanske marke najčešće je primjenjivana metoda zbog tehničke i administrativne jednostavnosti. Ova metoda se temelji na pretpostavci da svi korisnici prijenosa imaju istu korist od cjelokupne prijenosne mreže, te plaćaju istu cijenu. Nadoknađuje sve troškove sustava, ne uzima u obzir troškove zagušenja i razvoja, ne pokazuje ekonomski signal za razvoj sustava, cijena prijenosa je poznata unaprijed i jednostavno se kontrolira od strane Regulatora. Sustav jednake naknade daje pravo uvođenja energije u svaki čvor.
4. Metoda MW-milja, temelji se na tokovima snage. Koristi se tok snage za evaluaciju utjecaja kojeg transakcija uzrokuje u kruženju između ulazne i izlazne točke. Metoda nadoknađuje sve troškove sustava prijenosa, ne uzima u obzir troškove zagušenja i razvoja, ne pokazuje ekonomski signal u razvoj sustava.

Marginalni troškovi su odraz nove, dodatne količine proizvoda-usluge, te stoga pokazuju značajnu mogućnost stvaranja ekonomskih signala za rad i razvoj sustava. Kako ona mjeri dodatne troškove u okviru ukupnih troškova moguće je analizirati mjerodavan ekonomski utjecaj kojeg pojedina transakcija uzrokuje u sustavu. Metoda marginalnih troškova

- je prikladna za indiciranje trenutnih opterećenja ili koristi voznih transakcija. Na taj način troškovi zagušenja mogu se obraditi marginalnim troškovima
- mogu se obraditi i troškovi gubitaka
- stvaraju dobar ekonomski signal za razvoj sustava
- kompliciranija je metoda od prošlih troškova
- ne odražavaju postojeće troškove sustava
- razlikuju se dugoročni marginalni troškovi (LRMC) koji obuhvaćaju razvojne i postojeće promjenjive troškove i kratkoročni marginalni troškovi (SRMC) koji se odnose na postojeće promjenjive troškove.

Hibridne (križane) metode su kombinacija povijesnih i marginalnih troškova. Prethodna analiza troškova pokazala je postojanje dva osobita načina utvrđivanja cijene usluge prijenosa električne energije. Koji će se način proračuna cijene prijenosa uporabiti ovisi o konkretnim okolnostima i politici cijene. U nastavku se iznosi pregled korištenja pojedinog prethodno opisanog načina proračuna cijene prijenosa.

Opis troškova prijenosa		Primjena odgovarajuće metode
Troškovi uskih grla (zagušenja) Troškovi pogona i održavanja	→	Dugoročni marginalni troškovi Kratkoročni marginalni troškovi
Nova postrojenja (razvojni troškovi)	→	Dugoročni marginalni troškovi
Upozorenja za razvoj sustava	→	Dugoročni marginalni troškovi Kratkoročni marginalni troškovi
Troškovi postojećeg sustava	→	Prošli (ugradeni) troškovi

U ostale postupke određivanja cijene prijenosa može se ubrojiti cijena prema razini cijene druge tvrtke (benchmark).

S obzirom na količinu prijenosa električne energije razlikuju se:

- fiksni troškovi-nezavisni od količine prenete električne energije (troškovi postojeće opreme, plaće, fiksni dio pogona i održavanja, nadoknada za uloženi kapital)
- promjenljivi troškovi zavisni od količine prenesene električne energije (elektrana koja ima ulogu rotirajuće pričuve, troškovi otklanjanja uskih grla (zagušenja), gubici električne energije, promjenjivi dio pogona i održavanja).

Temeljem prethodnih osobitosti u tarifama prijenosa električne energije zastupljene su kategorije: fiksni dio, naknada za kapacitet i naknada za energiju. Prethodne tri kategorije podijeljene su između proizvođača i kupca.

#### 4. STRUKTURA I RAZINA TARIFE PRIJENOSA U ZEMLJAMA EU

Svaka od zemalja, za koje se u nastavku pokazuju cijene prijenosa električne energije, ima određene osobitosti, koje su ugrađene u cijenu. Međutim, korisno je pokazati kako pojedina zemlja u cijenu uključuje pojedine elemente troškova o kojima je prethodno bilo govora.

Tablica 1. Sastavni dijelovi tarife prijenosa električne energije

Država	Sastavni dijelovi (komponente troškova) tarife prijenosa električne energije							
	Infrastruktura (mreža i postrojenja)	Pogon i održavanje	Operator sustava	Zajednička administracija	Gubici	Pomoćne usluge	Upravljanje zagušenjima	Ostalo
Austrija	✓	✓	✓	✓	✓	✓		
Belgija								
Njemačka	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Danska	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Engleska i Wels	✓	✓	BSUoS <sup>1</sup>	✓	BSUoS	BSUoS	BSUoS	
Francuska	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓ <sup>2</sup>
Finska	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
Italija	✓	✓	✓	✓	✓ <sup>3</sup>	✓	✓	✓ <sup>4</sup>
Irska	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
Norveška	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
Nizozemska	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓ <sup>5</sup>
Portugal	✓	✓	✓	✓		✓		✓
Španjolska	✓	✓	✓	✓				✓ <sup>6</sup>
Švedska	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	

<sup>1</sup> Pokriće troškova sustava, kao dodatak na pokrića troškova vlasnika imovine

<sup>2</sup> Dio troškova priključka prepuštenih operatoru sustava

<sup>3</sup> Prema podacima talijanskog Regulatora ovaj trošak nije uključen u tarifu

<sup>4</sup> Različita regulirana naknada

<sup>5</sup> Neamortizirani (stranded) troškovi

<sup>6</sup> Premije za obnovljivu ("zelenu") energiju

Gubici električne energije u sustavu prijenosa uvijek pobuđuju pozornost. Sljedeća tablica pokazuje kako pojedine europske države postupaju s gubicima u tarifnom sustavu. Većina europskih zemalja:

- uključuje gubitke u tarifu prijenosa električne energije
- kupci električne energije plaćaju gubitke
- kupci gubitke plaćaju na način "poštanske marke".

Tablica 2. Postupanje s gubicima električne energije u prijenosu

Država	Postupanje s gubicima						
	Gubici uključeni u tarifu	Obračun "Poštanska marka"	Područne razlike	Vremenske razlike	Plaćaju kupci	Plaćaju proizvođači	Odgovornost proizvođača
Austrija	✓	✓			✓		
Belgija	✓	✓			✓		
Danska	✓	✓		✓	✓		
Engleska i Wels		✓			✓		
Finska	✓	✓		✓	✓	✓	
Francuska	✓	✓			✓		
Njemačka	✓	✓			✓		
Italija			✓			✓	✓
Irska			✓			✓	✓
Norveška	✓		✓	✓	✓	✓	
Nizozemska	✓	✓			✓		
Portugal		✓		✓	✓		✓
Švedska	✓		✓	✓	✓	✓	
Španjolska		✓			✓		

Tablica 3. Tarifa prijenosa električne energije

Država	Tarifa €/MWh		
	Slučaj A <sup>1</sup> 8760 h	Slučaj B <sup>2</sup> 4200 h	Slučaj C <sup>3</sup> 3760 h
Austrija	6,11	7,13	7,34
Belgija	5,70	8,84	9,54
Belgija	5,70	8,84	9,54
Danska (Istok)	8,12	10,28	9,70
Danska (Istok, bez regulirane naknade)	4,37	6,53	5,94
Danska (Zapad)	8,60	8,95	8,88
Danska (Zapad, bez regulirane naknade)	4,84	5,20	5,12
Engleska i Wels	4,96	8,09	8,75
Finska	3,01	3,72	3,60
Francuska	5,85	8,32	8,87
Njemačka <sup>4</sup>	5,88	7,80	8,26
Njemačka (bez regulirane naknade)	3,28	5,20	5,66
Grčka	-	-	-
Irska	5,18	6,63	6,94
Italija	9,80	13,86	14,61
Italija (bez regulirane naknade)	5,63	7,82	8,18
Luksemburg	-	-	-
Nizozemska	5,75	6,42	6,99
Nizozemska (bez regulirane naknade)	3,55	4,22	4,79
Norveška	2,30	4,38	4,82
Portugal	5,51	7,98	8,50
Španjolska	9,08	12,90	13,62
Španjolska (nakon koeficijenata umjesto regulirane naknade)	7,32	10,36	10,93
Švedska	1,99	2,97	3,09
Švicarska	-	-	-

<sup>1</sup> Potrošnja 7 MW za 8760 sati u godini

<sup>2</sup> Potrošnja 15 MW 16 sati u radnim danima, 4200 sati u godini

<sup>3</sup> Potrošnja 5 MW (ponedjeljak-subota), 3760 sati u godini

<sup>4</sup> Tarifa različita za različite TSO. Predstavljene su reprezentativne vrijednosti

Analizirajući prethodne slučajeve godišnje potrošnje električne energije, može se zaključiti, a to je i stvarno stanje, da se prethodne cijene prijenosa električne energije odnose na povlaštene kupce. Međutim, u nastavku korištene literature se eksplicitno ističe da u analiziranim zemljama nema diskriminacije u cijeni prijenosa

između povlaštenih i ostalih potrošača, te se stoga onda zaključuje da se prethodna razina cijene u principu odnosi na sve korisnike mreže. S druge strane na ovom mjestu je potrebno istaknuti da su u Engleskoj i Welsu, Njemačkoj, Švedskoj svi kupci povlašteni, što znači da slobodno mogu birati isporučitelja električne energije.

Tablica 4. Struktura tarife prijenosa električne energije

Država	Struktura tarife (naknade) za slučaj "B" €/MWh						Ukupno
	Proizvođač			Kupac			
	Fiksna naknada	Energija	Kapacitet	Fiksna naknada	Energija	Kapacitet	
Austrija	0,000	0,641	0,000	0,000	4,555	1,932	7,130
Belgija	0,000	0,000	0,000	0,018	2,828	5,993	8,840
Danska (Istok)	0,000	0,000	0,000	0,000	6,526	0,000	6,530
Danska (Zapad)	0,000	1,076	0,000	0,000	4,120	0,000	5,200
Engleska i Wels	0,000	0,695	1,625	0,000	1,423	4,343	8,090
Finska	0,000	0,242	0,000	0,000	3,474	0,000	3,720
Francuska	0,000	0,000	0,000	0,017	3,858	4,449	8,320
Njemačka	0,000	0,000	0,000	0,000	0,997	4,198	5,200
Irska	0,000	0,126	1,127	0,000	3,129	2,248	6,630
Italija	0,000	1,001	0,000	0,094	4,771	1,955	7,820
Nizozemska	0,089	0,890	0,000	0,089	1,861	1,291	4,220
Norveška	0,000	0,271	1,672	0,000	0,136	2,299	4,380
Portugal	0,000	0,000	0,000	0,000	3,263	4,715	7,980
Španjolska	0,000	0,000	0,000	0,000	7,418	2,942	10,360
Švedska	0,000	0,443	0,634	0,000	1,211	0,690	2,980

Svaka predstavljena država ima svoje osobitosti u tarifi prijenosa električne energije koje su prikazane u prethodnoj tablici. Na ovom mjestu nije namjera objašnjavati svaku osobitost, već je dan samo pregled strukture tarife. Općenita osobitost prethodnog prikaza je da je naknada koju plaćaju kupci znatno veća od naknade koju plaćaju proizvođači. Od prikazanih zemalja jedino u Norveškoj i Švedskoj naknada za proizvođača je veća od 30%.

## 5. TROŠKOVI PRIJENOSA U HRVATSKOJ

Elektroprivreda je u Hrvatskoj, prema za tu svrhu donesenim zakonima, u postupku transformacije. Predviđenom transformacijom djelatnosti elektroprivrede se transformiraju u povezana pravno samostalna društva, od kojih je jedno prijenos električne energije. Za normalno tehničko i financijsko poslovanje prijenosa potrebno je utvrditi naknadu (cijenu, tarifu) za korištenje prijenosne mreže. U dosadašnjem poslovanju elektroprivrede nije, osim za interne potrebe, bila poznata niti utvrđena naknada za korištenje prijenosa, budući da su sve tri djelatnosti elektroprivrede bile objedinjene u jednom društvu za koje se utvrđivao rezultat poslovanja. Nakon financijskog (imovinskog) razdvajanja djelatnosti elektroprivrede trebat će odrediti i naknadu za prijenos električne energije. Za tu zadaću sigurno će dobro poslužiti svjetska iskustva, koja su prethodno prikazana, a vezana su za: metodu izračuna, strukturu troškova i postupak proračuna pojedinog troška.

Prema internoj evidenciji i razgraničenju ukupnih troškova, u nastavku se pokazuju troškovi i cijena prijenosa električne energije.

Tablica 5. Troškovi i cijena prijenosa električne energije u Hrvatskoj

Opis	2000.	2001.
Troškovi (kuna)	585.065.893	574.585.549
Prenesena energija (GWh)	13.134,5	13.733,7
Cijena prijenosa (kuna/MWh)	44,54	41,83
Cijena prijenosa (€/MWh)*	5,86	5,50

\*€ = 7,60 kuna

## 6. INTERNACIONALIZACIJA PRIJENOSNE MREŽE ELEKTRIČNE ENERGIJE

Trgovanje električnom energijom ne poznaje administrativne granice među državama. Ostvarivanje profita ulaganjem u elektroenergetske objekte s jedne strane i tehnička povezanost proizvođača i kupaca električne energije s druge strane uzrokuje mrežno povezivanje proizvođača i kupaca.

Druga činjenica internacionalnog razvoja prijenosne mreže električne energije je nastojanje europskih zemalja da se Europa pretvori u jedno interno tržište električne energije. Razlog tome je poslovne i političke naravi. Operativno to znači slobodan pristup prijenosnoj mreži svim proizvođačima i kupcima električne energije na području Europe, na isti način kao što se



zahtijeva slobodan pristup mreži prijenosa svim elektroenergetskim subjektima na području jedne države.

Vežano za internacionalno povezivanje proizvođača i kupaca električne energije potrebno je odrediti i naknadu (tarifu) za internacionalno korištenje prijenosne mreže. Općenito za internacionalno upravljanje tokovima energije na jedinstvenom europskom tržištu, kao i za određivanje naknade za internacionalno korištenje prijenosne mreže formirana su posebna tijela na razini Europe.

## 7. ZAKLJUČAK

Cijena (tarifa) prijenosa električne energije različita je u prikazanim europskim zemljama, kako po strukturi (elementima koji su uključeni u tarifu), tako i po razini. Razlog tome su različiti pristupi u organizaciji prijenosa u sklopu cjelokupne elektroprivrede, politici cijene, razvijenosti tržišta električne energije i sl. Prema prikazanim podacima, u europskim zemljama, cijena prijenosa električne energije kreće se od 3 – 10 €/MWh.

Cijena prijenosa električne energije, prema internoj evidenciji HEP-a, u Hrvatskoj prema podacima za 2000. i 2001. je na razini 5,50 €/MWh. U usporedbi s europskim zemljama sadašnja cijena prijenosa električne energije u Hrvatskoj je na razini prosjeka u europskim zemljama.

Budući da se treba, temeljem postojećih zakona, u Hrvatskoj utvrditi razina naknade za korištenje prijenosne mreže, za taj postupak predlažemo:

- naknada za prijenos treba biti odraz troškova (povijesnih, ili marginalnih) prijenosa i ostalih usluga
- odrediti koje sve troškove treba uključiti u naknadu
- započeti s najjednostavnijom metodom utvrđivanja naknade, a to je metoda "poštanske marke" (svi korisnici prijenosne mreže plaćaju istu jediničnu naknadu)
- kao podlogu za proračun naknade za korištenje mreže koristiti povijesne (knjigovodstvene troškove) uz odgovarajući profit
- ne diskriminirati naknadu na povlaštene i nepovlaštene kupce
- gubitke u prijenosu uključiti u cijenu naknade
- u naknadu uključiti i sve pomoćne usluge i usluge upravljanja sustavom
- postupno dobro analizirati koristi od marginalne metode utvrđivanja troškova (marginalni troškovi) te primijeniti tu metodu na svrsishodan način.

## LITERATURA

- [1] Methods and Tools For Transmission Costs, CIGRE, October, 1997., Task Force 38.04.03
- [2] ARRIAGA, MONTERO, ODERIZ: "Benchmark of Electricity Transmission Tarrifs", Instituto de Investiga-

cion Tecnologica, Universidad Pontificia Comillas, Madrid, 2002.

- [3] Russian Federal Energy Commission Training Program-Principles of Regulatory Economics, Project Editor Geoffrey Rothwell, Department of Economics Stanford University, Stanford, 1998.
- [4] S. STOFT: "Power System Economics-Designing Markets for Electricity", IEEE, 2002.
- [5] C. OCANA: "Regulatory Reform in the Electricity Supply Industry". IEA, 2002.
- [6] Zakon o tržištu električne energije, NN 68/2001.
- [7] Godišnji izvještaj o poslovanju HEP-a za 2000. i 2001.

## ECONOMIC CHARACTERISTICS OF TARIFF SYSTEM FOR ELECTRIC ENERGY TRANSMISSION IN EU COUNTRIES

In the world and in Croatia transformation of electric supply companies is taking place whereby monopoly is abandoned and markets of electric energy applied. Basic prerequisites for electric energy market are: economic separation of electric supply functions and free access to transmission and distribution to all energy entities. Under these circumstances, among other things, transmission of electric energy needs special care regarding: organization of electric energy transmission, structure and level of electric energy transmission service, as well as specific costs that make the price of transmission service. The level of prices for electric energy service in the European countries shows characteristics of each electric supply company, the same level for eligible and non-eligible customers and level 3-10 Euro/MWh.

## ÖKONOMISCHE MERKMALE DER PREISGESTALTUNG IN ÜBERTRAGUNGSNETZEN DER EU-LÄNDER

In der Welt allgemein, Kroatien nicht ausgenommen, ist eine Umgestaltung der Elektrizitätswirtschaftlichen Tätigkeiten im Sinne der Monopolabschaffung und der Einführung des freien Marktes im Gange. Die Grundvoraussetzungen für einen Markt der elektrischen Energie sind: Haushaltliche Trennung diverser Elektrizitätswirtschaftlicher Tätigkeiten und der freie Zutritt den Übertragungs- und Versorgungsnetzen aller elektroenergetisch Mitwirkenden. Bei solchen Verhältnissen geht der Energieübertragung im Sinne der Bewerksstellung, Beschaffenheit und Preisabstufung der Übertragungsdienstleistung u. U. eine besondere Achtsamkeit zu. die Kosteneigenschaften dieser Übertragung beachtend. Die Übertragungspreise für elektrische Energie in den EU-Ländern zeigen die Besonderheiten einzelner Elektrizitätswirtschaften, bei gleichen Stufen (ohne Vorrang) für bevorzugte und nicht bevorzugte Abnehmer im Rahmen von 3-10 €/MWh.

Naslov pisca:

**Marijan Magdić, dipl. ing.**  
**Institut za elektroprivredu i enegetiku**  
**Ulica grada Vukovara 37**  
**10000 Zagreb, Hrvatska**

Uredništvo primilo rukopis:  
 2003 – 11 – 18.



# METEOROLOŠKI ČIMBENICI I OŠTEĆENJA DALEKOVODA OD RIJEKE DO PERUČE U SIJEČNJU 2003. GODINE

Lidija Cvitan – Gordana Hrabak-Tumpa, Zagreb – Ante Delonga, Split

UDK 621.315.1:515.5  
STRUČNI ČLANAK

Tijekom siječnja 2003. godine, zbog djelovanja leda i/ili vjetra veći dio Hrvatske, i to južno od Rijeke, ostao je bez električne energije. Razlog su bili ispadi pojedinih dionica dalekovoda Hrvatske. U ovom se radu daju samo najvažniji ispadi prijenosne mreže te ukupno stanje distribucijske mreže Like te područja u unutrašnjosti južno od Velebita.

U drugom dijelu rada prikazani su vremenski uvjeti u razdoblju od 7. – 15. siječnja na području od Rijeke do Peruče kako bi se sagledali mogući meteorološki uzroci nastalih šteta na dalekovodnoj mreži. Najopasniji među njima su puhanje jake do olujne bure, te pojava kiše koja se smrzavala pri dodiru s podlogom. Smrzavajuća kiša je osobito jaka i dugotrajna bila na kninskom području.

**Ključne riječi:** dalekovod, kvar na vodu, bura, dodatni teret od leda i snijega.

## 1. UVODNA RAZMATRANJA

U ovom se članku raspravlja istodobno pojavljivanje meteoroloških čimbenika koji su mogli utjecati na nastanak štete na pojedinim dijelovima elektroenergetske mreže na području od Rijeke do Peruče u razdoblju od 7. do 15. siječnja 2003. godine. Za područje svakog dalekovoda, za kojeg su utvrđene štete, navode se osobine meteoroloških čimbenika u vrijeme tih šteta. Procjena mogućnosti meteorološkog utjecaja na pojedinoj lokaciji ovisi o blizini te lokacije i lokacije s koje se raspoložive odgovarajućim izvornim meteorološkim podacima. Naime, kako se nadzemni vodovi moraju postavljati izvan naseljenih mjesta gdje nema meteoroloških postaja, a često niti automatskih meteoroloških mjerenja, potrebno je pojedine mjesne uvjete procijeniti na temelju meteorološkog znanja i iskustva.

## 2. STANJE NADZEMNE ELEKTROENERGETSKE MREŽE

### 2.1. Prijenosna mreža

Na području PrP Opatija u razdoblju između 6. i 13. siječnja 2003. godine došlo je do oštećenja vodiča na DV 400 kV RHE Velebit – TS Melina od RHE Velebit do stupa broj 20, oštećenja elastičnih odstoynika za izvedbu snopova vodiča, oštećenje zaštitnih užeta u ovjesima i duž raspona, oštećenja opreme za zavješene zaštitnih užeta kao i znatnih oštećenja na opremi za nosivo zavješene zaštitnog užeta na gotovo svim stupnim mjestima.

Tijekom 12. siječnja 2003. godine došlo je na DV 220 kV Senj – Melina do rušenja nosivih stupova broj 145 i 146 kao i oštećenja vrha stupa broj 144 i 147 i to uz samu akumulaciju HE Tribalj.

Tih je dana bilo i kvarova na dalekovodu Krk – Rab.

Na području PrP Split bilo je na nekoliko mjesta ispada pojedinih dalekovoda. Prvi veći ispad dogodio se 7. siječnja 2003. godine na dalekovodu 110 kV RHE Velebit – TS Obrovac u 7,15 sati koji je ispao iz elektroenergetskog sustava Hrvatske. Dan kasnije ustanovljena su oštećenja: lom međufaznih odstoynika kada je oštećeno 16 od ukupno 26 komada, zaplitanje gornje i donje faze u rasponu između 7. i 8. stupa te oštećenje elastičnog odstoynika vodiča u snopu.

U razdoblju između 8. i 13. siječnja došlo je do loma skoro svih preostalih međufaznih odstoynika, zaplitanja gornje i donje faze u rasponu između 20. i 21. stupa, oštećenja zavješena zaštitnog užeta na stupovima broj: 9, 18 i 20, novih oštećenja elastičnog odstoynika vodiča u snopu, a na 19. stupu došlo je do prekida zavješena izolatorskog dvostrukog lanca koji je uzrokovao pad snopa vodiča srednje faze na zemlju.

Dana 9. siječnja 2003. godine u 5,36 sati ispao je, iz elektroenergetskog sustava dalekovod 110 kV Obrovac – Zadar a u 14,24 sati u TS Benkovcu ispao je prekidač polja Obrovac (kada je i u TS Nin također ispao prekidač polja Obrovca). Ustanovljena su oštećenja: na DV 110 kV Obrovac – Zadar u rasponu između 10. i 11. stupnog mjesta došlo je do prekida gornje faze, a u rasponu između 12. i 13. do prekida sva tri fazna vodiča i zaštitnog užeta, a na DV 110 kV Benkovac –

Obrovac došlo je do loma vrha stupa s gornjom konzolom na stupu broj 111.

Dana 11. siječnja 2003. godine u 19,23 sati u TS Konjsko proradila je APU na prekidaču polja Brinje nakon čega je došlo do ispada DV 220 kV Konjsko – Brinje. Pregledom terena ustanovljeno je rušenje ukupno 7 stupova u rasponu od stupnog mjesta broj 155 do 173, na tri stupa oštećen je vrh stupa i zavješanje zaštitnog užeta, a na jednom je stupu oštećena gornja konzola. Istog dana, 11. siječnja te u prvim satima 12. siječnja, registrirano je preko trideset APU na prekidačima dalekovoda 400 kV Konjsko – Velebit te deset ispada prekidača polja DV kV Konjsko – HE Velebit. U rasponu od stupnog mjesta 268 do 290 ustanovljeno je: iskrivljeni vrhovi stupova – ukupno 6, prekid zaštitnog užeta u rasponu između stupnog mjesta broj 267 i 268, a prekinuta su zavješanja zaštitnih užadi koja su ostala na spoju: vrh – vanjski dio prečke.

Zbog djelovanja bure na dalekovode otoka Paga dana 15. siječnja nastala je posolica koja je dovela do znatnog broja APU-a, ali i šest ispada dalekovoda 110 kV Lički Osik – Novalja. Nakon ispiranja statkom vodom pojedinih izolatora dalekovoda kao i izolacije na KS Toretta, vod je ušao u normalni pogon.

## 2.2. Distributivna mreža

U pojedinim pogonima Elektre Zadar te Elektre Šibenik kao i na području Elektrolike u tom je razdoblju bilo dosta prekida i problema u isporuci struje.

Na području Elektrolike bilo je srušenih stupova na DV 35 kV Obrovac – Zadar. Mreža cijelog područja Obrovca bila je porušena ili izvan pogona: 70 stupova, 75 trafostanica 10/0,4 kV te je 2.000 potrošača ostalo bez struje.

Najveći dio pogona Knin šibenske elektre, koji je površinom od 1.100 km<sup>2</sup> jedan od najvećih dalmatinskih pogonskih područja, 11. siječnja osvanuo je potpuno okovan ledom. Tri 35 kV dalekovoda bila su izvan pogona. Dalekovodi: Vrbnik – Golubić, Knin – Kosovo te Knin – Golubić bili su porušeni. Od ukupno četiri trafostanice 35/10 kV ovog područja, njih tri bile su izvan pogona. Ukupno je 23. naselja i 25 trafostanica 10/0,4 kV ostalo bez napona te je 4.200 potrošača ostalo bez napona. Kako je tog dana zapuhala olujna bura, sljedećeg je dana i preostali dio mreže dobilo znatna oštećenja. Bez napajanja ostalo je ukupno 125 trafostanica. Za sanaciju je ugrađeno ukupno 1.200 stupova (460 stupova za dalekovode) te 23 km SKS vodova.

Mreža zadarske elektre ostala je bez stotinu drvenih stupova s betonskim nogarima. Na području Biograda i Benkovca bilo je po desetak oštećenih stupova dok je većina stradalih stupova bila na području Obrovca. Najveći problemi bili su na DV 35 kV Obrovac – Secline gdje su oštećeni: zemno uže, prečke i strujni mostovi.

## 3. METEOROLOŠKI ČIMBENICI

Premještanje velikih zračnih masa nad Europom u razdoblju od 7. – 15. siječnja 2003. omogućilo je lokalno stvaranje mnogih meteoroloških čimbenika značajnih za opisane štete na nadzemnim vodovima elektroenergetske mreže na području Hrvatske od Rijeke do Peruće. Najprije se, 7. siječnja, ciklona (koja je nastala nad sjevernom Italijom) premjestila nad srednji Jadran. Zrak u cikloni bio je vlažan i hladan. Na sjevernom i dijelu srednjeg Jadrana zapuhala je olujna i orkanska bura, dok je u južnoj Dalmaciji puhalo jugo. Ciklona se sljedećeg dana pomaknula na istok, a iz zapadne Europe se približavala nova ciklona. Ta se ciklona produbljavala u Genovskom zaljevu, a 9. i 10. siječnja nalazila se nad Hrvatskom. Po visini je nad područjem Alpa i naših krajeva nastala ciklona, pa je 8. siječnja bilo vrlo hladno jutro sa snijegom u unutrašnjosti Hrvatske. Ponovno je u unutrašnjosti bilo snijega osobito 9. siječnja. Sljedećeg je dana još ponegdje padao snijeg, ali slabiji. Malo snijega bilo je mjestimično i na sjevernom, te na dijelu srednjeg Jadrana, dok je u Dalmaciji padala kiša. U unutrašnjosti Hrvatske se kiša mjestimično ledila u dodiru s tlom. U sljedeća dva dana (11. i 12. siječnja) se ciklona nalazila nad južnom Italijom i Grčkom, a nad Hrvatskom je jačao ogranak anticiklone iz zapadne Europe.

U našim krajevima se djelomice razvedrilo i bilo je uglavnom bez oborina. Na Jadranu je zapuhala bura s olujnim i orkanskim udarima. Jutro je bilo izrazito hladno. Dana 13. siječnja se ciklona nad srednjim Sredozemljem popunila, pa je bura na Jadranu oslabjela. Sljedećeg je dana u unutrašnjosti ponovo bilo više oblaka. Polje visokog tlaka zraka i visinski greben uzrokovali su pretežno sunčano vrijeme, ali je jutro i dalje bilo vrlo hladno. I sljedećih je dana pod utjecajem anticiklone bilo barem djelomice sunčano, a po visini je zbog jačanja jugozapadnog i zapadnog strujanja pritjecao topliji zrak.

Ovdje će se predočiti one osobine pojedinog meteorološkog čimbenika koje mogu biti povezane s nastankom najvećih materijalnih šteta u opisanim poremećenim vremenskim uvjetima. Prikazat će se vrijednosti meteoroloških elemenata (vjetar, temperatura i oborina) i podaci o vrsti, intenzitetu, te trajanju meteoroloških pojava. Pojedini su meteorološki elementi i pojave analizirani s različitih lokacija promatranog područja zbog prostorno različite dostupnosti podataka o njima.

### 3.1. Vjetar

Vjetar predstavlja strujanje zraka usporedno sa Zemljinom površinom, a uzrokovano horizontalnom razlikom atmosferskog tlaka. Vjetar je određen smjerom i brzinom. Brzina vjetra je velika kad je razlika tlaka na maloj udaljenosti velika. Na zemljopis-

noj širini Hrvatske, takav je slučaj obično u ciklonama i na rubovima anticiklona.

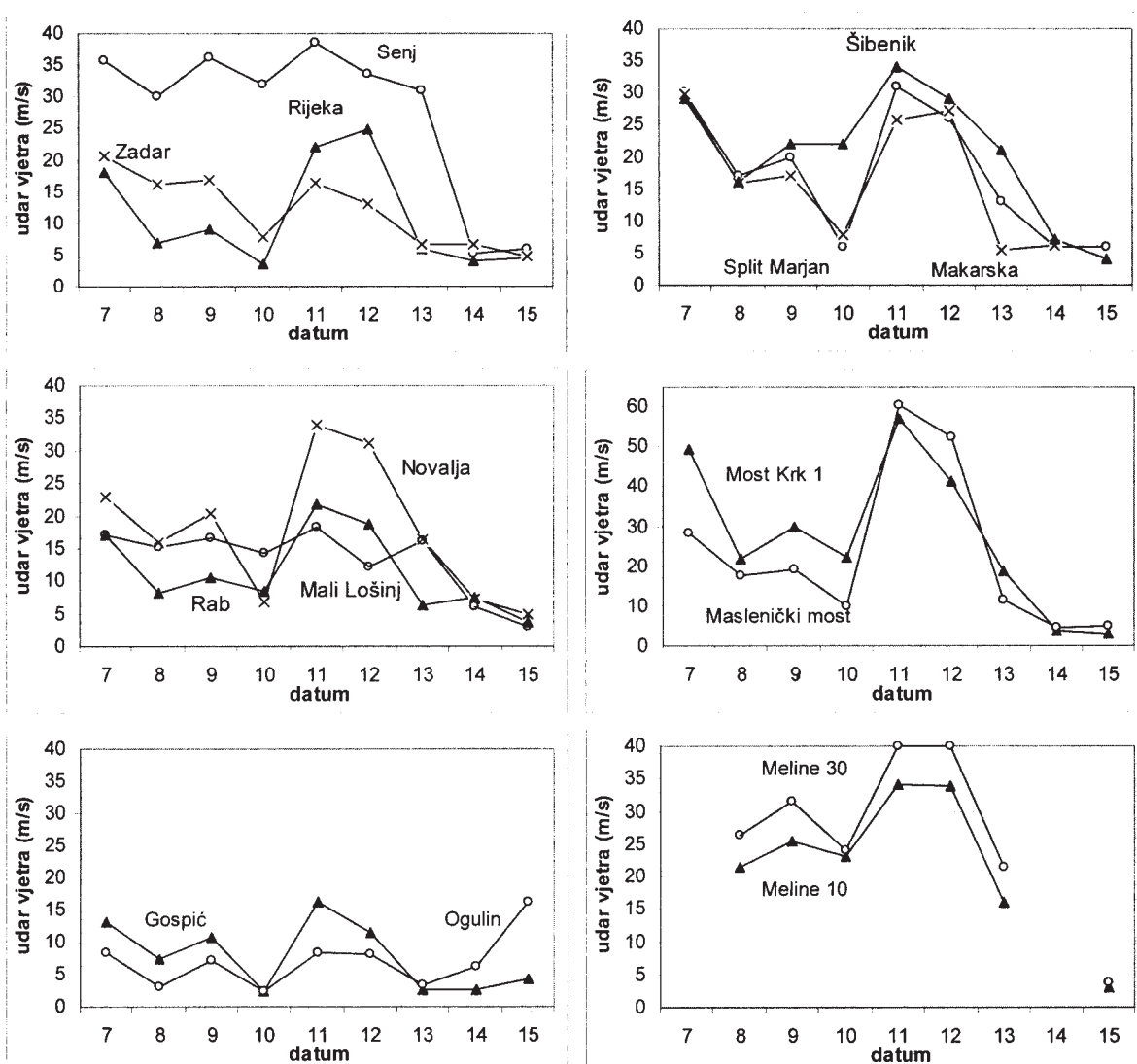
Vjetrovni uvjeti su u promatranom razdoblju analizirani na temelju udara vjetra jer udari vjetra mogu uzrokovati najveće materijalne štete. Naime, pri udaru vjetra su trenutačno povećane brzine vjetra u odnosu na brzine prije i poslije nastupa udara. Osobito jaki udari vjetra već su izmjereni na promatranom području Hrvatske u sličnim poremećenim vremenskim uvjetima.

Najveći udari vjetra u pojedinom danu su analizirani na temelju podataka s 15 lokacija koje imaju instrumentalna mjerenja brzine (m/s) i smjera vjetra. Grafički su maksimalne izmjerene brzine vjetra u pojedinom danu prikazane na slici 1. Brzina vjetra se mjeri na 10 m nad tlom, a samo ponegdje na više razina. Od analiziranih lokacija, samo se na lokaciji TS Meline provode mjerenja na dvije razine, tj. na 10 i 30 m nad tlom.

U razdoblju od 7. – 15. siječnja su na obalnom području od Rijeke do Makarske, najveće brzine vjetra

izmjerene na mostu prema Krku i na Masleničkom mostu. Područja mosta su najotvorenija od svih promatranih lokacija te je vjetar tamo razvio najveće brzine. Već 7. siječnja izmjerene su brzine od 49.2 m/s na Krčkom i 28.3 m/s na Masleničkom mostu. Maksimalne brzine vjetra promatranog razdoblja veće od 15 m/s, su na Krčkom mostu mjerene u razdoblju od 7. – 13. siječnja, a na Masleničkom u razdobljima 7. – 9. i 11. – 12. siječnja. Dana 11. siječnja su izmjerene najveće brzine i na Krčkom (57.0 m/s) i Masleničkom (60.5 m/s) mostu. Na području ovih mostova se 14. i 15. siječnja maksimalne brzine vjetra izjednačuju smanjujući se na manje od 10 m/s.

U Senju je brzina najvećih udara vjetra od 7. – 13. siječnja bila veća od 30 m/s. Maksimalne dnevne brzine vjetra bile su veće od 15 m/s samo 7, 11. i 12. siječnja u Rijeci, te 7. – 9. i 11. siječnja u Zadru. Na području Šibenika su maksimalne dnevne brzine vjetra bile veće od 15 m/s u razdoblju 7. – 13. siječnja, a na lokacijama Split – Marjan i Makarska u razdoblju 7. – 9. i 11. – 12. siječnja.



Slika 1. Maksimalni dnevni udari vjetra na području od Rijeke do Peruče u razdoblju od 7. – 15. siječnja 2003. godine

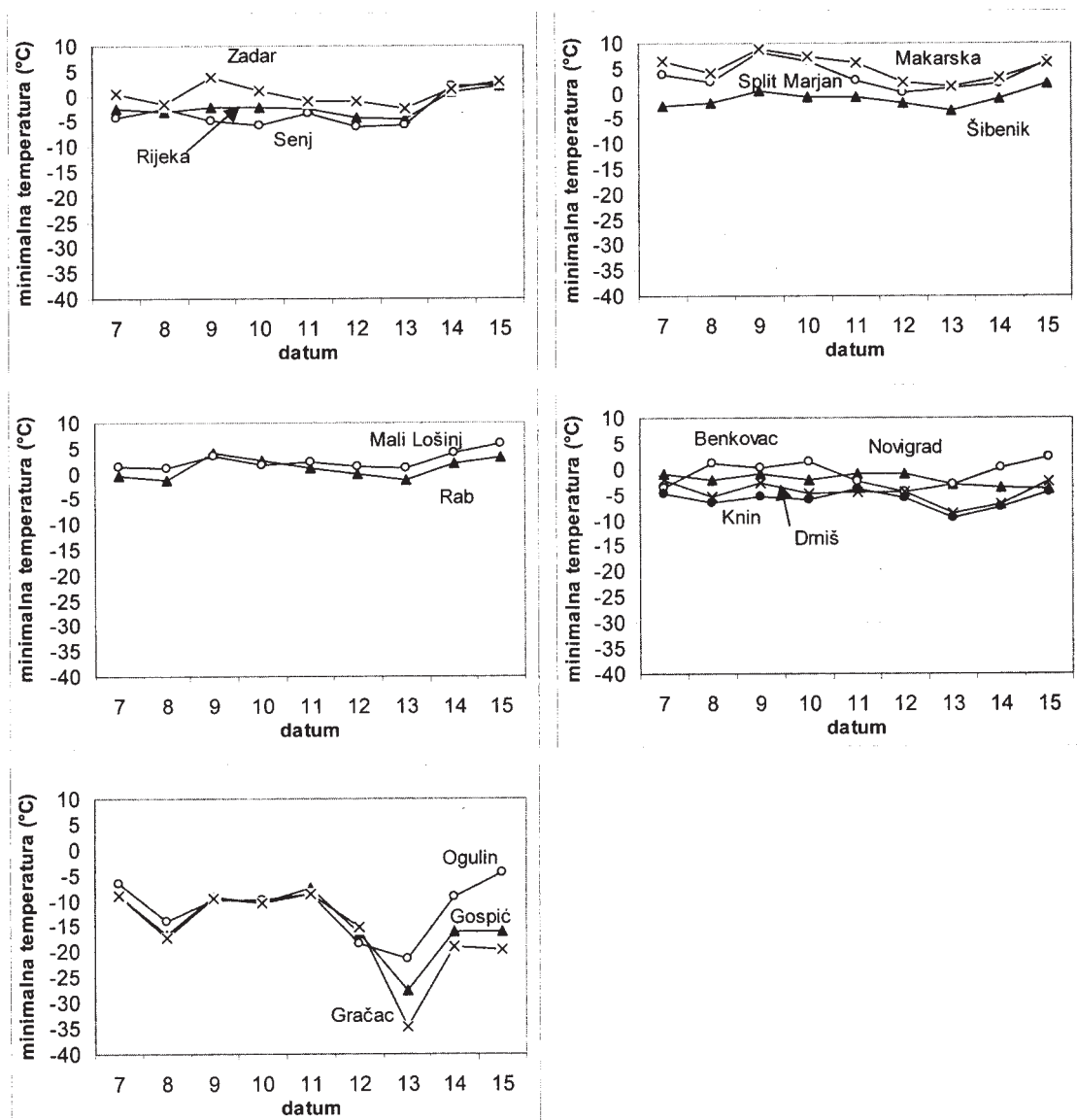
U promatranom razdoblju su na otocima Rabu, Pagu (Novalja) i Malom Lošinju hodovi maksimalnih dnevnih brzina vjetra prilično različiti. Na Rabu i Pagu, koji su bliži kopnu nego Mali Lošinj, valni oblik hoda maksimalnih dnevnih brzina vjetra sličan je obliku odgovarajućeg hoda riječke lokacije. No, u Novalji na Pagu su iznosi maksimalnih brzina znatno veći nego na Rabu. U Novalji su u razdobljima 7. – 9. i 11. – 13. siječnja maksimalne brzine veće od 15 m/s. U odnosu na rapski i paški, hod maksimalnih brzina vjetra na Malom Lošinju je prilično ujednačen u razdoblju 7. – 13. siječnja. Tad je raspon maksimalnih brzina na Malom Lošinju od 12.2 do 18.2 m/s. Tek 14. i 15. siječnja se maksimalne brzine vjetra izjednačuju na prostoru ovih triju otoka smanjujući se na manje od 10 m/s.

U riječkom zaleđu (TS Meline), te osobito u velebitskom zaleđu (Gospić) i Gorskom Kotaru (Ogulin), hod maksimalnih dnevnih brzina vjetra je bitno drugačiji nego u

obalnom području i na otocima. Također je, u odnosu na Ogulin i Gospić, izražena različitost melinskih hodova maksimalnih brzina vjetra, koje su veće od 15 m/s na 10 m i na 30 m nad tlom od 8. do 13. siječnja. U Gospiću i Ogulinu su maksimalne brzine vjetra u razdoblju 7. – 15. siječnja uglavnom znatno manje od 15 m/s, te samo u po jednom danu dostižu do 16.1 m/s (Gospić), odnosno do 16.3 m/s (Ogulin). Jezero hladnog zraka koje se zadržava u zaleđu planina, povremenim mahovitim prelijevanjem uvijek uzrokuje mnogo veće brzine vjetra (bura) na obalnom području nego u zaleđu planina.

### 3.2. Temperatura zraka

U hladnom dijelu godine hladnoća uglavnom posredno uzrokuje štete na nadzemnim vodovima i ostalim dijelovima elektroenergetskog sustava promatranog područja. Od 7. do 15. siječnja 2003. su



Slika 2. Minimalne dnevne temperature zraka na području od Rijeke do Peruče u razdoblju 7. – 15. siječnja 2003. godine

zbog hladnoće na velikom dijelu Hrvatske povremeno ili stalno postojali uvjeti potrebni za stvaranje i održavanje ledenih naslaga na tlu i predmetima nad tлом. Zbog zaleđivanja je bilo materijalnih šteta diljem Hrvatske. Zato je ovdje hladnoća analizirana na temelju minimalnih dnevnih temperatura zraka pri kojima su eventualni uvjeti za održavanje ledenih naslaga najpovoljniji.

Minimalna dnevna temperatura pojedinog dana se mjeri u 21 sat svakog dana. Izmjereni podatak prema tome označava najnižu temperaturu zraka u razdoblju od 21 sat prethodnog do 21 sat u danu na kojeg se podatak odnosi. Analiza minimalnih dnevnih temperatura zraka je provedena za 15 lokacija s područja od Rijeke do Peruće. Vrijednosti minimalnih temperatura su grafički prikazane na slici 2.

U razdoblju od 7. – 13. siječnja su na području Rijeke i Senja minimalne dnevne temperature zraka bile niže od 0°C, no nisu se spuštale ispod –4.5°C (Rijeka), odnosno ispod –6.0°C (Senj). U dane 14. i 15. siječnja su minimalne dnevne temperature bile veće od 0°C. Novigradske minimalne dnevne temperature zraka su tijekom cijelog razdoblja (7. – 15. siječnja) bile niže od 0°C, a najniža je iznosila –3.8°C (15. siječnja). U Zadru i Šibeniku su se minimalne dnevne temperature od 7. – 15. siječnja još manje spuštale ispod 0°C nego u Rijeci, Senju i Novigradu. Tijekom analiziranih devet, samo u četiri dana su izmjerene minimalne temperature zraka bile niže od 0°C u Zadru, a u sedam dana u Šibeniku. Na južnim promatranim lokacijama, Split-Marjan i Makarskoj, nisu utvrđeni uvjeti za zaleđivanje na temelju vrijednosti minimalnih dnevnih temperatura. Na tim su lokacijama tijekom cijelog promatranog razdoblja temperature zraka bile veće od 0°C.

Temperatura zraka se u promatranom razdoblju na području Malog Lošinja nije spuštala, a na otoku Rabu se četiri dana (7., 8., 12. i 13. siječnja) spuštala ispod 0°C. Najniža je vrijednost temperature na Rabu bila –1.4°C (7. i 13. siječnja).

U zadarskom zaleđu (Benkovac) su minimalne dnevne temperature bile niže od 0°C samo 7., 11, 12. i 13. siječnja, a u šibenskom (Knin i Drniš) tijekom cijelog razdoblja 7.–15. siječnja. Rasponi minimalnih dnevnih temperatura bili su na području Knina od –4.0°C do –9.5°C, a na području Drniša od –2.0°C do –8.6°C.

Najniže temperature zraka su izmjerene u Gorskom Kotaru (Ogulin) i Lici (Gospić i Gračac). od 7. do 15. siječnja minimalne temperature su bile znatno ispod 0°C, a 13. siječnja se temperatura u Gračacu spustila čak do –34.6°C.

### 3.3. Oborina

Pojedini oblici oborina i njihova velika količina (osobito velika količina oborine u kratkom razdoblju) mogu uzrokovati velike štete na elektroenergetskom mreži. Osobito je opasna ona oborina koja se taloži na nadzemnim vodovima i svojim teretom (dodatni teret)

uzrokuje nastanak štete na njima. Stoga su u ovom poglavlju analizirane dnevne količine oborine i njihov oblik. Analiza je provedena za 26 lokacija s promatranog područja.

Dnevna količina oborina predstavlja količinu oborina od 7 sati prethodnog do 7 sati onog dana u kojem se mjeri i na kojeg se izmjereni podatak odnosi. Količina oborine se iskazuje u milimetrima, a količina oborine od 1 mm ekvivalentna je jednoj litri vode na četvorni metar površine. Debljina ukupnog snijega na tlu je također analizirana, kao i debljina novog snijega koji je pao u posljednja 24 sata. Debljina snijega se također mjeri u 7 sati i iskazuje u centimetrima. Količina oborine 0.0 mm ili debljina snijega 0 cm označavaju kako je oborina izmjerena u vrlo malim količinama.

Oblik oborine označava je li izmjerena količina oborine izmjerena od oborine tekućeg (kiša, rosulja, tuča, sugradica, smrzavajuća kiša, smrzavajuća rosulja), krutog (snijeg, zrnati snijeg, ledene iglice, solika) ili mješovitog (susnježica) oblika.

Na promatranom je području u razdoblju od 7. do 15. siječnja 2003. godine, oborina padala u prvoj polovici razdoblja. Najveća dnevna količina oborine izmjerena je 7. siječnja u Gračacu (98.3 mm). U Rijeci i Senju je prevladavao kruti oblik oborine, a na ostalim lokacijama duž obale i na otocima tekući oblik. U šibenskom zaleđu je oborina bila češće tekućeg nego krutog oblika, a u Gorskom Kotaru i Lici samo krutog oblika. Najveća izmjerena debljina snježnog pokrivača je duž obale bila 4 cm (7. siječnja u Senju), a u Lici i Gorskom Kotaru je dosegala do 90 cm (12. siječnja u Gospiću). Najviše je snijega izmjereno 7. siječnja (29 cm u Ogulinu i 30 cm u Gospiću).

Osim krute oborine, uz minimalne dnevne temperature zraka manje od 0°C u prvoj je polovici promatranog razdoblja, i tekuća oborina imala uvjete za taloženje na nadzemnim vodovima elektroenergetske mreže na sljedećim područjima: Rijeke, Senja, Novigrada, Šibenika, Knina, Drniša, Ogulina, Gospića i Gračaca. Uvjeti za taloženje i stvaranje opterećenja na vodovima postojali su 7. siječnja i na području Benkovca, te 8. siječnja na području Zadra, a 7. i 8. siječnja i na Rabu.

### 3.4. Meteorološke pojave

Meteorološke pojave poblize označavaju stanje atmosfere. To su pojave koje se uočavaju u atmosferi ili na Zemljinoj površini.

Analizirana je prostorna raspodjela pojedinih meteoroloških pojava u pojedinom danu tijekom razdoblja od 7. do 15. siječnja 2003. godine. Ukupno je analizirano 12 meteoroloških pojava na 26 lokacija.

Dok su u prethodnom poglavlju raspravljene pojedine vrijednosti oborine, ovdje će se raspraviti samo činjenica njenog pojavljivanja u pojedinom danu. Kako je podatak o pojavi dostupan osim s meteoroloških postaja na kojima se oborina mjeri i sa svih ostalih

postaja, moguće je dobiti detaljan prostorni uvid o pojavi oborine. To je značajno jer je osim količine i samo pojavljivanje oborine prostorno vrlo promjenljivo.

Pojava kiše je na području od Rijeke do Peruče u prvom dijelu promatranog razdoblja motrena na većini lokacija. Smrzavajuća kiša je padala 8. i 9. siječnja na području Knina, a 10. siječnja u Šibeniku.

Osim na južnim dijelovima (Split – Marjan, Makarska), gotovo posvuda je na promatranom području 7. siječnja padao uglavnom snijeg, a ponegdje i/ili susnježica. Snijega je bilo čak i na Rabu, Pagu i Malom Lošinju. Padanje snijega je motreno i idućih nekoliko dana (Ogulin – do 14. siječnja, Senj – do 11. siječnja, te Rijeka i Gračac – do 10. siječnja). Zrnati snijeg je motren u po jednom danu u Senju, Ogulinu i Kninu.

Snježni pokrivač pokrivaio je tlo tijekom cijelog promatranog razdoblja na području Gorskog Kotara (Ogulin), Like (Gospić i Gračac) i Senja. Na riječkom području snijeg se zadržavao na tlu prvih pet, na kninskom prva tri dana promatranog razdoblja, a u Zadru i Novigradu samo 7. siječnja.

Tijekom promatranog razdoblja poledica (ledena kora koja nastaje smrzavanjem kiše na predmetima na tlu i nad tlom) je uočena u osam uzastopnih dana (7. – 14. siječnja) na području Kosova i u sedam uzastopnih dana (8. – 14. siječnja) na području Knina u šibenskom zaleđu, u sedam dana na području Barbata na Pagu i u pet uzastopnih dana u Senju (7. – 10. siječnja). U nekoliko je navrata uočena poledica i u Šibeniku i na još nekoliko lokacija u šibenskom zaleđu do Knina, kao i u zadarskom zaleđu (Obrovac). U Kninu je poledica na tlu motrena uzastopce sedam dana (8. – 14. siječnja), a površinski led (nastaje na tlu smrzavanjem kišnih barica ili otopljenog snijega) uzastopce osam dana (8. – 15. siječnja). U tri dana promatranog razdoblja površinski led je motren i u Senju.

Mraz je naslaga leda na predmetima nastala depozicijom vodene pare pri temperaturi nižoj od 0°C. Pojave mraza su na promatranom području mjestimično motrene uglavnom krajem promatranog razdoblja. U promatranom je razdoblju mraz bio najčešći u šibenskom zaleđu (Skradin, Slapovi Krke, Stankovci, Kistanje, Drniš, Vrlika i Vinalić). Na području Raba i Paga bilo je mraza u danima od 13. – 15. siječnja.

Pojava jakog i olujnog vjetera je motrena na temelju učinaka vjetera na predmete u prirodi. Pojavom jakog vjetera je nazvana pojava vjetera pri kojem se samo njišu velike grane ili čak i cijelo veliko drveće te je također otežano hodanje. Vjetar takve jačine ima brzinu od 10.8 m/s do 17.1 m/s. Vjetar još veće snage, te brzine veće od 17.2 m/s, nazvan je olujnim vjetrom. Olujni vjetar je onaj uz koji je već nemoguće hodati protiv vjetera, njišu se cijela debla i lome velike grane drveća. Podaci o vjetru dobiveni metodom motrenja su analizirani i za lokacije s kojih su raspoloživi precizniji (izmjereni) podaci. Naime, na meteorološkim postajama na kojima se brzina vjetera mjeri, obično se dodatno upisuje i po-

datak o pojavi jakog i olujnog vjetera na temelju procjene metodom motrenja. Duž Jadranske obale od Rijeke do Makarske te u zaleđu na području Knina, gotovo je posvuda uočena pojava jakog i/ili olujnog vjetera 7. siječnja te opet 11. i 12. siječnja. Najviše je dana s vjetrom velike jačine u razdoblju od 7. do 15. siječnja bilo na područjima: Senja, Novigrada, Šibenika, Knina, Splita, Raba i Malog Lošinja. U Šibenskom zaleđu je jedino 11. i 12. siječnja jaki vjetar motren na području Skradina, a olujni na području Vinalića.

#### 4. ZAKLJUČAK

Analiza meteoroloških čimbenika, koji su mogli utjecati na nastanak šteta na pojedinim dijelovima elektroenergetske mreže, opisana je u drugom poglavlju ovog rada. Za svaki dalekovod, za koji su utvrđene štete, navode se osobine meteoroloških čimbenika u vrijeme tih šteta. Procjena mogućnosti meteorološkog utjecaja na pojedinoj lokaciji ovisi o blizini te lokacije i lokacije s koje se raspoložuje odgovarajućim izvornim meteorološkim podacima. Naime, u pravilu su trase izvan naseljenih mjesta, gdje nema niti meteoroloških postaja, a često niti automatiziranih meteoroloških mjerenja, potrebno je pojedine lokalne uvjete procijeniti na temelju meteorološkog znanja i iskustva.

Prva oštećenja elektroenergetske mreže počela su 7. siječnja i to na širem području Obrovca. Tog je dana snijeg padao na cijelom području od Rijeke do Šibenika (uključujući i otoke: Mali Lošinj, Pag, Rab) kao i u unutrašnjosti od Gorskog Kotara preko Like do Dalmatinske zagore. Istodobno je olujna bura zabilježena u Rijeci, na mostu Krk – kopno, na TS Melini, u Senju, Novalji na Pagu, Masleničkom mostu, Zadru, Šibeniku, Splitu, Makarskoj. U Gospiću je 7. siječnja ujutro izmjereno ukupno 41 cm snježnog pokrivača od kojih je 30 cm bilo novog snijega. Sve ovo ukazuje da je na području Obrovca zabilježena istodobna pojava padanja snijega i olujnog vjetera (na Masleničkom mostu zabilježeni su udari vjetera do 30 m/s) koja je uzrokovala prva oštećenja nadzemnih vodova. U idućim je danima bio daljnji prodor hladnog i vlažnog zraka u unutrašnjost Like i Dalmatinske zagore (temperatura zraka u unutrašnjosti iznosila je do -10°C Ogulin, Gospić, Gračac a uz more oko ništice) što je i dalje uvjetovalo pojavu jake do olujne bure na Jadranu, ali i pojavu krute oborine. Na kninskom je području u dva dana (8. i 9. siječnja) zabilježena pojava padanja kiše koja se pri dodiru s podlogom ledila. Morkar snijeg zabilježen je tijekom 8. siječnja na području južno od Obrovca (Kistanje, Stankovci) koji je uz jake do olujne udare vjetera uzrokovao daljnja oštećenja nadzemne mreže na širem području Obrovca.

Pod utjecajem ciklone nad južnom Italijom a anticiklone nad zapadnom i središnjom Europom u našu je zemlju dolazio još hladniji zrak iz Skandinavije, što je prouzročilo nagli pad temperature zraka (u Gračacu je



izmjerena temperatura zraka do  $-35^{\circ}\text{C}$ ). Ovo jezero hladnog zraka u unutrašnjosti i za tridesetak stupnjeva topliji zrak uz more, uvjetovalo je stvaranje orkanske bure s udarima vjetra do 60 m/s (preko 200 km/h!). Ove brzine vjetra zabilježene su na otvorenim prostorima – na Krčkom i Masleničkom mostu. Istodobno je na TS Melini zabilježen udar vjetra do 40 m/s a na TS Novalja do 35 m/s. Kako je još 10. siječnja na području Novigrada i Benkovca padala kiša to je, najvjerojatnije, u unutrašnjosti kod TS Obrovca bilo i krute oborine u obliku mokrog snijega. Istodobna pojava orkanske bure i mokrog snijega mogla je, na već oslabljene vodove, samo dokrajčiti oslabljene spojeve stupova i nadzemnih vodiča.

Posebno treba ukazati na pojavu orkanskog vjetra na području TS Melina 11. i 12. siječnja posebno stoga što je na meteorološkoj postaji Rijeka zabilježen snježni pokrivač sve do 11. siječnja. Na meteorološkoj postaji Senj snježni pokrivač zabilježen je sve do kraja promatranog razdoblja. Međutim, pojava ledenog ovjesa na nadzemnom vodu 220 kV Senj – Melina bila je uz samo akumulacijsko jezero i to ne od oborine već od utjecaja bure na vodene čestice akumulacije. Naime, bura je vjetar velike snage koji raznosi čestice vode s vodenih površina i nanosi ih na predmete u okolini. U ovom ih je slučaju nanosila na dijelove nadzemnog voda rashlađene na temperaturu znatno ispod ništice.

Također treba ukazati na pojavu posolice na DV kV Lički Osik – Novalja. Tijekom 15. siječnja u nekoliko je navrata bilo ispada tog dalekovoda. Zbog puhanja olujne do orkanske bure (11. siječnja) mogle su se stvoriti naslage soli na dijelovima dalekovoda koji su okomiti na smjer puhanja bure pa i na izolatorskim lancima. Zbog posolice dolazi do preskoka i ispada voda. Kako nije bilo oborine, vod je ušao u normalni pogon tek nakon ispiranja slatkom vodom pojedinih izolatorskih lanaca predmetnog dalekovoda na pagu i izolacije na samoj KS Toreta (koja je na samoj obali Paga direktno izložena djelovanju bure).

Prethodno navedeno ukazuje da, kod dimenzioniranja novih vodova kao i kod sanacija oštećenja, treba voditi računa o utvrđenim meteorološkim čimbenicima.

## LITERATURA

- [1] G. HRABAK-TUMPA, 1986: "Havarije elektroenergetskih objekata i opasne meteorološke pojave – uzroci i posljedice", Zbornik radova savjetovanja ENIK, Budva
- [2] G. HRABAK-TUMPA, Z. MLADENIĆ, V. JURČEC, 1989: "Determination of meteorological parameters for designing a 400 kV transmission lines", Open Conference, Group 22, CIGRE, 24 – 29.
- [3] G. HRABAK-TUMPA, Z. ŽIBRAT, B. CIVIDINI, 1993: "Meteorološki čimbenici kao podloga projektiranja i sanacije dalekovoda", I savjetovanje HK CIGRE, II sekcija – vodovi i postrojenja, 159 – 164.
- [4] G. HRABAK-TUMPA, A. DELONGA, 1997: "Meteorological facts and accidents on high voltage transmission line network in Croatia", 3 rd European Conference on Applications of Meteorology, Lindau, 187 – 189.
- [5] S. IVATEK-ŠAHDAN, G. HRABAK-TUMPA, 1999: "Projektiranje dalekovoda i meteorološki čimbenici", IV savjetovanje HK CIGRE, Cavtat, 22 – 07: 65 – 72.
- [6] HEP, PrP Opatija i PrP Split, 2003.: Izvješća o štetama na dalekovodnoj mreži
- [7] DHMZ, Meteorološka izvješća

### METEOROLOGICAL FACTS AND TRANSMISSION LINE DAMAGES FROM RIJEKA TO PERUČA IN JANUARY 2003

During January 2003, because of ice and/or wind a major part of Croatia south of Rijeka, found itself without electric energy. The reason was the failure of some Croatian transmission lines. In this paper only the most important failures are given, as well as the entire state of Lika distribution network, and the inland region south of Velebit.

In the second part of the paper weather conditions in the period from 7 to 15 January from Rijeka to Peruča are presented in order to analyze meteorological reasons of damages on transmission network. The most dangerous among them was very strong to stormy and even hurricane-speed bora, together with rain that was freezing in contact with the soil. Freezing rain was extremely strong and long lasting in the Knin region.

### WETTERKUNDLICH VERURSACHTE BESCHÄDIGUNGEN AN FERNLEITUNGEN ZWISCHEN DER STADT RIJEKA UND DEM WASSERKRAFTWERK PERUČA IM JÄNNER DES JAHRES 2003

Ein grösserer Teil des südlich von Rijeka liegenden kroatischen Landes blieb, wegen der Einwirkung von Eis und/oder Wind, ohne elektrische Energie. Grund dafür waren Ausfälle betroffener Teilstrecken der Fernleitungen. In diesem Artikel werden nur die wichtigsten Ausfälle des Übertragungsnetzes und der Gesamtzustand des Verteilungsnetzes in der Region Lika und in dem Gebiet südlich des Bergmassivs Velebit angeführt.

Um mögliche wetterkundliche Ursachen der am Fernleitungsnetz entstandenen Schäden wahrzunehmen, sind im zweiten Teil des Artikels Wetterbedingungen in der Zeit vom 7. bis zum 15. Jänner im Gebiet zwischen Rijeka und Peruča dargestellt. Die gefährlichsten Schadensursachen waren der starke bis stürmische, sogar orkanartige Wind "Bora" und der beim Aufprall an die Unterlage erfrierende Regen. Der erfrierende Regen war besonders ausgiebig und langdauernd im Bereich der Stadt Knin.

Naslov pisaca:

**Lidija Cvitan, dipl. ing.**  
**Gordana Hrabak-Tumpa, dipl. ing.**  
**Državni hidrometeorološki zavod,**  
**Grič 3, Zagreb**  
**10000 Zagreb, Hrvatska**

**Ante Delonga, dipl. ing.**  
**HEP – Prijenos d.o.o.**  
**Ulica kneza Ljudevita Posavskog 5**  
**21000 Split, Hrvatska**

Uredništvo primilo rukopis:  
 2003 – 11 – 28.



# PILOT-PROJEKT INDIVIDUALIZACIJE TROŠKOVA GRIJANJA ZAGREB 2

Florijan Račić, Zagreb

UDK 697.34:621.311.22  
PREGLEDNI ČLANAK

Hrvatska, u usporedbi s ostalim državama Europe, ima preveliku potrošnju energenata i energije grijanja. Njezino se smanjivanje može postići na nekoliko osnovnih načina: racionalnijom uporabom, primjenom odgovarajuće mjerne regulacijske opreme, i uvođenjem novih načina obračuna troškova grijanja. Najveći učinci se postižu uvođenjem suvremenih i pravednih sustava individualizacije troškova, koji, na racionalnu uporabu i štednju snažno potiču i motiviraju sve korisnike grijanja.

U nas je s tom svrhom, u proljeće 1997., dogovorom predstavnika Ministarstva gospodarstva Republike Hrvatske (Odjel Energetike i rudarstva), Gradskog stambeno-komunalnog gospodarstva (GSKG) Zagreba, tvrtke Techem A.G. iz Frankfurta i tvrtke Danfoss d.o.o. iz Zagreba, izabrana ili dogovorena stambena zgrada u Gospodskoj ul. 84-86, kao zgrada prvog Pilot-projekta individualizacije troškova grijanja. Godinu dana kasnije, u proljeće 1998., dogovorom istih donatora, odnosno tvrtki Techem i Danfoss, i predstavnika GSKG-a Zagreb, HEP TD-a i Ministarstva gospodarstva RH, je za Pilot-projekt Zagreb 2 određena zgrada II Vrbik 1-3.

**Ključne riječi:** individualizacija troškova grijanja, Pilot-projekt.

## Uvod

Nedavno je Internacionalna energetska agencija (IEA) objavila poražavajuće prognoze o potrošnji energenata i energije, među kojima je i energija grijanja. Prema toj prognozi će, do 2030. godine, potrošnja energenata narasti za više od 70%, a uvoz nafte i plina iz zemalja OPEC-a i Rusije u industrijske zemlje EU, na dvostruku vrijednost. Usprkos racionalnijoj uporabi i štednji energenata i energije, te razvoja novih tehnologija, izvori obnovljive energije porast će samo pet posto, a uporaba atomske energije će sa sadašnjih 7 pasti na 5 posto. Stoga će i u idućem razdoblju, usprkos brojnim istraživanjima i pronalascima, primjerice na području uporabe vodika i drugih tvari, nafta i plin ostati glavni energenti. Uz to će proizvodnja otpadnih plinova, primjerice CO<sub>2</sub>, porasti za više od 70 posto.

Promicanje racionalne uporabe i štednje energenata, energije grijanja, tople i hladne vode u zemljama Zapadne Europe višegodišnja je i postojana praksa. Jedan od načina njezine realizacije zasnovan je na individualiziranim mjerenjima potrošnje energenata i energije grijanja pomoću sustava individualizacije troškova grijanja (SITG-a), sustavi individualizacije troškova hladne ili tople vode (SIV-e, SITV-e) i zajednički sustavi individualizacije troškova grijanja i troškova priprave tople vode (SITGTV-e). SI-e se grade u više tehničkih i organizacijskih oblika. Sadrže raznovrsnu opremu mjerenja i reguliranja pojedinačne potrošnje topline u stanovima, i pojedinačne potrošnje ogrjevnih

tijela, potrošnje hladne i tople vode. SI-e masovno rabe nekoliko osnovnih vrsta opreme. Rabe se i različiti postupci očitavanja, obračuna i naplate ukupnih i pojedinačnih ili individualiziranih računa grijanja (IRG-a), računa hladne (IRHV-e), i računa tople vode (IRTV-e). Korisnici SI-e plaćaju samo količine i troškove energenata, toplinske energije, tople i hladne vode, koje sami troše ili rabe.

Osnovne značajke SI-e su sigurnost, učinkovitost, točnost, ekološkičnost, niska cijena i brza isplativost. Ovi su uvjeti odlučujući, i o njima ovise sve odluke o vrsti i načinu uporabe SI-e, odnosno o načinu obračuna troškova grijanja i tople vode. Najučinkovitije su suvremene europske, i najčešće primjenjivane, vrste SI-e, s jednostavnim, točnim i jeftinim isparničkim, ili električnim razdjelnicima. Njih, usprkos bitno većim materijalnim mogućnostima, građani Zapadne Europe najčešće rabe. Oni primjenu ovih SI-e tumače uvjerljivo, brojnim i opravdanim razlozima. I u njih prijeku potrebu zakonske prisile za uporabu SI-e također tumače razborito. U zemljama EU-e se, zadovoljavajući sve EU-norme, uredbe i propise, investicijske odluke za uvođenje SI-e donose gospodarski učinkovito i pravodobno.

## 1. ZADAĆA PILOT-PROJEKTA

Zadaća Pilot-projekta Zagreb 2 je pokusno uvođenje sustava individualiziranih mjerenja, obračunavanja i naplate troškova grijanja i vode u stanovima grijanim

**Pregled donatora, suorganizatora, voditelja poslova i suradnika na Pilot-projektu**

Suorganizatori i donatori	Poslovi	Zadužene osobe
Ministarstvo gospodarstva RH, Odjel za energetiku i rudarstvo, Zagreb, Av. grada Vukovara 68	Odabir koncepcije, suorganizatora, donatora opreme, i zgrade Pilot-projekta	Miroslav Kamenski, dipl. inž., načelnik u Odjelu za energetiku
Gradsko stambeno komunalno gospodarstvo (GSKG) Zagreb, Savska ul. 1	Odabir zgrade, suradnika iz GSKG-a, izvođača radova, nadstojnika i suradnika u zgradi Pilot-projekta	Matijašić Josip, dipl. inž., direktor Gradskog stambeno komunalnog gospodarstva Zagreb, Vesna Godec, dipl. inž., referent; Krunoslav Žulj, dipl. tehn., referent; Ivica Tonković, nadstojnik zgrade II Vrbik 1-3, Zagreb,
HEP TD-i Zagreb, Miševečka b.b.	Odabir zgrade, priprema TS-e za ugradnju opreme SI-e, prikupljanje podataka o potrošnji topline i naplati troškova grijanja u zgradi II Vrbik 1-3	Branimir Poljak, dipl. inž., direktor HEP TD-i, Vinko Devčić, dipl. inž., direktor HEP TM-a, Mijo Marović, dipl. inž., teh. direktor HEP TM-a, Jurica Brnas, dipl. inž.
TECHEM A.G., Saonestrasse 1, Frankfurt, (65760 Eschborn, Hauptstrasse 89) SRNJ	Donacija isparničkih razdjelnika topline V93, inventarizacija opreme grijanja, montaža razdjelnika, očitanje potrošnje i obračun troškova grijanja i tople vode, u zgradi II Vrbik 1-3	Gunter Hutten, dipl. ing. savjetnik, TECHEM A.G. Frankfurt, SRNJ, R.Eichinger, dipl. ing. voditelj službe, TECHEM A.G. Wien, Austria, Florian Angerer, ing. voditelj službe, TECHEM A.G. Wien, Austria, Heinz Kranzelbinder, ing., voditelj TECHEM A.G. , Graz, Austria, Walter Oman, voditelj TECHEM A.G., Ljubljana, Slovenija
Danfoss d.o.o., Zagreb, Heinzlova 4	Donacija radijatorskih RTD, i usponskih regulacijskih ventila ORV u zgradi II Vrbik 1-3	Saša Stranić, dipl. ing. direktor, Dino Puček, dipl. oec., komercijalist, Danfoss d.o.o., Zagreb
Instalacije Golubić d.o.o., Zagreb, D. Smetane 12	Uređenje instalacija grijanja, montaža termostatskih ventila i usponskih regulatora	Golubić Dragutin, vlasnik i voditelj tvrtke
Gradska plinara Zagreb, Radnička c. 3	Meteorološki podaci o sezonama grijanja	M. Jerković, dipl. oec., komercijalist, Robert Čuić, dipl. inž., referent.

Centralnim toplinskim sustavom (CTS) HEP TM-a u Zagrebu, i uvođenje naplate troškova grijanja i tople vode prema stvarnoj potrošnji. Zadaća Pilot-projekta je i utvrđivanje smjernica za poboljšanje energetske efikasnosti sustava grijanja u skupno grijanim zgradama, te poticanje korisnika grijanja u cijeloj Hrvatskoj na racionalnu uporabu i štednju topline, tople i hladne vode.

Zadaća Pilot-projekta je i prikupljanje vjerodostojnih podataka o potrošnji i uporabi topline za grijanje stanova i topline za pripremu potrošne (sanitarne) tople vode u našim skupno grijanim stanovima. Rezultati Pilot-projekta trebaju poslužiti u donošenju opće energetske strategije, i cjelokupne zakonske regulative za područja opskrbe i potrošnje topline u Zagrebu i Hrvatskoj.

Zadaća Pilot-projekta je i potpunija priprema održavatelaca skupno grijanih stanova, i komunalnih službi i poduzeća u Hrvatskoj, te upućivanje na ispravan izbor i primjenu urednih i suvremenih sustava individualiziranja troškova grijanja i tople vode. Zadaća Pilot-projekta je i provjera primjene suvremene, točne, pouzdane, sigurne i jeftine opreme SI-e u našim uvjetima. Temeljem ovih zadataka SI-e, odlučena je uporaba jednostavnih, točnih,

pouzdatih, sigurnih i jeftinih isparničkih razdjelnika topline, termostatskih i usponskih regulacijskih ventila. Takva se oprema SI-e, iz mnoštva razloga, najčešće primjenjuje i u zemljama EU.

## 2. USPOSTAVA PILOT-PROJEKTA

U svibnju 1998., nakon dogovora suorganizatora Pilot-projekta, djelatnici tvrtke Techem su, zajedno s djelatnicima tvrtke Danfoss, i djelatnicima područnog ureda Gradskog stambeno-komunalnog gospodarstva Zagreb, pregledali TS-u, zgradu i sustav grijanja (tablica 1), te utvrdili potpunu mogućnost ugradnje predloženog SI-e u Pilot-projektu Zagreb 2.

Potom je izrađen popis vlasnika i provjera iskazanih površina grijanih stanova i lokala (tablica 2). Utvrđeno je da su promjene vlasnika bile rijetke, da nije bilo pregradnji, ni većih rekonstrukcija stanova i poslovnih prostora. Nisu rekonstruirani, ni bitno mijenjani, dijelovi kućne ogrjevne mreže, ni opreme TS-e.

Potom su, tijekom kolovoza i rujna 1998., djelatnici tvrtke Techem snimili stanje, i napravili inventuru opreme grijanja stanova, kućne ogrjevne mreže i toplinske stanice. Krajem rujna 1998., izvedeno je završno

snimanje stanja i prikupljanje podataka o ogrjevnim tijelima (radijatorima), zadnja provjera podataka i tehničke dokumentacije, te utvrđivanje stanja toplinske stanice i razvodne mreže zgrade. Tako su prikupljeni svi potrebni tehnički podaci o zgradi i cjelokupnom sustavu grijanja. Potom su djelatnici tvrtke Techem dimenzionirali, isporučili, i usklađeno s drugim poslovima uspostave Pilot-projekta, na ogrjevna tijela u 15 od ukupno 16 stanova, ugradili isparničke razdjelnice.

Tvrtka Danfoss d.o.o. iz Zagreba donirala je termostatske ventile za radijatore i usponske regulatore za cijelu zgradu Pilot projekta. Uz to je tvrtka Danfoss d.o.o. platila i dio troškova montaže termostatskih ventila i usponskih regulatora tlaka ogrjevne vode. Svi radovi su obavljani tijekom rujna i, uz kraće zastoje, završeni u listopadu 1998. Potom je oprema SITGTV-e stavljena u pogon u cijeloj zgradi Pilot projekta Zagreb 2. Samo u jednom stanu, zbog odsutnosti vlasnika, koji boravi u inozemstvu, nije bila omogućena pravodobna ugradnja opreme SI-e. To je učinjeno u ljeto 1999., i nije bitno utjecalo na vjerodostojnost Pilot-projekta Zagreb 2 i prvog obračuna individualizirane potrošnje topline u stanovima.

**Tablica 1. Tehnički podaci o sustavu grijanja i SI-e zgrade II Vrbik 1-3**

Adresa	Zagreb, II Vrbik 1-3
Godina izgradnje	1989;
Broj stanova	16 stanova, 2 grijana stubišta i jedan zajednički prostor
Broj stanova i korisnika	16/58
Vlasnici	Etažni vlasnici stanova i poslovnih prostorija
Izvedba zgrade	Prizemlje i 2 kata, s podrumom
Toplinska stanica	Transformacijska toplinska stanica za grijanje i pripremu tople vode, priključena na CTS HEP TM-e
Snaga toplinske stanice	Snaga pripreme tople vode=70 kW; snaga pripreme ogrjevne vode 120 kW; ukupna snaga grijanja 190 kW
Ukupna površina stanova	1073,95 m <sup>2</sup>
Temperatura vode polaz/povrat	90/70 °C
Razvodna mreža	Horizontalni razdjelnici, 11 vertikala od prizemlja do potkrovlja
Sustav razvoda	Dvocijevni
Ogrjevna tijela, radijatori	97 komada Lipovica, različitih dimenzija i vrsta
Oprema sustava individualiziranja troškova	97 komada isparničkih razdjelnika Techem V93, 97 komada termostatskih ventila RTD, i 11 komada usponskih regulacijskih, ventila ASV Danfoss

Djelatnici Gradskog stambeno-komunalnog gospodarstva (GSKG-a) Zagreba, a posebno predstojnik zgrade

su, tijekom svih radova, uredno i pravodobno pripremali i obavještavali stanare o programima i planovima radova na montaži opreme SI-e.

Ugrađena oprema sustava je, u sezonama grijanja 1998./99., 1999./2000., te tijekom posljednjih sezona grijanja redovno pregledana, servisirana i djelomično, u stanu br. 15, dograđena. SI-e je i sada pogonski spreman, pa se, prema želji i mogućnostima stanara, ili nakon stupanja na snagu pripadnih zakona i uredbi, može staviti u puni pogon. Cjelovitu uporabu SI-e, može se i ranije dogovoriti s voditeljima HEP TM-a u Zagrebu, pa, napokon, započeti pravednu i individualiziranu, naplatu troškova grijanja u zgradi II Vrbik 1-3.

### 3. STANJE POSTROJENJA TOPLINSKE STANICE I SUSTAVA GRIJANJA ZGRADE

Zgrada II Vrbik 1-3, je u središnjem dijelu Zagreba, na području Općine Trnje. Izgrađena je tijekom 1989. godine. Suvremeno je građena i uredno održavana. Postrojenje toplinske stanice je u pogonu više od 14 godina, održava se uredno, nije značajnije dograđivano ni modernizirano. Kućna ogrjevna mreža još nema cjelovitu opremu automatskog hidrauličkog uravnotežavanja. Dio ogrjevnih tijela je zamijenjen, pa je i korisnička oprema grijanja dijelom drugačija od projektirane.

**Tablica 2. Podaci o zgradi, stanovima i broju članova domaćinstava zgrade II Vrbik 1-3**

Red. broj	Šifra stanara	Prezime	Površina stana [m <sup>2</sup> ]	Koef. stana	Broj osoba
1	12	x	24,51	0,023	3
2	21	x	31,47	0,029	1
3	39	x	75,23	0,07	4
4	47	x	66,71	0,062	4
5	55	x	84,65	0,079	4
6	63	x	66,04	0,061	4
7	71	x	84,61	0,079	4
8	80	x	58,99	0,055	4
9	98	x	76,87	0,072	4
10	101	x	66,31	0,062	4
11	110	x	84,69	0,079	6
12	128	x	66,49	0,062	5
13	136	x	84,75	0,079	4
14	144	x	65,99	0,061	2
15	152	x	77,43	0,072	4
16	161	x	59,21	0,055	1
17	Zajednički prostor				
18		Stubište 1			
19		Stubište 3			
		<b>Ukupno</b>	1073,95	1	58

#### 4. ZADAĆA, PRIPREMA I OBRADA PODATAKA I REZULTATA PILOT-PROJEKTA

Radi uredne izvedbe Pilot-projekta prikupljeni su mnogi podaci iz ranijih sezona grijanja. Oni sadrže potrošnje topline za grijanje i pripremu tople vode, meteorološke podatke i godišnje podatke o stupanj danima ( $^{\circ}\text{d}$ ). Dio njih je, zajedno s podacima o potrošnji topline od 1996/1997. do 1999/2000., pokazan tablicom i dijagramom 1. Zbog toga što podsustav grijanja sanitarne vode nije odvojen, nisu navedeni ni odvojeni podaci o troškovima pogona i održavanja sustava grijanja, ni odvojeni podaci, osim u ljetnim mjesecima, o troškovima pripreme i potrošnje tople vode. Podaci iz analiziranih sezona grijanja, očitani s razdjelnika topline, obrađeni su cjelovito, te djelomično prikazani u pripadnim tablicama i dijagramima. Podaci o mjesečnim temperaturama i stupanj danima pokazani su tablicom i pripadnim dijagramom 2.

Rezultati ukupne obrade podataka, i njihove usporedbe u 1997./1998., 1998./1999., 1999./2000., pokazuju značajno smanjenje potrošnje toplinske energije u sezoni grijanja 1998./1999., u kojoj su prvi put obračunati individualizirani troškovi grijanja stanova. Stanari su u toj sezoni, s pravom, očekivali i vrlo pozitivne rezultate vlastite racionalne uporabe i štednje topline. Stoga je u njoj, spram sezone 1996./1997., prosječno smanjenje potrošnje topline iznosilo značajnih 18,5%. Samo u mjesecu studenom 1998., je, uz bitno lošije meteorološke uvjete, odnosno uz više stupanj-dana, a zasigurno temeljem snažno motivirane štednje stanara, potrošeno ca 28% manje topline, nego u studenom 1997.

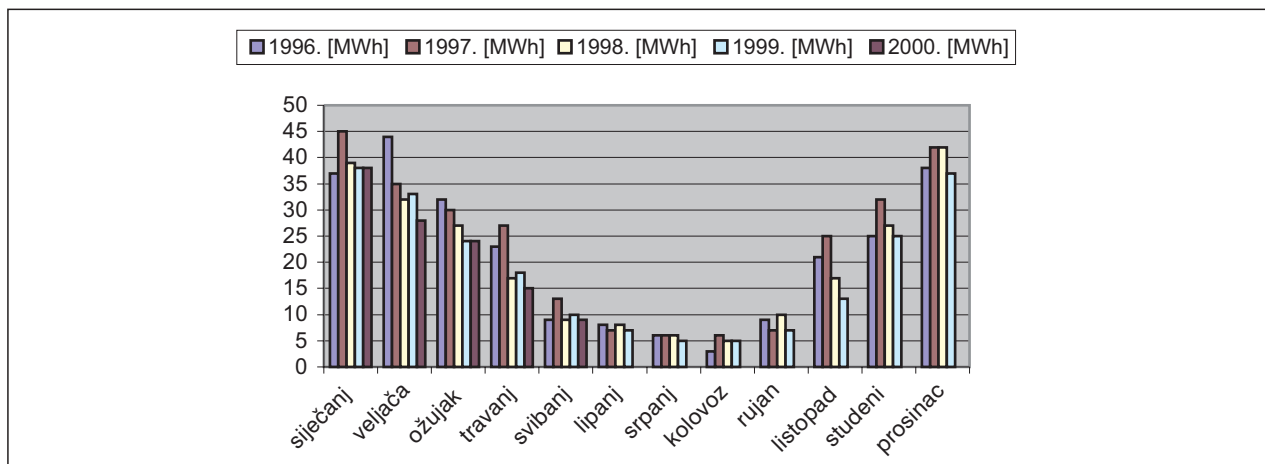
Proračun ušteda energije uzeo je u obzir i činjenicu, da je sezona grijanja 1997./1998., zbog ukupno boljih klimatskih uvjeta, bila energetski povoljnija od prijašnjih sezona. To je vidljivo i u podacima o godišnjim potrošnjama energije (tablica i dijagram 1), prosječnim mjesečnim temperaturama (tablica i dijagram 2), u sporednom prikazu iznosa godišnjih stupanj-dana i potrošnji topline (tablica i dijagram 3), te podaci o po-

Tablica 3. Godišnje potrošnje topline grijanja i vode u zgradi Pilot-projekta Zagreb 2

Mjesec	1996. [MWh]	1997. [MWh]	1998. [MWh]	1999. [MWh]	2000. [MWh]
siječanj	37	45	39	38	38
veljača	44	35	32	33	28
ožujak	32	30	27	24	24
travanj	23	27	17	18	15
svibanj	9	13	9	10	9
lipanj	8	7	8	7	
srpanj	6	6	6	5	
kolovoz	3	6	5	5	
rujan	9	7	10	7	
listopad	21	25	17	13	
studeni	25	32	27	25	
prosinac	38	42	42	37	
<b>Ukupno</b>	<b>255</b>	<b>270</b>	<b>244</b>	<b>220</b>	<b>114</b>

trošnji topline za grijanje i toplu vodu u sezonama grijanja 97./98. i 98./99. (tablica i dijagram 4).

Utvrđena, ukupno manja potrošnja topline, rezultat je spomenute, snažne, početne motivacije stanara, koji su se, nakon upoznavanja s ciljevima Pilot-projekta i novog načina obračuna troškova, odlučili na bitno pažljiviju potrošnju i štednju topline. Mnogi od njih su s pravom očekivali i nove, manje, račune. Očekivali su i mogući povrat preplaćenih iznosa, nastalih nepravедnim obračunom i naplatom troškova grijanja prema površini stanova. To im je u prvo vrijeme, a najviše u posljednjim mjesecima 1998. godine, i bila najveća motivacija za štednju. Podaci u tablicama i dijagramima pokazuju, da je i ta snažna, vrlo svjesna i pozitivna motivacija za racionalnu uporabu i štednju topline, zbog nastavka starog načina naplate troškova, u kasnijim mjesecima bitno smanjena. To je vidljivo u podacima usporednih pregleda potrošnje energije po sezonama, i u podacima o naplaćenim troškovima grijanja i potrošnje tople vode od strane HEP TM-a Zagreb (tablica 7).



Dijagram 1. Godišnje potrošnje topline grijanja i vode u zgradi Pilot-projekta Zagreb 2

**Tablica 4. Prosječne mjesečne temperature u Zagrebu od 1995. do 2000.**

Mjesec	1995.	1996.	1997.	1998.	1999.	2000.
siječanj		-0,2	-0,4	4,4	1,4	-0,72
veljača		0,4	5,8	6,9	3,4	5,93
ožujak		4,7	8,3	6,7	13,3	9,07
travanj		12,1	9,5	14,7	13,9	16,06
svibanj		18,1	18,6	16,6	18,2	18,45
lipanj		21,7	21,4	22,5	21,53	
srpanj		21	22,3	23,3	23,25	
kolovoz		21,5	22,3	23,2	22,49	
rujan		14,1	18,3	17	19,89	
listopad	13,1	12,4	10,5	12,6	13,01	
studeni	6,5	8,4	6,5	4,3	3,93	
prosinac	1,8	-0,7	3,7	-2,2	2,6	

Iako je u skladu s važećim propisima HEP TD-i, nastavak nepravdna obračuna i naplate troškova tople vode, vidljivo je demotivirao stanare za racionalniju uporabu i štednju topline.

#### a. Nerazborita i nepravdna naplata energije tople vode

Općenito uzevši, naplata energije tople vode je u mnogim našim sustavima centralnih grijanja u cjelini netočna i nepravdna. Usprkos očiglednoj neuvjerljivosti, i općoj nerazboritosti, troškovi tople vode se u nas i dalje, i najčešće, naplaćuju prema kvadraturi, a ne, neusporedivo korektnije, prema broju članova domaćinstava. Razlozi i opravdanja, s kojima se obrazlaže ovaj način naplate, su različita, nerazumljiva, neuvjerljiva, a ponekad i smiješna.

To najviše šteti samcima, koji, primjerice, rabe prosječno veće stambene površine, i zasigurno troše manje tople, pa i hladne vode, nego što je plaćaju. Čak i neke službene statistike i procjene potrošnje iznose nevjerodostojan podatak, da, primjerice u gradu Zagrebu,

samci troše četiri puta više tople vode od ostalih, valjda i "natprosječno štedljivih", stanara?!

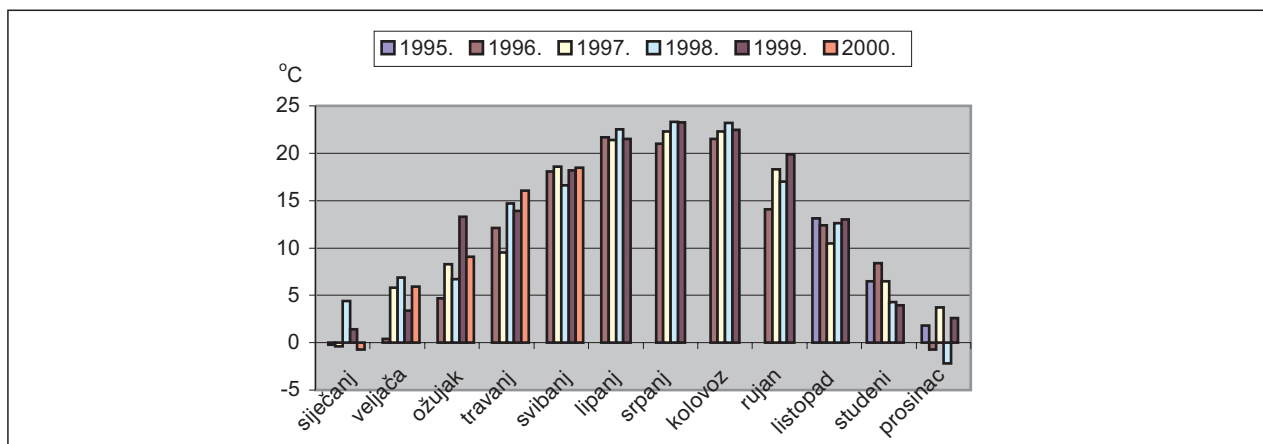
U zgradi Pilot-projekta Zagreb 2, energija za pripremu tople vode se stalno, i u ogrjevnoj sezoni, u iznosu od 6 do 10 MW mjesečno, obračunava i naplaćuje prema kvadraturi stanova. U prosječno jednakim iznosima, obračunava se i u mjesecima ogrjevnih sezona. Stoga, u zgradi Pilot-projekta, prosječna godišnja potrošnja energije tople vode obračunava u iznosu i do 30% ukupne energije grijanja (tablica i dijagram 4). To je još jedan uvjerljiv razlog, da toplinu za grijanje i toplinu za potrošnu vodu, posebice u zgradi ovog Pilot-projekta, treba mjeriti zasebno, i naplaćivati po stvarnoj potrošnji, odnosno po broju članova domaćinstava.

Praksa opće nepravdne naplate tople sanitarne vode u nas se može, i mora, prekinuti, kako radi pravednije naplate troškova, tako i radi snažnijeg poticanja racionalne potrošnje i štednje tople vode. Zato početak treba uvesti odvojena mjerenja topline grijanja, i topline sanitarne vode u toplinskim stanicama, a potom troškove njezine potrošnje i potpuno individualizirati.

#### b. Ukupna potrošnja i uštede energije grijanja

Značajne, ukupne uštede topline vidljive su u tablici i dijagramu 3. Podaci pokazuju da je, primjerice, uz 36% više stupanj-dana, potrošnja topline u prosincu 1998. jednaka onoj u prosincu godine 1997. (42 MW!). Potrošnja topline u ovoj sezoni grijanja je manja za 18,5% od topline potrebite prema broju stupanj-dana. Znači da je postignuta i realna ušteda topline.

I dalje je, što se vidi u podacima sezona 1998./99. i 1999./2000., potrošnja topline bitno niža nego u sezonama 1995./1996. i 1996./1997. prije uvođenja SI-a. To je, u većine stanara zgrade Pilot-projekta, posljedica snažnih i motivirajućih očekivanja manjih troškova grijanja. Nažalost, pokazalo se da optimizam stanara nije opravdan, pa je, i zbog njihovog razočaranja, u sezonama grijanja 1998./99. i 1999./00. potrošnja topline ponovo porasla. Nadalje je ostao aktivan dio štednje, koja je posljedica djelovanja termostatskih ventila,

**Dijagram 2. Prosječne mjesečne temperature 1995. – 2000. god.**

zbog kojih SI-e i dalje djeluje štedljivo. Njima treba zahvaliti i štednju topline u sezoni grijanja 1999./2000., u kojoj je, uz 0,5% manje °dana, potrošnja topline manja za 8,3%! Nažalost, iako je bila potpuno omogućena, ni u ovoj sezoni nije i uspostavljena individualizirana naplata troškova grijanja.

### c. Utjecaji termostatskih ventila i razdjelnika topline na potrošnju energije grijanja

I analiza Pilot-projekta Zagreb 1 [1] je pokazala da je početna uporaba termostatskih ventila samo u zgradi Gospodske 86 značajno povećala racionalnu uporabu i štednju topline. Stoga se pri određivanju opreme Pilot-projekta Zagreb 2, odlučilo na zamjenu zapornih ventila s termostatskim ventilima, koje je također donirala tvrtka Danfoss d.o.o. iz Zagreba.

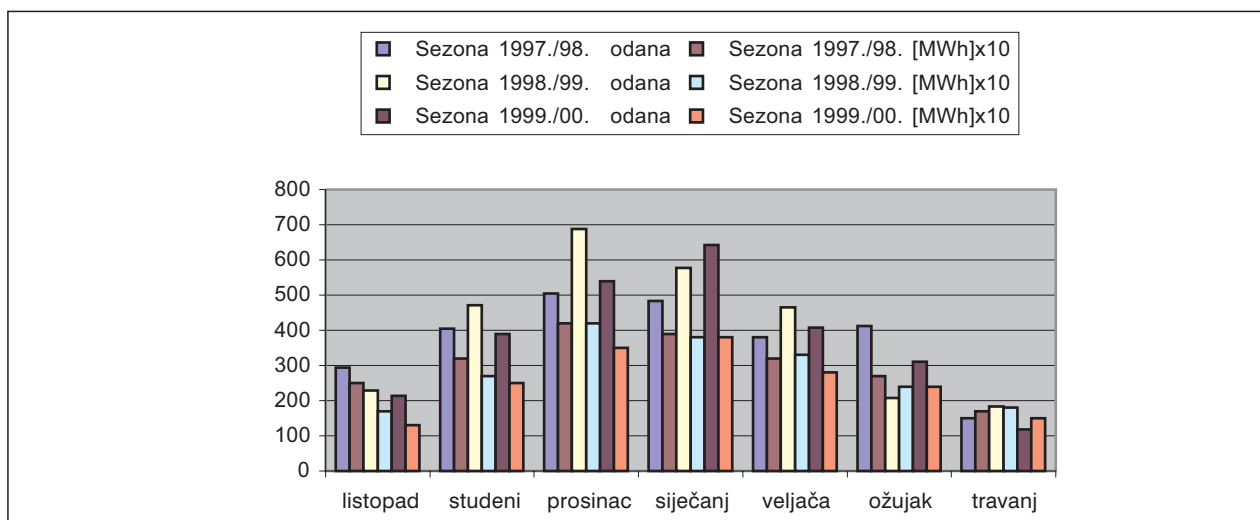
Osnovni i obvezatni dijelovi opreme SI-e troškova grijanja stanova su razdjelnici topline, i termostatski ventili, koji korisnicima grijanja omogućavaju točno mjerenje i reguliranje te urednu, racionalnu i štedljivu potrošnju topline. Ovi dijelovi opreme SI-e, i sami razdjelnici mjerenjem topline, i ventili automatskim reguliranjem željenih vrijednosti temperatura, kod korisnika snažno potiču štednju topline. Njihovo je djelovanje na korisnike i psihološko i fizikalno (“materijalno”), pa oni, i u zgradama Pilot-projekata Zagreb 1 i 2, uz mogućnost održavanja udobnog stanovanja, stanare motiviraju i na racionalnu uporabu i štednju topline. Takvi, pozitivni efekti uporabe termostatskih ventila su sasvim vjerodostojno dokazani i ovim Pilot- projektom. Stoga bi bilo vrlo korisno, makar za prvu fazu, iako nepotpuno i neoptimalnog, poticanja savjesnije potrošnje topline, umjesto zapornih, u našim stanovima propisati ugradnju termostatskih ventila. Tako bi se, sasvim sigurno, i u svim našim sustavima centralnih grijanja, smanjila potrošnja topline za najmanje 5-8%. Cijena nabave i montaže termostatskih ventila iznosila bi najviše 15 eur/kom, odnosno ca 75 eur/stanu, i isplatila bi se najduže za 1 do 1,2 godine.

Tablica 5. Stupanj dani i potrošnja topline u zgradi Pilot-projekta u sezonama grijanja 1995. – 2000.

Mjesec	Sezona 1997./98.		Sezona 1998./99.		Sezona 1999./00.	
	°dana	[MWh]	°dana	[MWh]	°dana	[MWh]
listopad	294,5	25	229,4	17	213	13
studeni	405	32	471	27	390	25
prosinac	505,3	42	688,2	42	539	35
siječanj	483,6	39	576,6	38	642	38
veljača	379,9	32	464,8	33	408	28
ožujak	412,3	27	207,7	24	310	24
travanj	150	17	183,1	18	118	15
<b>Ukupno</b>	<b>2630,6</b>	<b>214</b>	<b>2820,8</b>	<b>199</b>	<b>2620</b>	<b>178</b>

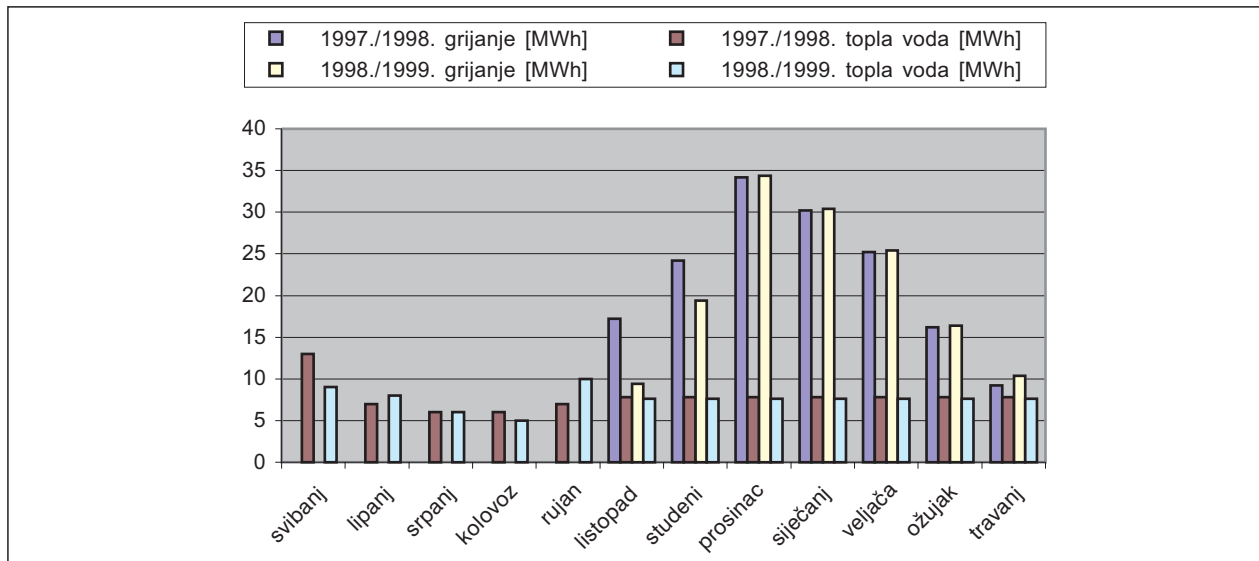
Tablica 6. Mjesečne potrošnje topline za grijanje i toplu vodu u sezonama 97./98. i 98./99.

Mjesec	Sezona 1997./1998.		Sezona 1998./1999.	
	grijanje [MWh]	topla voda [MWh]	grijanje [MWh]	topla voda [MWh]
svibanj	0	13	0	9
lipanj	0	7	0	8
srpanj	0	6	0	6
kolovoz	0	6	0	5
rujan	0	7	0	10
listopad	17,2	7,8	9,4	7,6
studeni	24,2	7,8	19,4	7,6
prosinac	34,2	7,8	34,4	7,6
siječanj	30,2	7,8	30,4	7,6
veljača	25,2	7,8	25,4	7,6
ožujak	16,2	7,8	16,4	7,6
travanj	9,2	7,8	10,4	7,6
<b>Ukupno</b>	<b>156,4</b>	<b>80,6</b>	<b>145,8</b>	<b>82,2</b>



Dijagram 3. Stupanj dani i potrošnja topline u sezonama 1995. – 2000.





Dijagram 4. Potrošnja topline za grijanje i toplu vodu u sezonama 97./98. i 98./99.

#### d. Loša kvaliteta topline i ogrjevne vode u zgradi Pilot-projekta

Bitan uvjet točne i pravedne individualizacije troškova grijanja, i troškova tople vode, je i održavanje kvalitete topline i kvalitete ogrjevne vode. To podrazumijeva održavanje točnih i propisanih vrijednosti tlaka i temperatura, odnosno specifičnog sadržaja topline, te kemijske i fizičke čistoće ogrjevne vode. Kvaliteta topline, u zgradi Pilot-projekta Zagreb 2, je nezadovoljavajuća. Treba je, prikladnim mjerama, osigurati svakom potrošaču, odnosno svakom stanu i svakom ogrjevnom tijelu u zgradi. Radi toga, uz potrebnu opremu mjerenja i automatiziranja u TS-i, u kućnu ogrjevnu mrežu treba ugraditi i nedostajuću opremu automatskog reguliranja razlika tlaka vode u horizontalnim i u usponskim cjevovodima.

Nižu kvalitetu topline uzrokuje i nekvalitetna ogrjevna voda, koja treba dobru kemijsku pripremu i održavanje čistoće. Neispravna, tvrda i kemijski nepripremljena, ogrjevna voda, vrlo brzo i teško oštećuje i onespособljava ne samo opremu TS-e i kućne ogrjevne mreže, nego i dijelove SI-e, a posebice osjetljive termostatske ventile. To predstavlja ne samo gospodarske nego i socijalne probleme stanovanja. Njihovo rješavanje pripada i osnovnim uvjetima uspješnog uvođenja sustava individualiziranja troškova grijanja. O tome, nažalost, i mnogi naši stručnjaci za sustave grijanja za sada i ne razmišljaju. Za osiguranje pune kvalitete topline, u našim sustavima grijanja treba najčešće i nova, i relativno skupa, oprema.

#### e. Pojedinačne potrošnje energije grijanja u stanovima zgrade Pilot-projekta

Pilot-projektom su utvrđene pojedinačne potrošnje topline za grijanje svih stanova. Utvrđeno je da one ovise o više čimbenika. Primjerice, bitno ovise o topološkim položajima zgrade, i položajima stanova u

njoj. Utvrđena je i na prvi pogled paradoksalna činjenica, da se stanovi, koji troše najviše topline, najčešće i najslabije griju. Stanari takvih stanova se često žale na hladnoću. Razlozi su objektivni, jer takvi stanovi djeluju kao štetni *ponori* (i prolazi) *topline*. Posljedice su loših toplinskih značajki zgrade i njenih prevelikih toplinskih gubitaka.

Za ilustraciju ove ozbiljne problematike mogu poslužiti i rezultati Pilot-projekta Zagreb 2. S tom svrhom podaci o potrošnji topline u stanovima detaljno pokazani tablicom i dijagramom 7. Oni su, znakovito, i vrlo slični podacima o potrošnji topline zgrade Pilot-projekta Zagreb 1. I s njima je korisno upoznati širi krug korisnika stanova i poslovnih prostora, građevinskih stručnjaka, i stručnjaka za uporabu i održavanje sustava grijanja. Posebno je važno da ih upoznaju i kreatori, u ovom stručnom području i vrlo složenih, zakona, uredbi i propisa.

Tablica 7. pokazuje podatke o potrošnji i plaćanju topline u 16 stanova zgrade Pilot-projekta u sezoni grijanja 1999./2000. U njoj su navedeni, odnosno rednim brojevima označeni, stanovi (*r/b*), površine stanova [ $m^2$ ], ukupna očitana, i po  $m^2$  naplaćena, potrošnja topline [MWh], stvarna potrošnja topline po stanovima očitana s razdjelnika topline [EJ], osnovne (OT=30%), promjenjive (PT=70%) [MWh] i ukupne količine potrošene topline (OT+PT) [MWh], na temelju kojih su obračunati osnovni, promjenjivi i ukupni iznosi potrošene topline, odnosno troškovi grijanja. Posljednja kolona sadrži razlike, u promatranj sezoni grijanja stvarno potrošene i prema obračunu plaćene količine topline [MWh]. U tablici i cijelom obračunu je, kao osnova uzeta količina topline u ogrjevnoj sezoni, i u iznosu 130,4 MWh toplinske energije, uporabljene samo za grijanje stanova. Stoga tablica i obračun ne sadrže i toplinu (ca 45 MWh) uporabljenu u sezoni grijanja za pripremu tople vode.

Analiza podataka ovog Pilot-projekta pokazuje i velike nejednakosti obračunatih i naplaćenih količina po površini stanova, prema stvarno potrošenim i na razdjelnicima očitanim, količinama topline grijanja. Obračun potrošnje je izvršen temeljem normalnih europskih odnosa, osnovnih (OT) i promjenjivih (PT) troškova s omjerom OT/PT=30/70 [%]. Takav je omjer, umjesto 100%-tnog obračuna po stvarnoj potrošnji, povoljniji i objektivniji iz više razloga. S njime se osigurava i tehničko-sigurnosni minimum grijanja, a znatan dio ukupne potrošnje topline (30%) se pravednije i dijeli i socijalizira. Tako se umanjuju, često neugodne i prevelike, a objektivne, od potrošača ne skrivljene, individualne razlike potrošnje topline. I uz takav, ublažujući, obračun ostaju bitne i upozoravajuće razlike među stvarno potrošenim i plaćenim količinama topline po stanovima. Zanimljivo je, da je samo u jednom stanu ove zgrade (br.10.), stvarno potrošena,

smješteni u sredini zgrade, i između drugih stanova, a samo jednom plohom otvoreni prema okolini, troše najmanje topline. Za njih se, uza sve opravdane pohvale za štednju topline, može postaviti i pomalo “zločesto”, ali za ovu zgradu i razložno pitanje: “Grijali se ovi stanovi, barem djelomično, i na račun susjeda?”

Zanimljivi su podaci o potrošnji topline u većini promatranih stanova, i usporedbe njihovih stvarnih i plaćenih troškova grijanja. Tako su, primjerice, i u stanovima br. 7., 8.,11.,12., 13., po m<sup>2</sup> plaćene količine ogrjevnje topline, manje za 11,0, 10,9, 10,5, 11,3, i 10,7 % od stvarnih i izračunatih temeljem potrošenih EJ. Koliko ostali stanari zgrade (zaista) socijalizirano plaćaju grijanje ovih stanova? Njihove račune troškova grijanja, zasigurno, “solidarno” i u različitim iznosima, doplaćuju stanari ostalih, bitno štedljivijih, stanova. Manje od stvarnih troškova grijanja platili su i drugi

Tablica 7. Zgrada II Vrbik 1-3, individualizirani obračun topline po stanovima, sezona grijanja 1999./2000.

Redni broj stana (r/b)	Grijana površina stana [m <sup>2</sup> ]	Plaćena toplina (100% po m <sup>2</sup> ) [MWh]	Potrošena toplina (s razdjelnika) [EJ]	Osnovna potrošnja OT[30%] [EJ>Wh]	Promjenjiva potrošnja PT[70%] [EJ>Wh]	Ukupna, stvarna potrošnja OT+PT [EJ>Wh]	Razlika (potrošeno – plaćeno) [EJ>Wh]
1	75,23	9,13	53,3	2,74	9,15	11,89	-2,76
2	31,47	3,82	23,5	1,15	4,04	5,19	-1,37
3	24,51	2,98	15	0,89	2,58	3,47	-0,49
4	66,71	8,1	36,5	2,43	6,27	8,7	-0,6
5	84,65	10,28	46	3,08	7,9	10,98	-0,7
6	66,04	8,02	36	2,41	6,18	8,59	-0,57
7	84,61	10,27	47,9	3,08	8,22	11,3	1,03
8	58,99	7,16	25,5	2,15	4,38	6,53	0,63
9	76,87	9,33	41,5	2,8	7,13	9,93	-0,6
10	77,43	9,4	38,3	2,82	6,58	9,4	0
11	84,69	10,28	39,6	3,08	6,8	9,88	0,4
12	66,49	8,07	27,4	2,42	4,7	7,12	0,95
13	84,75	10,29	38,1	3,09	6,54	9,63	0,66
14	65,99	8,01	11,5	2,4	1,97	4,37	3,64
15	66,31	8,05	34,2	2,42	5,87	8,29	-0,24
16	59,21	7,19	17,3	2,16	2,97	5,13	2,06
<b>Ukupno</b>	<b>1073,95</b>	<b>130,4</b>	<b>531,6</b>	<b>39,12</b>	<b>91,28</b>	<b>130,4</b>	<b>0</b>

potpuno jednaka plaćenju topline. Naplata topline po površini stanova je i neujednačena, pa, primjerice, stanovi br. 1 uz 30,2%, i stan br. 2 uz 35% veću potrošnju od plaćene, imaju i, neprotumačivu, 5%-tnu razliku cijene topline po m<sup>2</sup>.

Topološki položaji stanova potvrđuju, da su stanovi koji troše najviše topline smješteni u prizemlju ili potkrovlju dijelova zgrade, okrenuti prema sjeveru, i imaju više ploha otvorenih prema okolini. To se posebice odnosi na stanove okrenute prema sjeveru, i izložene snažnim strujanjima hladnijeg zraka. Stanovi

korisnici stanova. Samo u jednom stanu je plaćena toplina jednaka potrošenoj?! Nasuprot “rastrušnim” stanovima, podaci iz tablice i dijagrama 5, pokazuju i bitno manju potrošnju topline u stanovima br. 14. i u stanu br. 16. Podaci o obračunu i naplati topline u ovim stanovima pokazuju zanimljiv, vlasnicima vrlo nepravedan, aktualni način obračuna i naplate troškova grijanja od isporučioaca topline (HEP TM-a).

Stan br. 14. smješten je u sredini zgrade, na drugom katu, okružen je susjednim stanovima, i ima samo jednu vanjsku plohu okrenutu prema zapadu. Samo u

ovom stanu, u promatranoj sezoni grijanja, je vrlo nepravедno naplaćeno 8,01 MWh, odnosno 83%, a stanu br 16. 41% više, od stvarno potrošenih, i na razdjelnici točno očitanih, 4,37 MWh, odnosno 5.13 MWh potrošene topline. Očigledno je da, korisnicima stanova br. 14. i 16., u ovoj suvremeno građenoj zgradi, jedino primjena SITG-a, može uvesti i pravедnu naplatu troškova grijanja.

Jednako tako mogu se vidjeti, i analizirati, i drugi, vrlo zanimljivi, podaci o negativnim toplinskim značajkama, i neprimjerenoj energetske kvalitete cijele zgrade i njezinih stanova. I prekomjerna specifična potrošnja topline samo za grijanje stanova (ca 122 kWh/m<sup>2</sup>?!), ima i objektivne razloge. To su: loša toplinska izolacija vanjskih i unutarnjih zidova, stropova i prozora, štetna usmjerenost i loš položaj zgrade spram strujanjima hladnog zraka i dr. Po svemu sudeći ovu zgradu treba energetske doraditi; poboljšati fasadu, zatvoriti balkone i dr.

Za prijeko potrebno osiguranje kvalitete topline, pa i pravédniju naplatu troškova grijanja i tople vode, potrebna je i uredna dorada sustava grijanja, odnosno opreme mjerenja (ogrjevna, topla i hladna voda...) i reguliranja u TS-i, te opreme "balansiranja" kućne ogrjevne mreže.

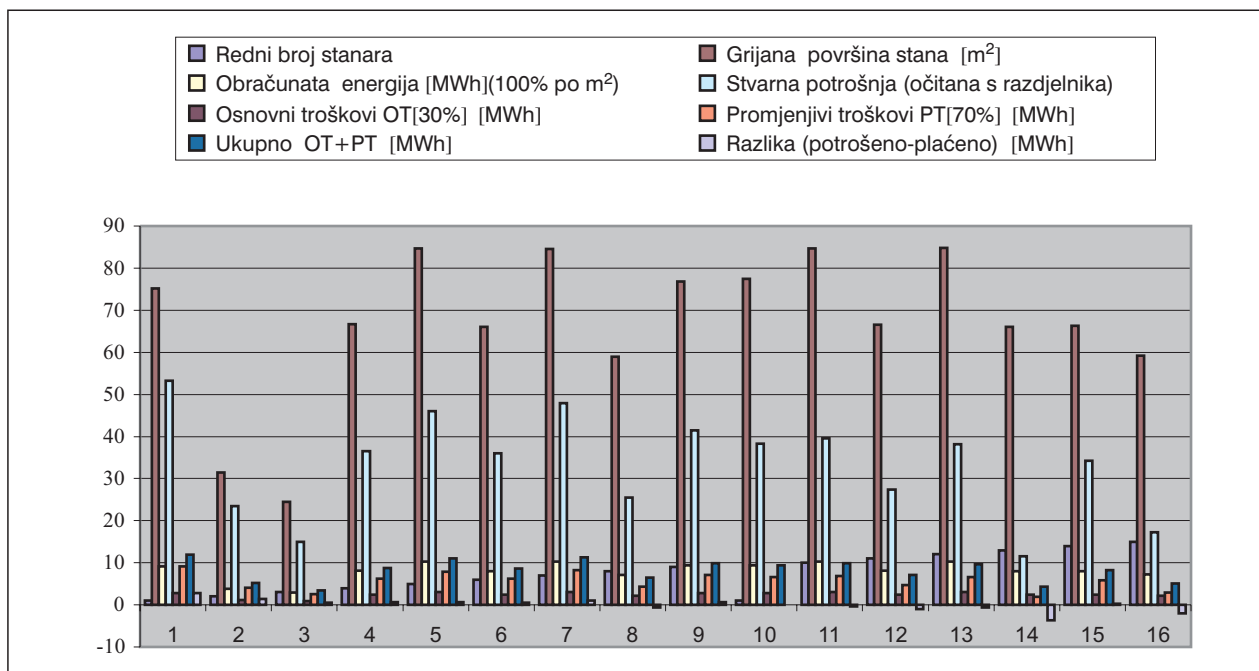
Podaci o stanovima su pokazani i pripadnim dijagramom 5. Na njemu se, još zornije, mogu usporediti podaci o potrošnji topline u stanovima, kao i nepravédnost aktualnog načina obraćuna troškova grijanja i uporabe tople vode. Zanimljivo je da su, u ukupnim troškovima grijanja ove (relativno tople!) sezone, troškovi tople vode iznosili 43%?!, i da se oni i dalje nepravédno dijele i naplaćuju po površini stanova, a ne po broju članova domaćinstava.

## 5. ODNOS STANARA PREMA INDIVIDUALIZIRANJU TROŠKOVA GRIJANJA I VODE

Već u vrijeme pripremnih radova, a posebice u vrijeme snimanja stanja opreme u zgradi Pilot- projekta, postojao je vrlo pozitivan odnos stanara i djelatnika GSKG-a Zagreb prema ugradnji i primjeni sustava individualiziranja troškova grijanja. Stanari su opravdano očekivali bitno smanjenje troškova grijanja i svojih računa. Takav je odnos sudionika bio i tijekom ugradnje i uporabe opreme SI-e, te za vrijeme redovitih očitavanja i obrade podataka individualiziranih troškova grijanja. Očekivana, i često postavljana, pitanja stanara odnosila su se uglavnom na rokove donošenja pripadnih Zakona, i na rokove njihovog stupanja na snagu, vrijeme početka novog obraćuna i naplate troškova grijanja, načine plaćanja opreme SI-e, te za druge uvjete uspostave, uporabe i održavanja sustava.

Usprkos nepotrebno dugom čekanju na definitivnu primjenu individualiziranih obraćuna i naplatu troškova grijanja, odnos je većine stanara prema uspostavi i uporabi sustava ostao i dalje izrazito pozitivan. Nezadovoljan je samo mali, i zanemarljivi, broj korisnika stanova, a to su uglavnom oni koji znaju da troše više topline nego što je plaćaju. Neki od njih su u svojim stanovima, umjesto slabijih i predviđenih projektom, ugradili ogrjevna tijela s bitno većom toplinskom snagom.

Pozitivnom prihvaćanju opreme SI-e, znatno su pomogli i djelatnici podrućnog ureda Gradskog stambeno komunalnog poduzeća (GSKG-a), i, posebice, tadašnji predstojnik zgrade II Vrbik 1-3. Motiviranju stanara za



Dijagram 5. Zgrada II Vrbik 1-3, individualizirani obraćun topline po stanovima, sezona grijanja 1999./2000.

primjenu SI-e najviše su pomogli djelatnici tvrtke Techem. Oni su, prvo tijekom snimanja stanja opreme grijanja, a posebice pri montaži razdjelnika topline, sve stanare detaljno upoznali s namjenom i načinima djelovanje opreme, te općom svrhom uvođenja sustava individualiziranja troškova grijanja.

Očitavanja podataka s razdjelnika topline u sezonama grijanja 1998./1999. i 1999./2000., te prikupljanje ostalih podataka, izvršeno je bez bitnih poteškoća, uvijek vrlo cjelovito i u vrlo kratkom vremenu. Temeljito i sveobuhvatno, uz pomoć predstojnika zgrade i djelatnika GSKG-a, prikupljeni su i drugi potrebni podaci o troškovima grijanja. Uslugom djelatnika Gradske plinare Zagreb (GPZ), kao i u izvođenju Pilot-projekta Zagreb 1, pravodobno su dobiveni svi prijeko potrebni meteorološki podaci o promatranim sezonama grijanja.

Djelomični rezultati ovog Pilot-projekta prezentirani su u jesen 1999., u HEP TD-i Zagreb. Prisutni su bili predstavnici Gradskog poglavarstva Zagreba, Ministarstva gospodarstva RH, i grupa stručnih djelatnika s područja projektiranja, gradnje i održavanja sustava centralnih grijanja zgrada i stanova. Sudionici prezentacije su izrazili zadovoljstvo s općom koncepcijom, ukupnom realizacijom i rezultatima Pilot-projekta Zagreb 2.

## 6. RAZLOZI PRIMJENE JEDNOSTAVNE OPREME U SITG-a U PILOT-PROJEKTU ZAGREB 2

Vrste opreme Pilot-projekta određene su temeljem iscrpnog analiziranja sadašnjeg stupnja razvitka, a posebice cijena pojedinih vrsta opreme sustava individualiziranja troškova grijanja, te naših dugoročnih potreba i mogućnosti štednje i investiranja u takve sustave (tablica 8). Isplativost različitih vrsta opreme SI-e ovisi o mnoštvu čimbenika. Najvažniji su: optimalna ili najveća moguća smanjenja potrošnje topline, kratki rokovi isplate investicija, mogućnost financiranja samorazvoja iz ušteda, ekološkičnost opreme SI-e i dr. Spomenute uvjete zadovoljavaju samo tehnički, gospodarski i ekološki optimalno zasnovani SI-e.

Odabrana je oprema Pilot-projekta Zagreb 2, jednostavna, točna i gospodarski učinkovita, te mnogostruko provjerena u puno bogatijim zemljama. Uporaba i održavanje ove opreme SI-e su jednostavni i jeftini. Među najvažnije razloge njezine primjene uzeta je i činjenica da se ovakva oprema, i dan-danas, najčešće rabi u državama Zapadne Europe.

Najčešći odabir ovakve opreme i SI-e, u nama uzornoj i razvijenoj Europi, se izvodi temeljem sasvim jednostavna, a vrlo učinkovita kriterija: "Troškovi

**Tablica 8. Proizvodnja, potrošnja za grijanje i procjene mogućih ušteda energenata, i specifična potrošnja topline i vode u Hrvatskoj**

Ukupna proizvodnja, potrošnja, moguće uštede	derivati [t]	plin [10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> ]	Specifična potrošnja	Grijanje, [kWh/stan, god.]	Voda [lit/osobi, god.]
Proizvodnja	5.200.000	2.650.000			
Potrošnja za grijanje	2.250.000	1.060.000	U Njemačkoj	11.200	48.000
Moguće uštede (min=10%)	225.000	106.000			
Moguće uštede (max=30%)	675.000	318.000	U Hrvatskoj	14.500	65.000

**Tablica 9. Vrste, cijene, rokovi isplate i zastupljenost u EU opreme SI-e troškova grijanja**

Vrste i cijene opreme SI-a	Termostatski ventili, usponski regulatori i dr. (ca 50 eur/stan)	Zasebna mjerila topline (samo za nove stanove) (ca 315 eur/stan)	Termostatski ventili i isparnički razdjelnici (ca 65 eur/stan)	Termostatski ventili i elektronički razdjelnici, lokalno očitavanje (ca 125 eur/stan)	Termostatski ventili i elektronički radijski razdjelnici, očitavanje u zgradi (ca 420 eur/stan)
Za Zagreb (ca 150.000 stanova) EUR-a	7.500.000,00	47.250.000,00	9.750.000,00	18.750.000,00	63.000.000,00
Za Hrvatsku (cca 650.000 stanova) EUR-a	32.500.000,00	204.750.000,00	42.250.000,00	74.750.000,00	273.500.000,00
Najkraći rok isplate (godina)	0,8-1,2	4-5	1-1,5	2-3	10-12
Vrijeme samorazvoja [god]			6-7	10-12	više od 30
Zastupljenost u stanovima EU-e [%]	98	25	50-52	45-48	2-3

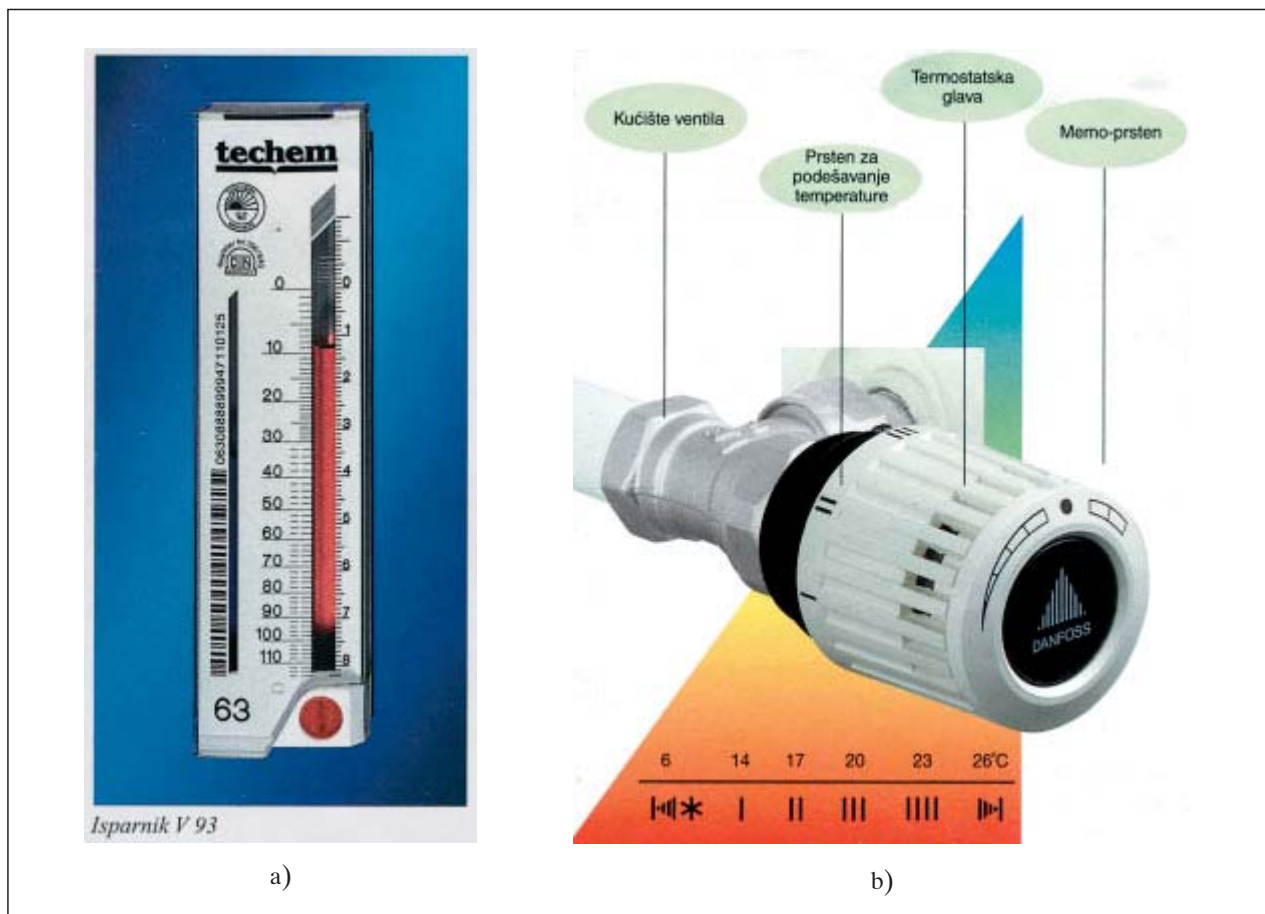
ustpostave SITG-a moraju se isplatiti najdulje za četiri godine, odnosno, cijena ustpostave ne smije im biti viša od njihove četverogodišnje uštede topline”.

Ovi su kriteriji potpuno poštivani i pri odluci o vrsti opreme Pilot-projekta Zagreb 2.

Ovi kriteriji su vrlo učinkoviti. Optimalno ih zadovoljavaju samo sustavi s isparničkim ili jednostavnim elektroničkim razdjelnicima topline (tablica 9), koji su najprihvatljiviji i po kriteriju samorazvojnosti (6 – 7 godina). Zbog gotovo dvostruko veće cijene, ovaj kriterij ne zadovoljavaju ni jednostavni elektronički sustavi (10 – 12 godina). Zajednički, u cjelini manje bitan i općenito prihvatljiv, nedostatak isparničkih i jednostavnih elektroničkih sustava je potreba neposrednog očitavanja podataka. A, bitna pozitivna osobitost ovih sustava su, očitavanju podataka usputni, godišnji pregledi i eventualni popravci korisničke opreme SI-e, te obvezatni besplatni savjeti stanarima. Za njih je potrebna dobra organizacija ulazaka u stanove, koje sustavi s radijskim prijenosom podataka doduše ne trebaju. Ali, radijski sustavi su višestruko, i neprihvatljivo, skuplji. Imaju predugačke rokove isplate, samorazvoj im je nemoguć, ekološki su upitni, i dr. Sve ozbiljne računice pokazuju da *skupi radijski sustavi individualizacije troškova grijanja više koštaju nego što vrijede*. Zbog toga ih, usprkos vrlo snažnoj promidžbi, racio-

nalni korisnici CTS-a Zapadne Europe vrlo rijetko primjenjuju.

SI-e zahtijevaju uredne poslove uporabe, odnosno očitavanja, obračuna i naplate troškova grijanja. I za njih postoji jednostavan kriterij: *godišnja cijena održavanja, očitavanja, obračuna i naplate troškova grijanja sa SI-e, ne smije biti viša od 8-10% cijene uštede topline*. Cijene održavanja, očitavanja i obračunavanja su bitno različite za različite vrste SI-e. Europske tvrtke specijalizirane za ove poslove, posebice one s velikim iskustvom i ugledom, uspostavljaju, rabe i održavaju SI-e po relativno niskim cijenama. Tako, primjerice, održavanja, godišnja očitavanja, obračune i naplate troškova grijanja isparničkih, izvode za 1,5, a elektroničkih SI-e za 2-2,5 eura po radijatoru. U Zagrebu bi se, tako, po već ustaljenim europskim cijenama, za poslove obračuna i održavanja SI-e u ca 150.000 stanova trebalo plaćati 1,05 ili 1,875 milijuna, a u cijeloj Hrvatskoj 6,5 ili 8,125 milijuna eura. Elektronički, a pogotovo radijski SI-e, su i stoga bitno skuplji i neprihvatljiviji od isparničkih. Uobičajena, ekonomska, “norma” broja djelatnika na poslovima uporabe i održavanja SI-e, gotovo je jednaka za isparničke i elektroničke SI-e. U Europi se računa s 2 djelatnika za 5000 stanova. Po tome bi, za ove poslove, u Zagrebu trebalo ca 60, a u Hrvatskoj 260 djelatnika.

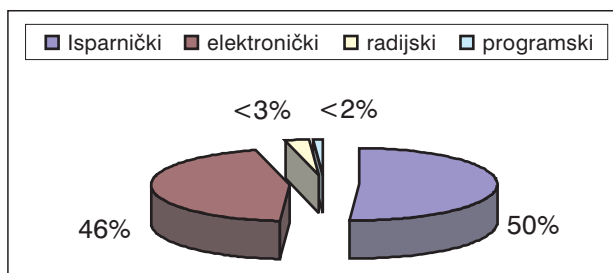


Slika 1. Osnovni korisnički dijelovi SI-e, isparnički razdjelnik (a) i termostatski ventil (b)

Godišnje novčane uštede na grijanju (uz 10 do 20% smanjenu potrošnju topline), bi u Zagrebu trebale iznositi 75 do 150, a u Hrvatskoj 350 do 700 milijuna kuna. Stoga se, za relativno male troškove očitavanja i održavanja isparničkih ili jednostavnih elektroničkih SI-e, iz ušteda topline, za te poslove u Zagrebu može izdvojiti 7,5 do 15, a u Hrvatskoj 35 do 70 milijuna kuna. To bi, na ovim finim i jeftinim poslovima, po djelatniku iznosilo najmanje 125 do 250 tisuća kuna godišnje. Po tome su ova radna mjesta i vrlo jeftina i dosta profitabilna, pa i u politici zapošljavanja vrlo prikladna.

## 7. KAKVE I S KOJOM OPREMOM TREBAMO GRADITI SI-e U HRVATSKOJ?

Za bolji uvid u opću i cjelokupnu korisnost racionalne potrošnje i uporabe topline grijanja u nas, može se predvidjeti, i kao “najpesimističniji”, prosječni godišnji iznos ušteda topline od ca 500 kuna po stanu. S njime bi se, u 650.000 centralno grijanih i za individualizaciju troškova grijanja raspoloživih stanova u Hrvatskoj, uz samo 10%-tno smanjenje potrošnje topline štedjelo više od 300 milijuna kuna godišnje. Iz tolikih se iznosa, bez ikakvih poteškoća, može plaćati uporaba SI-e, odnosno svi njihovi materijalni troškovi i radna mjesta u cijeloj Hrvatskoj. Procjene pokazuju, i da bi se sasvim mogućim i optimalnim smanjenjem prekomjerne potrošnje topline grijanja za 20-30%, u 1.700.000 domaćinstava Hrvatske, moglo štedjeti 900 do 1200 milijuna kuna godišnje. Pojednostavljeno rečeno: *U Hrvatskoj se, zbog nepostojanja uredne zakonske regulative i prikladne opreme individualizacije troškova grijanja, svake godine bespotrebno gubi toplina vrijedna milijardu kuna?! Toliko novaca je potrebno za opremanje s jednostavnim SI-e, i osiguranja kvalitetne top-*



Dijagram 6. Zastupljenost vrsta SI-e u Europi

line svih, za individualizaciju troškova grijanja raspoloživih, ca 650.000 stanova Hrvatske.

U nas postoji i Pilot-projekt, te, vrlo aktivno i snažno lobirani pokušaj uvođenja skupih radijskih SI-e troškova grijanja (tablica 9). *Gospodarski računi pokazuju da su SI-e s točnim i ekološkim isparničkim razdjelnicima i najjednostavniji i najjeftiniji SI-e troškova grijanja. Od njih su i jednostavni elektronički razdjelnici najmanje četiri puta (400%), a radijski trideset puta (3000%!)*. Tolike razlike pojedinačnih cijena rezultiraju i golemim razlikama ukupnih cijena uvođenja SI-e. Tako bi, primjerice, samo u Zagrebu, uvođenje SI-e u 150.000 stanova, CTS HEP TM-a i GPZ-a, *s isparničkim koštalo deset, s jednostavnim elektroničkim dvadeset, a s radijskim razdjelnicima više od 60 milijuna eura!?* U Zagrebu bi se, nabavom isparničkih umjesto jednostavnih elektroničkih razdjelnika uštedjelo više od 8, a umjesto radijskih razdjelnika više od 50 milijuna eura. Tolikim se novcem, i u HEP TM-a, mogu realizirati mnogi urgentniji i isplativiji poslovi i investicije? Nama treba samo razborita, efikasna i brzo isplativa, ugradnja i uporaba isparničkih, ili jednostavnih elektroničkih SI-e. Svaka druga, “naša varijanta”, značit će nerazboritu “*primjenu sredstava preskupe štednje!*”

## 8. SADAŠNJE STANJE SUSTAVA INDIVIDUALIZACIJE PILOT-PROJEKTA ZAGREB 2

Cjelokupna problematika, zasnivanje i način izvedbe Pilot-projekta Zagreb 1, promatrani su isključivo s opisanih, s pravom se može reći, *europskih stajališta*. Isparnički SI-e pokazao se razborito primjeren, učinkovit, i vrlo jeftin. Koštao je, ukupno s montažom, ca 600 kuna po stanu (tablica 10). Stoga, nije uporabljen ni jeftin elektronički, ni, sam po sebi preskup, radijski SI-e, čija je cijena bila onda, a i sada je, visokih ca 3000 kuna po stanu!

Pilot-projekt je u “fazi mirovanja”, i njegov SI-e nije u, potpuno mogućoj, cjelovitoj uporabi. Ipak, jedan dio njegove opreme, termostatski ventili i usponski regulatori i dalje učinkovito djeluju i štede toplinu, pa ovaj, doniran i vrijedan SI-e, i dalje djeluje pozitivno. Podaci pokazuju, da je u zgradi Pilot-projekta, od prve sezone s 18,5% ušteda, i tijekom posljednjih sezona, sve do 2002/2003, zadržana 7-8% manja prosječna potrošnja topline grijanja. Od uspostave SI-e u zgradi Pilot-

Tablica 10. Potrošnja, cijene moguće uštede topline i troškova grijanja u zgradi Pilot-projekta Zagreb 2

		Prosječna god. potr. [MWh]	Cijena [kn/MWh]	Ukupni troškovi [kn]	Moguće uštede [MWh, kn]		
					10%	20%	30%
U zgradi	[MWh]	250	160		25	50	75
	[kn]	40.000	160	40.000	4.000	8.000	12.000
U stanu	[MWh]	15,63					
	[kn]	2.500	160	2.500	250	500	750

-projekta Zagreb 2 uštedeno je najmanje 150 MWh topline. Pretpostavlja se da je, u pet proteklih godina od 1998. do 2002., godišnje po stanu uštedeno 300, odnosno ukupno 1500 kuna. Oprema SI-e je koštala ca 600 kuna po stanu, i isplaćena je za 2 godine. Tako ova, jednostavna i jeftina, a "neslužbena" oprema SI-e, korisnicima Pilot-projekta Zagreb 2, prvenstveno zahvaljujući doniranim termostatskim ventilima, i ponegdje svjesnoj, štednji topline, donosi, vrijedne, a ipak neevidentirane?!, novčane uštede.

Vidi se da su uštede mogle, a nažalost nisu, biti i puno veće. Trebalo je više dobronamjerne poslovnosti isporučioa topline, pa da, po obračunima koje je ponudila tvrtka TECHEM, troškove grijanja naplaćuje po stvarnoj potrošnji. Ponuda besplatnih obračuna troškova grijanja odnosila se na sezone grijanja **1999./2000.** i **2000./2001.** Ova ponuda nije usvojena, nego je, u HEP TD-a, zahtijevano besplatno ustupanje i neovisna uporaba TECHEM-vih računalskih programa obračuna troškova.

Nerazborito odbijanje *ove idealne ponude* TECHEM-a, i odustajanje od individualiziranog obračuna i naplate troškova grijanja, rezultiralo je i produženjem veće potrošnje topline, što zgradu Pilot-projekta do sada košta gotovo jednu polovicu neuštedene godišnje potrošnje topline (tablica 10).

## 9. ZAKLJUČAK

Temeljem praećnja gradnje, uspostave, djelovanja, očitavanja i obračuna podataka individualiziranih troškova grijanja, kao i energetske analize sustava grijanja i kvalitete zgrade Pilot-projekta, može se zaključiti sljedeće:

- *Saniranje energetskih nedostataka zgrade Pilot-projekta Zagreb 2 stajat će dosta rada i novaca, i drugih značajnih troškova koji čekaju stanare u neposrednoj budućnosti. Te troškove treba pravodobno predvidjeti, programirati, i za njih planirati odgovarajuća materijalna sredstva.*
- *Rezultati Pilot-projekta potvrđuju opravdanu primjenu SI-e troškova grijanja s jednostavnim i jeftinim isparničkim razdjelnicima topline. Oprema sustava je jednostavna, jeftina, točna i posve svrhovita, a vlasnici stanova su je prihvatili sa zadovoljstvom.*
- *Oprema SI-e je u dobrom stanju, a vrlo štetno po stnare zgrade isporučilac topline je ne rabi potpuno. Zato se mora započeti uredno očitavanje, i ispostavljati individualizirane račune i po njima naplaćivati toplina grijanja.*

## LITERATURA

- [1] Tvrka TECHEM: "Podaci o Pilot-projektu individualizacije troškova grijanja Zagreb 1", Frankfurt – Ljubljana, 2001.
- [2] "Energija u razvitku grada Zagreba", Poglavarstvo grada Zagreba, Zagreb 1992.

- [3] "Energija u Hrvatskoj 1990. – 1994.", Ministarstvo gospodarstva RH, Zagreb 1998.
- [4] M. MATIĆ: "Energija i arhitektura", Školska knjiga, Zagreb 1988.
- [5] Grupa autora: "Analiza potrošnje energije u kućanstvima grada Zagreb u 1999. godini", Energetski institut "Hrvoje Požar", Zagreb 2001.
- [6] F. RAJIĆ: "Sustavi racionaliziranja potrošnje energije individualiziranjem troškova grijanja i uporabe vode", Energija 6/98, Zagreb 1998.
- [7] F. RAJIĆ: "Tehničke i gospodarske značajke različitih sustava individualiziranja troškova grijanja", Energija 6, Zagreb 2000.
- [8] M. KAMENSKI: "Individualizacija troškova grijanja, zašto i kako", Simpozij EPP, Dubrovnik 2002.
- [9] Statistički ljetopis Republike Hrvatske 1999., Zagreb 2000.

## ZAGREB-2 PILOT PROJECT OF INDIVIDUAL HEATING COSTS

Compared to other European countries Croatia has too big a consumption of fuels and heating energy. Its decrease could be reached through several basic ways: by a more rational usage, using correspondent measurement and regulation equipment, as well as by new heating costs' calculation. Best results are obtained when using current and justified individual costs, which leads to rational usage and significant savings by all consumers.

To organise that in spring of 1997, an agreement was reached among the Ministry of Economic Affairs of the Republic of Croatia (Department for Energy and Mining), City Housing and Communal Economy (GSKG), the companies Techem AG from Frankfurt and Danfoss Ltd. from Zagreb and an apartment building in 84-86 Gospodska Street. This was determined as the first pilot project of individual heating costs. A year later, in spring 1998, the same contributors, i.e. the firms Techem and Danfoss as well as the GSKG representatives, HEP TD and Ministry of Economic Affairs agreed that the Zagreb 2 Pilot Project was going to be the building II Vrbik 1-3.

## LEITPROJEKTE DER KOSTENABRECHNUNG NACH EINZELNEN WÄRMEABNEHMERN IM VERSORGUNGSGBIET ZAGREB 2

Im Vergleich zu den anderen europäischen Ländern ist der Verbrauch vom Brennstoff und Heizenergie in Kroatien zu groß. Die Herabsetzung dieses Verbrauches läßt sich mittels mehrerer Grundvorgehen erreichen: durch zweckmäßige Wärmeverwendung, mittels entsprechender Meß- und Regeleinrichtungen, sowie durch die Einführung einer neuen Abrechnung der Heizkosten. Größte Erfolge werden mit der Einführung zeitgemässer, gerechter Methoden der Kostenabrechnung nach einzelnen Wärmeabnehmern erreicht. Dadurch werden alle Wärmeabnehmer zu einem zweckmäßigen Verbrauch wirksam angeregt und zu Sparmaßnahmen bewegt.

Zu diesem Zweck ist hierzulande im Frühling des Jahres 1997, durch die Abmachung von Vertretern des Wirtschaftsministeriums (Abteilung für Bergbau und Energetik), der zagreber Städtischen Wohnhausverwaltung, sowie der Firmen Techem A.G., Frankfurt und Danfoss GmH, Zagreb -als Gerätespender-, das Wohnhaus in der

Strasse Gospodska 84-86 als Objekt des ersten Leitprojektes der Kostenabrechnung nach einzelnen Wärmeabnehmern bestimmt worden. Ein Jahr danach im Frühling 1998 verabredeten dieselben Spender, Vertreter der Städtischen Wohnhausverwaltung, der Wärmeabteilung der Kroatischen Elektrizitätswirtschaft und des Wirtschaftsministeriums einen neuen Leitprojekt im Versorgungsgebiet Zagreb 2 das Haus mit der Anschrift: II Vrbik 1-3, und führten es durch.

Naslov pisca:

**Mr. sc. Florijan Rajić, dipl. inž.  
Omiška 18, 10000 Zagreb  
Hrvatska**

Uredništvo primilo rukopis:  
2003 – 09 – 10.



# FACTS KOMPENZACIJA JALOVE SNAGE VJETROELEKTRANE

Dr. sc. Nijaz Dizdarević – dr. sc. Mislav Majstrovic – dr. sc. Srđan Žutobradić, Zagreb

UDK 621.3.016.25:621.311.24  
IZVORNI ZNANSTVENI ČLANAK

U ovom je radu predstavljen problem FACTS regulacije napona i kompenzacije jalove snage u distribucijskoj mreži s priključenom vjetroelektranom. Vjetroelektrana je u izvedbi sa stalnom brzinom i konstantnom frekvencijom uz korištenje asinkronog generatora pogonjenog nereguliranom vjetroturbinom. Problem je razmatran s obzirom na kratkotrajni (10 sekundi), srednjotrajni (10 minuta) i dugotrajni (48 sati) vremenski period odziva varijabli sustava na različite promjene brzine vjetra. S obzirom na promjenjivu brzinu vjetra, vjetroelektrana injektira promjenjivi iznos djelatne i jalove snage u distribucijsku mrežu te time izlaže obližnje potrošače značajnim promjenama iznosa napona. U konvencionalnom pristupu rješavanja problema korištene su poprečne kondenzatorske baterije smještene u čvorištu asinkronog generatora. U FACTS pristupu korišten je "objedinjeni regulator tokova snaga" (eng. *Unified Power Flow Controller, UPFC*) koji je smješten u točki priključenja vjetroelektrane na distribucijsku mrežu. Korištenje FACTS naprave predstavlja pokušaj rješavanja tehničkih pitanja vezanih uz regulaciju napona u čvorištu priključenja vjetroelektrane te uz minimiziranje razmjene jalove snage vjetroelektrane s distribucijskom mrežom.

**Ključne riječi:** vjetroelektrana, FACTS, UPFC, regulacija napona, kompenzacija jalove snage.

## 1. UVODNA RAZMATRANJA

Odnedavno se kao posljedica snažne ekološke svijesti u gotovo svim industrijskim granama javljaju alternativna rješenja distribuirane proizvodnje električne energije [1] – [3]. Štoviše, javljaju se i inicijative potencijalnih investitora koje dolaze s liberalizacijom tržišta električne energije. Navedene tendencije stvaraju potrebu osmišljavanja i provođenja novih oblika tehničke analize mreža i sustava [4] – [5]. Priključenje obnovljivih izvora na električnu mrežu poprima sve veće značenje s povećanjem zanimanja za njihovom izgradnjom [6] – [7]. Sa stajališta distribucijske mreže, priključenje malih disperziranih proizvodnih jedinica zahtijeva veliku pozornost [8]. U slučaju povećane veličine izgradnje, disperzirane proizvodne jedinice mogu biti priključene i na prijenosnu mrežu.

Distribuirana proizvodnja električne energije postala je čestim predmetom polariziranih tehničkih diskusija. S jedne se strane nalaze inženjeri motivirani iskustvenim spoznajama o složenosti pogona ees-a koji iskazuju zabrinutost u pogledu elementarne ostvarivosti masovnog uvođenja nereguliranih i neupravljivih generatora u distribucijsku mrežu. S druge se pak strane nalaze entuzijastični zagovarači izvora obnovljive energije poput vjetroelektrana i kombi-elektrana koji vjeruju da takve proizvodne jedinice nužno treba uvoditi u pogon kako bi se ispunili domaći i međunarodni zahtjevi za smanjenjem emisije CO<sub>2</sub>. Štoviše, obnovljivi izvori povećavaju samoodrživost ees-a u slučajevima

eventualne energetske krize u proizvodnji električne energije koja je danas ovisna o isporuci ugljena, plina i nafte.

Povećana penetracija obnovljivih izvora poput vjetroelektrana stvara komponentu neupravljivosti u ees-u. Na temelju vremenske prognoze moguće je predvidjeti srednju brzinu vjetra u kratkoročnom periodu, ali ne i dinamičke promjene manjeg ili većeg iznosa koje se javljaju oko srednje brzine. Dinamičke promjene brzine vjetra čine snagu koju vjetroelektrana injektira u mrežu vrlo promjenjivom. U ovisnosti o intenzitetu i brzini promjena, moguća je pojava poteškoća s regulacijom frekvencije i napona što izravno utječe na kvalitetu isporučene električne energije. Uvjeti ekonomičnosti zahtijevaju izgradnju vjetroelektrana u područjima visoke iskoristivosti vjetra. Takva su područja često locirana u ruralnim predjelima s relativno slabim elektroenergetskim mrežama. Kako bi se uspostavila ravnoteža između polariziranih stavova nužno je prije toga odgovoriti na pitanja tehničke, ekonomske i sigurnosne naravi koja su vezana uz priključenje vjetroelektrana na elektroenergetsku mrežu.

U tom je pogledu za cilj ovog rada postavljeno stvaranje protumjera pomoću kojih bi se uklonile prevelike promjene iznosa napona u obližnjim čvorištima potrošnje te minimizirala razmjena jalove snage između vjetroelektrane i distribucijske mreže. Bez protumjera moguće je da na izvjesnim lokacijama izgradnje vjetroelektrana dođe do ograničenja broja priključenih vjetroturbina. Veći broj vjetroturbina ne bi bilo moguće priključiti na mrežu zbog pogoršanih naponskih

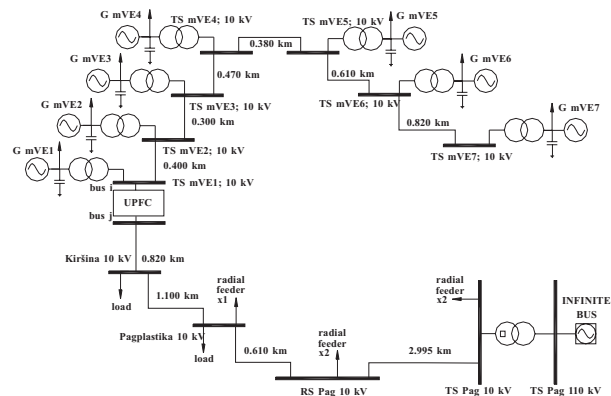
prilika te povećanih gubitaka snage i energije u obližnjoj mreži. Time ne samo da bi energetska potencijal vjetra na lokaciji izgradnje ostao neiskorišten, već bi zbog ograničenja broja vjetroelektrana bila ugrožena i ekonomska isplativost cijelog projekta.

U pokušaju prevladavanja negativnog dinamičkog utjecaja koji stvaraju promjene brzine vjetra, problemu regulacije napona i kompenzacije jalove snage pristupa se ne samo s konvencionalnog stajališta već i s obzirom na FACTS naprave. Asinkroni generator u vjetroelektrani predstavlja potrošač jalove snage. Potrošnja njegove jalove snage ovisi o proizvodnji djelatne snage. U konvencionalnom pogledu, poprečne kondenzatorske baterije priključuju se u generatorskom čvorištu radi kompenzacije jalove snage generatora. U nekim se shemama poprečne kondenzatorske baterije automatski uklapaju/isklapaju korištenjem povratne veze po jalovoj snazi asinkronog generatora. Promjena sklopnog stanja baterije inicira se putem algoritma i to ukoliko jalova snaga asinkronog generatora odstupa od prethodno zadanog raspona tijekom određenog vremena. Nadalje, kontinuirana regulacija napona i kompenzacija jalove snage u točki priključenja vjetroelektrane na mrežu izvodi se korištenjem FACTS naprave. Među FACTS napravama odabran je objedinjeni regulator tokova snaga (*eng. Unified Power Flow Controller, UPFC*) zbog najznačajnijih regulacijskih sposobnosti [9]. UPFC se sastoji od poprečne i serijske grane koje je moguće koristiti naizmjenično i istodobno. Ukoliko je UPFC lociran u točki priključenja vjetroelektrane na distribucijsku mrežu moguće je istodobno upravljati iznosom napona vjetroelektrane i/ili serijskim tokom jalove snage koju vjetroelektrana razmjenjuje s distribucijskom mrežom. Očekuje se da bi ova protumjera mogla značajno pridonijeti kvaliteti lokacije izgradnje vjetroelektrane istodobno povećavajući broj vjetroelektrana.

## 2. MODEL SUSTAVA

Poboljšanje regulacije napona i kompenzacije jalove snage korištenjem UPFC-a u točki priključenja male vjetroelektrane (7x800 kW) postavljeno je u ovom članku kao temeljni cilj. Vjetroelektrana je priključena na 10 kV distribucijsku mrežu (78 čvorišta, 77 elemenata) bez drugih proizvodnih jedinica osim one u glavnoj pojnoj točki koja predstavlja krutu 110 kV mrežu (slika 1). Pretpostavljeno je da je vjetroelektrana u izvedbi sa stalnom brzinom i konstantnom frekvencijom u kojoj je asinkroni generator pogonjen nereguliranom vjetroelektrinom [8]. Ukoliko se takva vjetroelektrana priključi na naponski slabu mrežu, brze i velike promjene koje se događaju oko srednje brzine vjetra mogu uzrokovati prevelike promjene napona u obližnjim čvorištima prevelike zbog fluktuacija injektirane snage vjetroelektrane. UPFC je lociran u točki priključenja vjetroelektrane na mrežu. Distribucijska mreža je

putem LTC transformatora priključena na 110 kV prijenosnu mrežu. Osnovni skup parametara sustava nalazi se u Dodatku, a detaljni u [8].



Slika 1. Distribucijska mreža s vjetroelektranom i FACTS napravom

## 3. MATEMATIČKI MODEL VJETROELEKTRANE I FACTS NAPRAVE

Utjecaj UPFC-a na regulaciju napona i kompenzaciju jalove snage vjetroelektrane istražen je korištenjem vlastitog računalnog programa utemeljenog na kombiniranom dinamičkom i statičkom modelu ees-a [8] – [9]. U vremenskoj je domeni postavljen skup diferencijalnih i algebarskih jednadžbi. Diferencijalne jednadžbe koriste se za simuliranje vladanja asinkronog generatora vjetroelektrane te generatora krute mreže u prijelaznim stanjima. Algebarske jednadžbe nužne su za proračun napona čvorišta po iznosu i kutu u okviru analize tokova snaga. Rješavanje diferencijalnih jednadžbi korištenjem Runge-Kutta metode 4. reda sekvencijalno je praćeno rješavanjem algebarskih jednadžbi korištenjem Newtonove i Gaussove metode. Broj diferencijalnih jednadžbi, koji ovisi o broju vjetroelektrana, definiran je s 5 jednadžbi po svakom asinkronom generatoru. Broj algebarskih jednadžbi ovisi o broju čvorišta u mreži, što za mrežu s približno 80 čvorišta čini 160 jednadžbi (80 za iznose napona i 80 za kutove napona). Osim algebarskih jednadžbi tokova snaga u modelu postoji veći broj ostalih algebarskih jednadžbi koje su vezane uz npr. promjenu brzine vjetra (linearna, udarna, šumna) i vjetroelektrane. Osnovne diferencijalne jednadžbe koje opisuju tranzijentni model asinkronog generatora, odnosno dvomasenu osovinu koja je sastavljena od dva rotora spojena putem mjenjačke kutije [10] glase

$$\frac{dE'_q}{dt} = \omega_s - \omega_m E'_d - \frac{E'_q}{T'_0} - \frac{X - X'}{T'_0} I_d, \quad (1)$$

$$\frac{dE'_d}{dt} = \omega_s - \omega_m E'_q - \frac{E'_d}{T'_0} - \frac{X - X'}{T'_0} I_q, \quad (2)$$

$$\frac{d}{dt} \left( \frac{c}{T} - \frac{m}{n} \right), \quad (3)$$

$$\frac{d}{dt} \frac{P_w(V_w) \frac{1}{S_{ngen}} - c_c - (D_c - D_T) \frac{D_c}{n}}{2H_T} m, \quad (4)$$

$$\frac{d}{dt} \frac{\frac{C_c}{n} - \frac{D_c}{n} - D_m \frac{D_c D_g}{n^2} - T_e}{2 H_m \frac{H_g}{n^2}}, \quad (5)$$

$$T_e = (E'_d I'_d - E'_q I'_q) / \omega_s \quad (6)$$

u kojima je  $\Theta_c$  kut torzije osovine između rotora vjetroturbine i rotora asinkronog generatora (rad<sub>c</sub>),  $\omega_T$ ,  $\omega_m$  brzina vrtnje rotora vjetroturbine i generatora (pu, u stacionarnom stanju vrijedi  $\omega_T = \omega_m/n$ ),  $P_w$  aerodinamička snaga (W),  $V_w$  brzina vjetra (m/s),  $S_{ngen}$  nazivna snaga generatora (VA),  $c_c$  koeficijent torzijske krutosti (pu/rad<sub>c</sub>),  $D_c$  torzijsko prigušenje spoja između rotora vjetroturbine i generatora (pu/pu),  $D_T$  prigušenje vjetroturbine (pu/pu),  $D_g$  prigušenje mjenjačke kutije (pu/pu),  $D_m$  prigušenje generatora (pu/pu),  $H_T$  tromost vjetroturbine (s),  $H_g$  tromost mjenjačke kutije (s) i  $H_m$  tromost generatora (s).

Numerička analiza osjetljivosti injektirane snage vjetroeletktrane s obzirom na promjenu brzine vjetra u ovom je članku najprije provedena korištenjem kompozitne brzine vjetra

$$V_w = V_{wB} + V_{wR} + V_{wG} + V_{wN}, \quad (7)$$

pri čemu  $V_{wB}$  predstavlja osnovnu,  $V_{wR}$  linearnu,  $V_{wG}$  udarnu i  $V_{wN}$  šumnu komponentu.

Osnovna komponenta  $V_{wB}$  brzine vjetra  $V_w$  definirana je kao konstanta

$$V_{wB} = const. \quad (8)$$

Linearna komponenta  $V_{wR}$  brzine vjetra  $V_w$  definirana je prema funkciji

$$V_{wR} = \begin{cases} 0 & \text{za } t < T_{1R} \\ V_{ramp} & \text{za } T_{1R} \leq t < T_{1R} + T_R \\ MAXR * V_{wB} & \text{za } t \geq T_{1R} + T_R \end{cases}, \quad (9)$$

gdje  $V_{ramp}$  treba izračunati korištenjem izraza

$$V_{ramp} = MAXR * V_{wB} \frac{t - T_{1R}}{T_R}. \quad (10)$$

Konstanta  $MAXR$  definira maksimalni koeficijent linearne promjene s obzirom na osnovnu komponentu  $V_{wB}$ ,  $t$  vrijeme,  $T_{1R}$  početni trenutak promjene i  $T_R$  ukupno trajanje linearne promjene.

Udarana komponenta  $V_{wG}$  brzine vjetra  $V_w$  definirana je prema funkciji

$$V_{wG} = \begin{cases} 0 & \text{za } t < T_{1G} \\ V_{sico} & \text{za } T_{1G} \leq t < T_{1G} + T_G \\ 0 & \text{za } t \geq T_{1G} + T_G \end{cases}, \quad (11)$$

gdje  $V_{sico}$  treba izračunati pomoću izraza

$$V_{sico} = -\frac{1}{2} MAXG * V_{wB} \sin 3 \frac{t - T_{1G}}{T_G} - \cos 2 \frac{t - T_{1G}}{T_G}. \quad (12)$$

Konstanta  $MAXG$  definira maksimalni koeficijent udarne promjene s obzirom na osnovnu komponentu  $V_{wB}$ ,  $t$  vrijeme,  $T_{1G}$  početni trenutak promjene i  $T_G$  ukupno trajanje udarne promjene.

Šumna komponenta  $V_{wN}$  brzine vjetra  $V_w$  definirana je prema funkciji spektralne gustoće

$$V_{wN} = 2 \frac{N}{i-1} S_V \cos \frac{1}{2} \phi_i t, \quad (13)$$

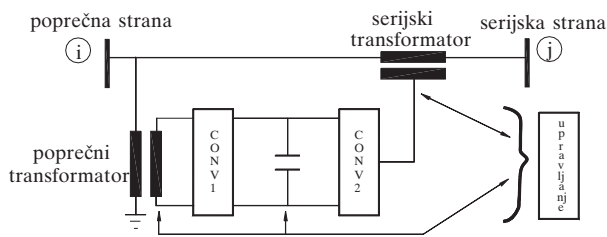
$$\phi_i = i - \frac{1}{2}, \quad (14)$$

$$S_V(\phi_i) = \frac{2K_N F^2 | \phi_i |}{2 \sqrt{1 + \frac{F}{V_w} \phi_i^{4/3}}}. \quad (15)$$

U (13 – 15), varijabla  $\phi_i$  je slučajni broj utemeljen na uniformnoj distribuciji unutar intervala  $[0; 2\pi]$ ,  $S_V(\omega_i)$  funkcija spektralne gustoće,  $\Delta\omega$  brzina (za  $N=50$ ,  $\Delta\omega=0.5-2.0$  rad/s),  $K_N$  površinski koeficijent ( $K_N=0.001-0.040$ ),  $F$  skala turbulencije ( $F=600-700$  m) i  $V_w$  brzina vjetra na referentnoj visini (m/s).

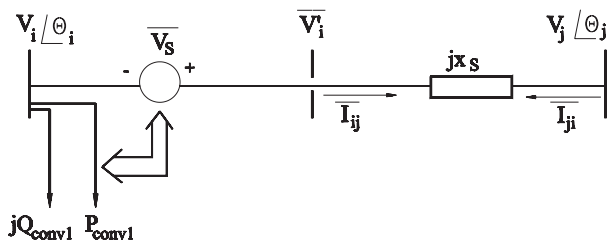
Na temelju definiranih komponenti brzine vjetra moguće je proračunati odzive varijabli stanja te algebarskih varijabli vjetroeletktrane u vremenskoj domeni. Nakon proračuna osjetljivosti s obzirom na promjenu kompozitne brzine vjetra, numerička analiza izvedena je korištenjem jednog karakterističnog 48-satnog perioda s izmjerenom brzinom vjetra  $V_w$  na lokaciji izgradnje vjetroeletktrane. Izmjereni podaci tretiraju se kao dovoljno reprezentativni za analizu kontinuiranog pogona vjetroeletktrane u dugotrajnom periodu. Na temelju izmjerene brzine vjetra izvedeni su proračuni odziva varijabli stanja te algebarskih varijabli vjetroeletktrane.

Drugi skup diferencijalnih jednadžbi definiran je za upravljački sustav UPFC-ovog modela zasnovanog na injektiranim snagama koji je opisan proporcionalno-integracijskom karakteristikom. Model UPFC-a uključen je u model ukupnog sustava. Upravljački sustav modela predložen je kako bi se prepoznala dobrobit u okviru istraživanja problema regulacije napona i kompenzacije jalove snage vjetroeletktrane. UPFC može istodobno regulirati tri osnovna parametra ees-a (napon, impedancija i fazni kut) te dinamički kompenzirati sustav. Regulator može istodobno ispunjavati zadaće poprečne kompenzacije jalove snage, serijske kompenzacije te regulacije kuta uz zadovoljavanje višestrukih upravljačkih ciljeva. Iz funkcionalne perspektive, ciljevi se postižu primjenom serijskog transformatora koji injektira napon i poprečnog transformatora koji injektira jalovu struju (slika 2). Injektirani napon upravljačiv je s obzirom na iznos i kut te se dodaje naponu čvorišta poprečne strane UPFC-a. Jalova struja razmjenjuje se na poprečnoj strani UPFC-a.



Slika 2. Objedinjeni regulator tokova snage

Funkcijska struktura UPFC-a rezultira s odgovarajućim razmještajem električnih elemenata [11]. Izmjenični napon serijskog konvertera injektiran je u seriju s vodom (slika 3).

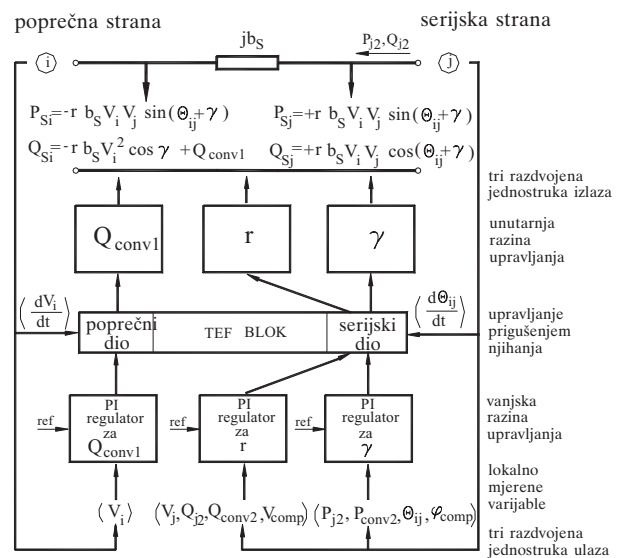


Slika 3. Električna shema UPFC-a

Serijski konverter razmjenjuje samo djelatnu snagu s poprečnim konverterom. Reaktancija  $x_s$  viđena je s priključnica serijskog transformatora. Model UPFC-a koji je zasnovan na injektiranim snagama izveden je na način da omogućuje istodobno upravljanje trima parametrima [9]. Parametri su poprečna jalova snaga  $Q_{conv1}$ , te iznos  $r$  i kut  $\gamma$  injektiranog serijskog napona  $V_s$ . Osim konstantne serijske susceptancije  $b_s$  uključene u matricu admitancija čvorišta cijelog sustava, injektirane snage UPFC-a  $P_{Si}$ ,  $Q_{Si}$ ,  $P_{Sj}$  i  $Q_{Sj}$  također su pridružene modelu sustava (slika 4).

Radi ostvarivanja cilja upravljanja, injektirane snage se modificiraju putem promjene parametara  $r$ ,  $\gamma$  i  $Q_{conv1}$ . Upravljački sustav modela predložen je u razdvojenom proporcionalno-integracijskom obliku s jednim ulazom i jednim izlazom. Upravlja sustavom prema definiranoj pogonskoj točki putem mijenjanja referentnih veličina. Izbor ulaznih i izlaznih signala ovisi o prethodno definiranom upravljačkom režimu. Poprečnu je stranu moguće regulirati samo u naponskom režimu  $V_i \Leftrightarrow Q_{conv1}$ , naglašavajući da  $Q_{conv1}$  predstavlja ostatnu vrijednost opterećenja poprečnog konvertera jalovom snagom. Serijsku se stranu može regulirati putem parametara  $r \Leftrightarrow \gamma$  u različitim režimima pogona.

U vremenskoj se domeni proračunavaju proširena Jacobi matrica te matrica varijabli stanja. Kombinirani model omogućuje korištenje različitih pokazatelja u predviđanju sigurnosti naponskih stanja. Pokazatelji zasnovani na singularnim vrijednostima rezultiraju s osjetljivošću pogonske točke na male poremećaje [12].



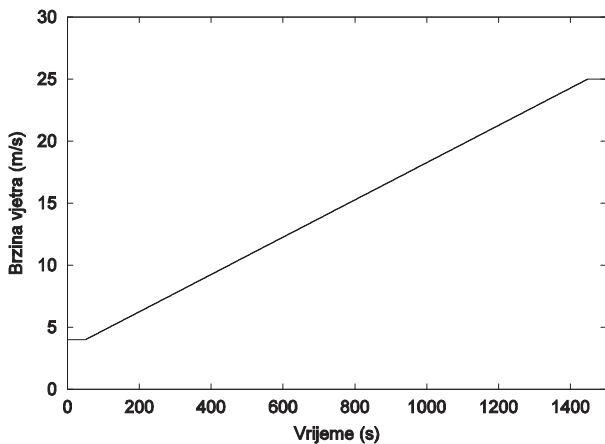
Slika 4. Model UPFC-a zasnovan na injektiranim snagama

## 4. NUMERIČKI REZULTATI

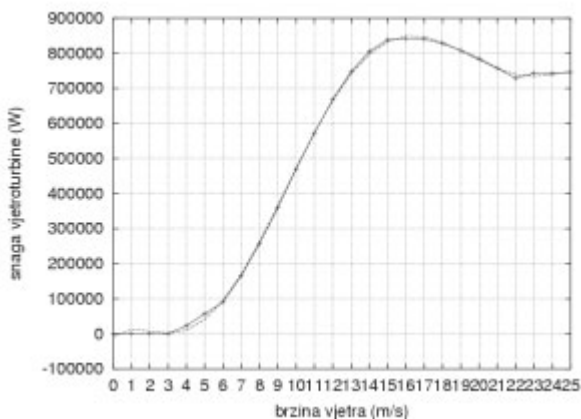
Konvencionalne i FACTS naprave primijenjene su radi izravnavanja profila napona, očuvanja stabilnosti, korigiranja faktora snage te smanjenja gubitaka snage i energije putem minimiziranja toka jalove snage u mreži. U okviru regulacije napona i kompenzacije jalove snage analizirane su strujne i naponske prilike u mreži kao dio ukupnog problema vezanog uz tehničke aspekte priključenja vjetroelektrane na mrežu. Vjetroelektrana je u izvedbi sa stalnom brzinom i konstantnom frekvencijom. Opremljena je asinkronim generatorom koji je pogonjen nereguliranom vjetro-turbinom. Prilike u čvorištima mreže dinamički su analizirane u ovisnosti o promjeni brzine vjetra. Uvjeti pod kojima dolazi do interakcije između vjetroelektrane i LTC distribucijskog transformatora razmotreni su tijekom ekstremno turbulentnih vjetrova. Prijelaz vjetroelektrane iz pogona na krutu mrežu u otočni pogon također je analiziran.

### 4.1. Linearna promjena brzine vjetra

Uz linearnu promjenu brzine vjetra  $V_w$  (slika 5), vjetro-turbina prolazi kroz sve pogonske točke  $P_w(V_w)$  krivulje (slika 6) omogućujući injektiranje djelatne snage u mrežu od minimuma do maksimuma. Izborom dužeg vremenskog perioda izbjegavaju se tranzijenti vezani uz uklapanje/isklapanje kondenzatorskih baterija (UKB/IKB) ili prebacivanje s jednog skupa namota statora generatora na drugi (PNSG). Svaki asinkroni generator opremljen je skupom od 8x50 kvar baterija koje se uključuju/isključuju ukoliko je jalova snaga generatora izvan zone nedjelovanja  $\pm 30$  kvar dulje od 15 s. Opremljen je i s dva skupa statorskih namota koji pripadaju manjoj/većoj nazivnoj snazi ( $g/G$ ).

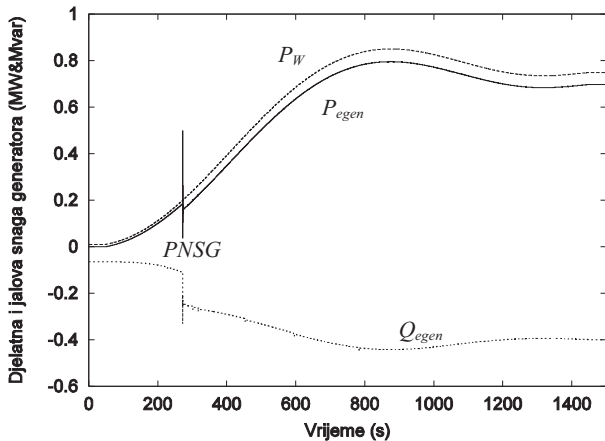


Slika 5. Linearna promjena brzine vjetra

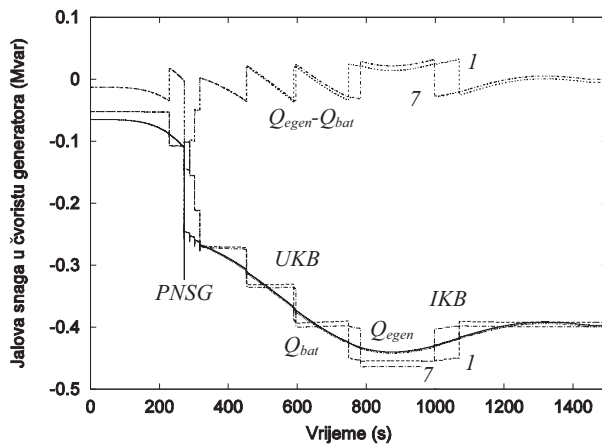


Slika 6. Krivulja  $P_w(V_w)$  vjetroturbine

Injektirana snaga  $P_{egen}$  postaje promjenjiva prema  $P_w(V_w)$  krivulji, uzrokujući promjenjivost jalove snage koju generator povlači iz mreže (slika 7). U točki priključenja na mrežu, vjetroelektrana treba injektirati djelatnu snagu uz minimalnu razmjenu jalove. Stoga se kondenzatorske baterije uklapaju/isklapaju u čvorištu generatora kako bi se razmjena jalove snage održavala unutar  $\pm 30$  kvar (slika 8). Diskretnost uklapanja/isklapanja baterija prenosi se dalje u mrežu.

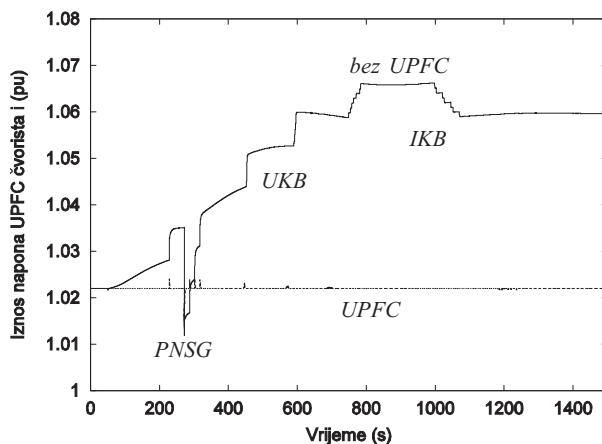


Slika 7. Djelatna i jalova snaga asinkronog generatora

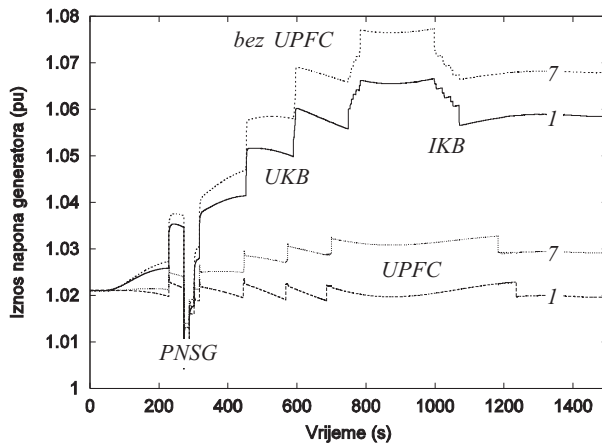


Slika 8. Tok jalove snage u čvorištu generatora 1 i 7

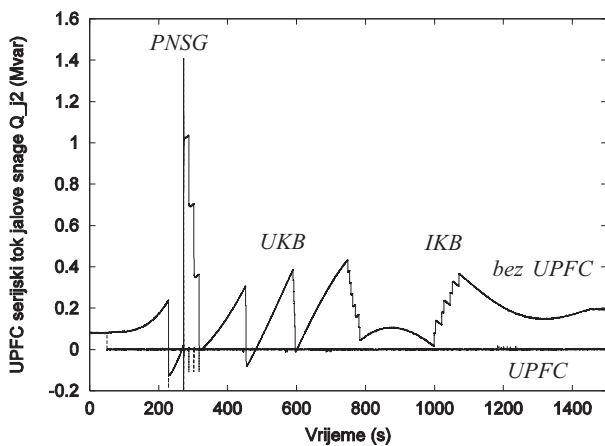
FACTS neutralizira diskretnost konvencionalne protumjere primjenom kontinuirane regulacije napona i jalove snage u točki priključenja vjetroelektrane na mrežu i to pri svim brzinama vjetra. Ukoliko se UPFC koristi kao spojka između vjetroelektrane i mreže, moguće je istodobno regulirati iznos napona u čvorištu (slika 9) i neizravno smanjiti promjenu napona generatora (slika 10) te anulirati serijski tok jalove snage



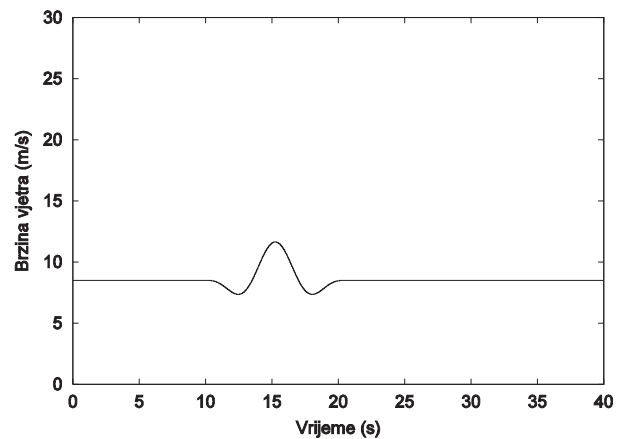
Slika 9. Iznos napona UPFC čvorišta  $i, V_i$



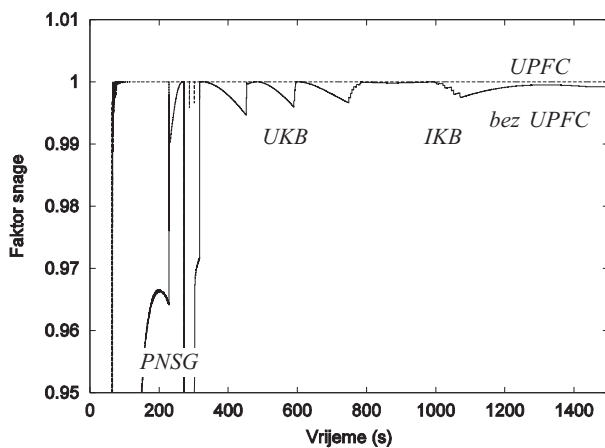
Slika 10. Iznos napona asinkronog generatora 1 i 7



Slika 11. Tok jalove snage prema UPFC čvorištu  $j$ ,  $Q_{j2}$



Slika 13. Udarne promjene brzine vjetra



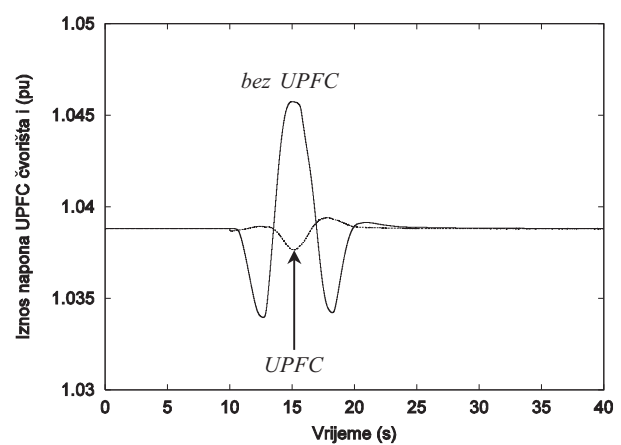
Slika 12. Faktor snage u UPFC čvorištu  $j$

(slika 11) i neizravno održavati točno jedinični faktor snage (slika 12). Devijacije iznosa napona ne prenose se u mrežu i ne uzrokuju narušavanje kvalitete isporučene električne energije. Razmjena jalove snage svedena je na nulu te su time smanjeni gubici djelatne snage na radijalnom kraku vjetroelektrane.

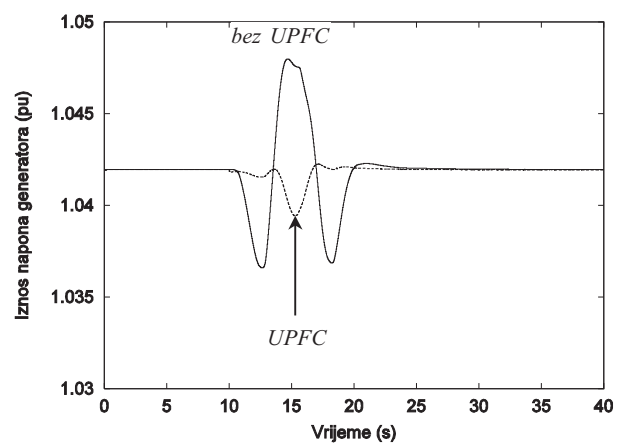
#### 4.2. Udarne promjene brzine vjetra

Posljedice udarne promjene brzine vjetra  $V_w$  (slika 13) moguće je ublažiti FACTS protumjerom i izbjeći fluktuiranje iznosa napona i toka jalove snage. Udarne promjene definirane je tijekom 10.5 s kao 40%-tno najveće odstupanje od početne vrijednosti (8.5 m/s) prema jednogodišnjem obliku pojavnosti.

Uz aktiviran UPFC, napon u čvorištu priključenja vjetroelektrane na mrežu manje je promjenjiv (slika 14). Podržavajući napon, UPFC smanjuje promjenu napona generatora (slika 15). Zbog vremenskog kašnjenja od 15 s pri sklapanju kondenzatora, ova udarna promjena ne inicira niti jednu sklopnu operaciju kondenzatora. Istodobnim reguliranjem serijskog toka jalove snage, UPFC značajno smanjuje razmjenu jalove snage vjetroelektrane s mrežom (slika 16).



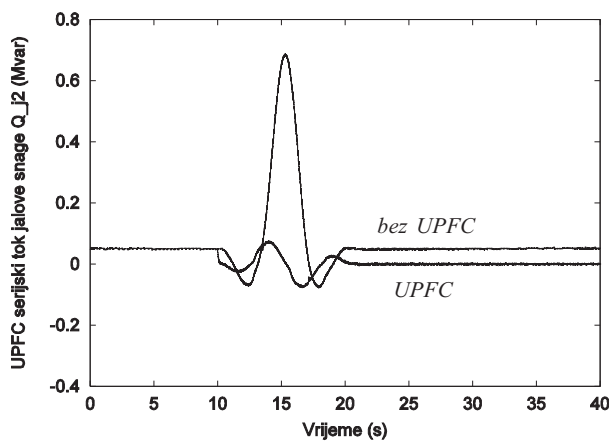
Slika 14. Iznos napona UPFC čvorišta  $i$ ,  $V_i$



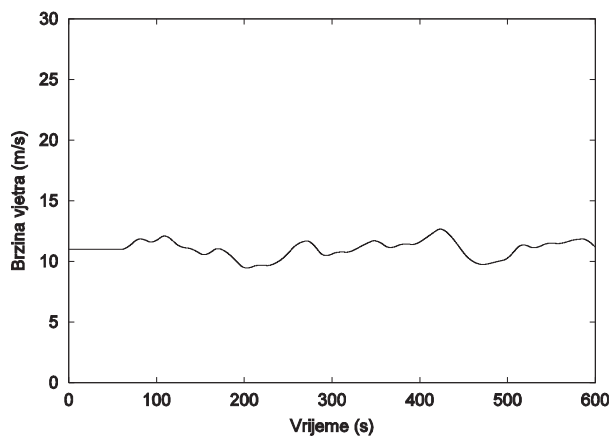
Slika 15. Iznos napona asinkronog generatora 1

#### 4.3. Šumna promjena brzine vjetra

Šumna promjena brzine vjetra  $V_w$  (slika 17) ilustrira FACTS sposobnost istodobnog izravnavanja profila napona i minimiziranja razmjene jalove snage između vjetroelektrane i mreže. Izabrana je kao  $\pm 10\%$  slučajna promjena oko početne vrijednosti (11 m/s).

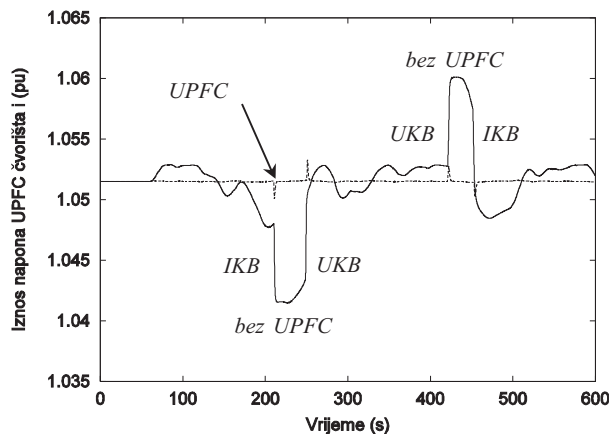


Slika 16. Serijski tok jalove snage kroz UPFC čvorište  $j$ ,  $Q_{j2}$



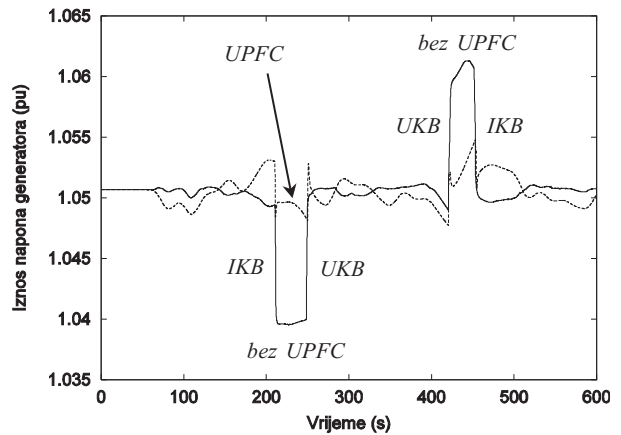
Slika 17. Šumna promjena brzine vjetra

Uz aktivirani UPFC, napon u točki priključenja vjetroelektrane na mrežu održava se konstantnim (slika 18). Time se ne dozvoljava da tranzijenti uđu dublje u mrežu i naruše kvalitetu isporučene električne energije. Podržavajući napon u 10 kV mreži, UPFC također smanjuje promjenu napona asinkronog generatora (slika 19) u uvjetima pojave sklopnih opera-

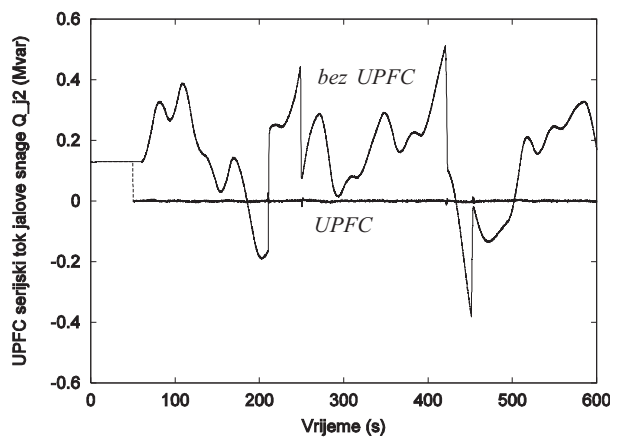


Slika 18. Iznos napona UPFC čvorišta  $i$ ,  $V_i$

cija unutar lokalnog sloga poprečnih kondenzatorskih baterija. Upravljaajući serijskim tokom jalove snage, UPFC minimizira razmjenu jalove snage (slika 20) te njezinim dovođenjem na nultu vrijednost smanjuje gubitak djelatne snage na 10 kV radijalnom kraku između vjetroelektrane i glavne pojne točke 110 kV / 10 kV.



Slika 19. Iznos napona asinkronog generatora 1

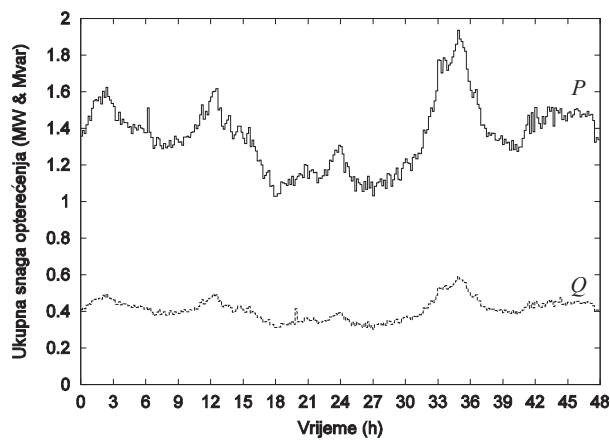


Slika 20. Serijski tok jalove snage kroz UPFC čvorište  $j$ ,  $Q_{j2}$

#### 4.4. Kontinuirana promjena brzine vjetra

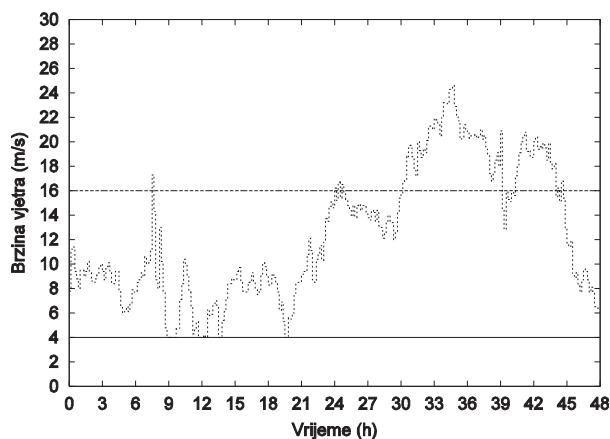
U okviru rješavanja problema regulacije napona i kompenzacije jalove snage u dugotrajnom periodu, strujne i naponske prilike su analizirane kao dio ukupnih tehničkih aspekata priključenja vjetroelektrane na mrežu. Radi toga su strujne i naponske prilike dinamički analizirane u ovisnosti o kontinuirano promjenjivoj brzini vjetra tijekom 48-satnog perioda. Proračunati su odzivi karakterističnih varijabli vjetroelektrane u ovisnosti o brzini vjetra izmjerenoj na lokaciji izgradnje te u ovisnosti o djelatnoj i jalovoj snazi opterećenja izmjerenoj u 10 kV mreži tijekom 48-satnog perioda. Ukupna snaga opterećenja izmjerena je u glavnoj pojnoj točki 10 kV distribucijske mreže (slika 21). Unutar 10-minutnih intervala, ukupno opterećenje mreže raspodijeljeno je na čvorišta opterećenja proporcionalno

iznosima njihovih najvećih snaga. Snage opterećenja predstavljaju srednje vrijednosti svakog 10-minutnog intervala tijekom 48-satnog perioda.



Slika 21. Ukupna snaga opterećenja u 10 kV mreži

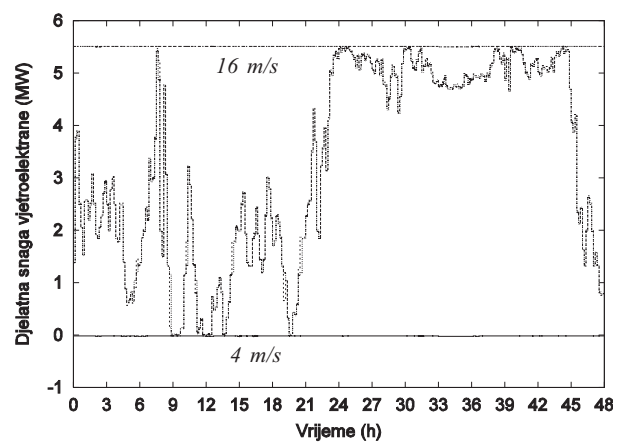
Konstantni minimalni, konstantni maksimalni i kontinuirano promjenjivi režimi pogona vjetroeletreane superponirani su na istodobno promjenjive snage opterećenja u čvorištima radi predviđanja ugroženosti pogona mreže nakon priključenja vjetroeletreane. Različiti režimi pogona vjetroeletreane simulirani su primjenjujući različite oblike brzine vjetra (slika 22). Najprije su analizirana dva potpuno kompenzirana režima konstantnog pogona koji odgovaraju minimalnom (4 m/s) i maksimalnom (16 m/s) angažmanu vjetroeletreane. Nakon toga je simuliran utjecaj izmjerene kontinuirano promjenjive brzine vjetra na pogon vjetroeletreane. Oblik kontinuirano promjenjive brzine vjetra uzet je kao uprosječna vrijednost svakog 10-minutnog intervala tijekom 48-satnog perioda koji se odvija između 4 m/s i 25 m/s. Pri tome niti u jednom trenutku ne dolazi do diskontinuiteta uzrokovanih zaustavljanjem i ponovnim pokretanjem vjetroeletreane, već se radi o njezinom kontinuiranom pogonu.



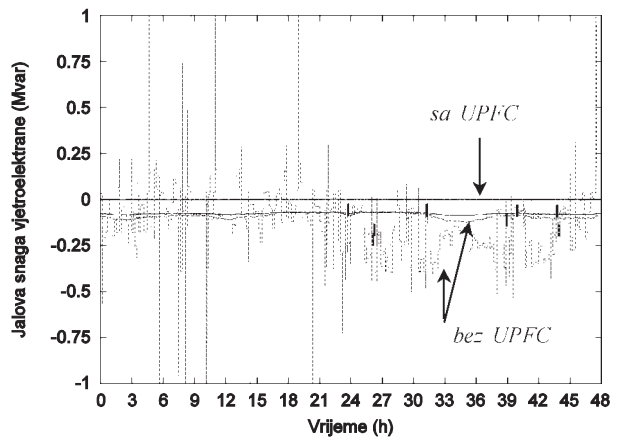
Slika 22. Konstantni i kontinuirano promjenjivi oblici brzine vjetra

S obzirom na promjenjivost brzine vjetra kao ulaznog parametra, vjetroeletreane injektira promjenjivu djelatnu i jalovu snagu u distribucijsku mrežu izlažući obližnje potrošače neželjenim devijacijama iznosa napona. Promjenjiva djelatna snaga ovisi o  $P_w(V_w)$  karakteristici vjetroturbine (slika 6). Konvencionalne (poprečne kondenzatorske baterije) i FACTS naprave (UPFC) primijenjene su radi izravnavanja naponskog profila u mreži, održavanja stabilnosti, ispravljanja faktora snage i smanjivanja gubitaka djelatne snage i energije putem minimiziranja toka jalove snage u mreži. Protumjera zasnovana na djelovanju FACTS naprave ima kontinuirani utjecaj na fluktuirajući iznos napona i tok jalove snage za razliku od konvencionalnih naprava čiji je utjecaj diskontinuitetno diskretan.

Zbog promjenjivosti djelatne i jalove snage opterećenja u čvorištima te različitih oblika brzine vjetra, injektirana djelatna snaga vjetroeletreane postaje promjenjiva prema  $P_w(V_w)$  karakteristici vjetroturbine (slika 23), istodobno uzrokujući promjenjivost jalove snage koju asinkroni generatori povlače iz mreže (slika 24). Kapacitivnost pogona asinkronog generatora nužno traži protumjeru u obliku lokalnog kompenza-



Slika 23. Djelatna snaga vjetroeletreane injektirana u 10 kV mrežu

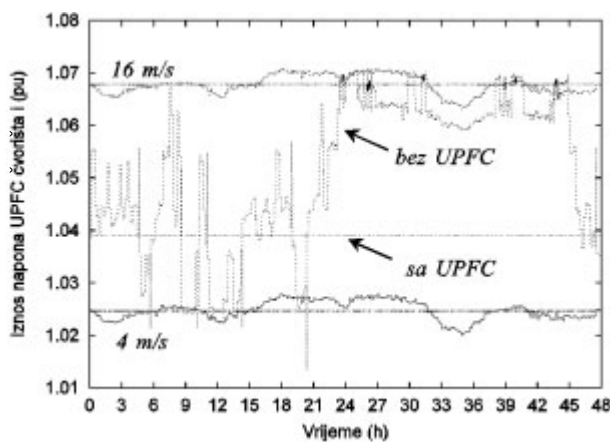


Slika 24. Razmjena jalove snage vjetroeletreane s 10 kV mrežom



cijskog uređaja. U točki priključenja na mrežu, vjetroelektrana treba injektirati djelatnu snagu uz minimalnu razmjenu jalove snage. Uočava se da konvencionalna protumjera ne samo da uzrokuje diskontinuitetnu diskretnost, već se njezine sklopne operacije prenose dalje u 10 kV mrežu. Ukoliko je UPFC aktiviran u modu podrške iznosu napona i serijskom toku jalove snage, njegov je utjecaj na injektiranu djelatnu snagu vjetroelektrane zanemariv. Međutim, utjecaj na razmjenu jalove snage između vjetroelektrane i 10 kV mreže postaje vrlo značajan.

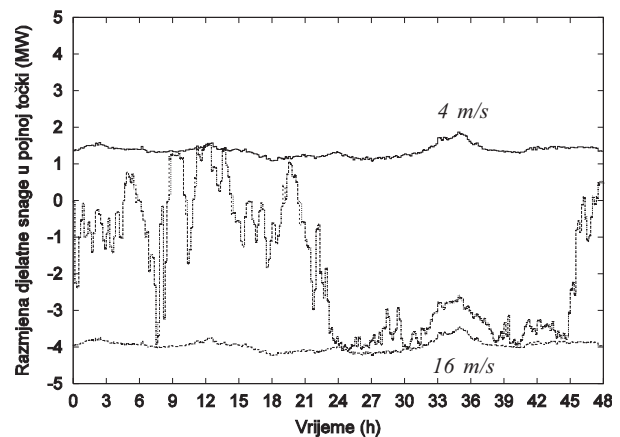
Ukoliko UPFC predstavlja spojku između vjetroelektrane i mreže, osim anuliranja serijskog toka jalove snage (slika 24) moguće je istodobno regulirati i iznos napona u čvorištu priključenja (slika 25). FACTS protumjera ne samo da neutralizira diskretnost konvencionalnih naprava forsiranjem kontinuiranog odziva varijabli vjetroelektrane već i utječe na izravnavanje profila napona koji je pod utjecajem promjenjive injektirane snage vjetroelektrane uzrokovane promjenjivom brzinom vjetra.



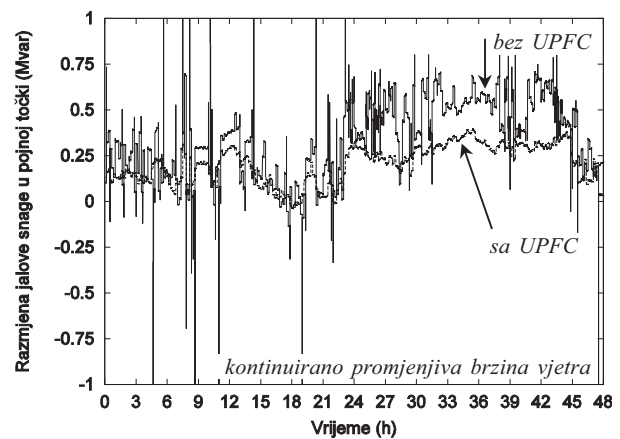
Slika 25. Iznos napona UPFC čvorišta  $i$ ,  $V_i$

Različiti režimi pogona vjetroelektrane i promjenjive snage opterećenja uzrokuju promjenjivost razmjene snage u glavnoj pojnoj točki 110 kV/10 kV (slike 26 – 27). Pri  $V_w=4$  m/s, djelatna snaga se distribucijskoj mreži dobavlja iz 110 kV mreže (pozitivne vrijednosti). Pri  $V_w=16$  m/s, djelatna snaga ima suprotni smjer (negativne vrijednosti). Vjetroelektrana injektira onaj dio djelatne snage koji nije utrošen na 10 kV razini u 110 kV mrežu. Razmjena jalove snage održava se konstantnom. Konvencionalna protumjera stvara kratkotrajna odstupanja zbog diskretne naravi 10-minutnih intervala. FACTS kontinuirana kompenzacija smanjuje odstupanje jalove snage razmjene.

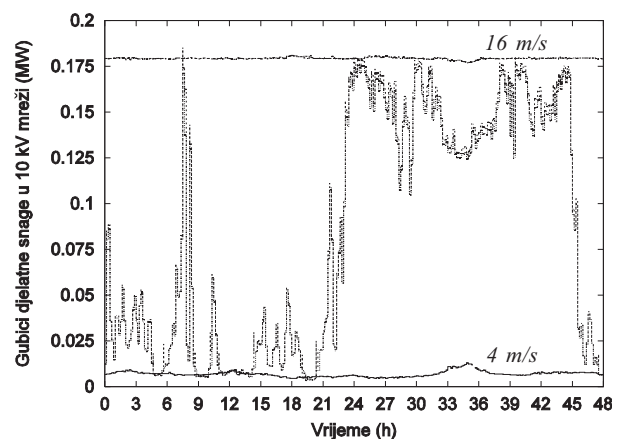
Promjenjive snage opterećenja i različiti režimi pogona vjetroelektrane čine promjenjivima gubitke djelatne snage i energije u 10 kV mreži (slike 28 – 29). Ako se vjetroelektrana nalazi u intermitentnom pogonu između minimuma i maksimuma, gubici djelatne snage postaju izrazito poremećeni. Maksimalni pogon



Slika 26. Razmjena djelatne snage u pojnoj točki 110 kV/10 kV

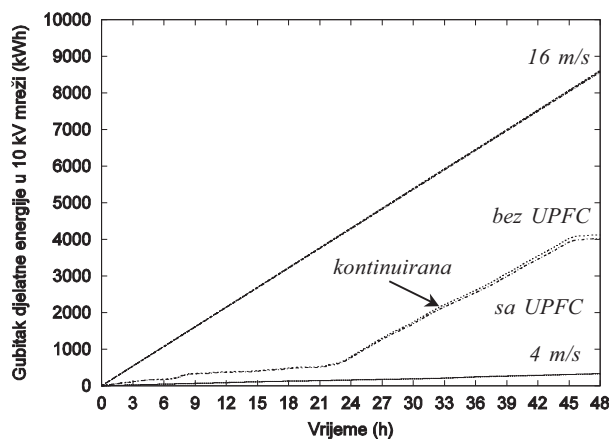


Slika 27. Razmjena jalove snage u pojnoj točki 110 kV/10 kV



Slika 28. Gubici djelatne snage u 10 kV mreži

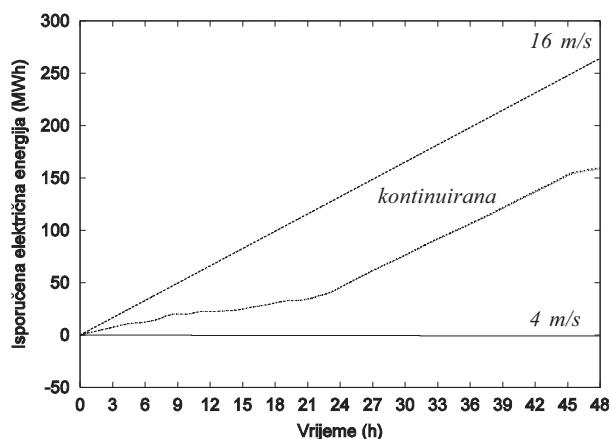
vjetroelektrane čini približno 20 puta veće gubitke u usporedbi s minimalnim. Gubici djelatne energije ovise o gubicima djelatne snage. Na kraju 48-satnog perioda, za tri režima pogona (bez/sa UPFC) gubici djelatne energije iznose 333/327 kWh (4 m/s),



Slika 29. Gubitak djelatne energije u 10 kV mreži

4125/4023 kWh (intermitentni pogon) i 8607/8572 kWh (16 m/s). Uz aktivirani UPFC, gubici djelatne energije smanjeni su zbog anuliranja toka jalove snage kroz radialni krak koji povezuje vjetroelektranu s glavnim pojnom točkom.

Tijekom 48-satnog perioda, vjetroelektrana isporučuje električnu energiju u 10 kV distribucijsku mrežu (slika 30). Na kraju perioda, za tri režima pogona isporučena električna energija iznosi -1 MWh (4 m/s), 159 MWh (intermitentni pogon) i 264 MWh (16 m/s). UPFC ima zanemariv utjecaj na isporučenu električnu energiju. Pri 4 m/s, energija ima negativni predznak jer je vlastita potrošnja vjetroelektrane veća od minimalne proizvodnje svih vjetroturbina. Na kraju perioda, gubici energije u 10 kV mreži približno iznose 2.5% od isporučene energije u intermitentnom pogonu, odnosno 3.3% u maksimalnom pogonu (16 m/s).



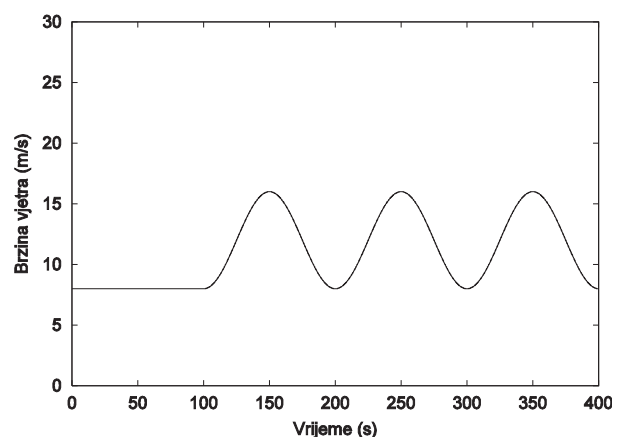
Slika 30. Isporučena električna energija vjetroelektrane

Na temelju ukupnog broja radnih sati tijekom jedne godine ekstrapoliraju se iznosi proizvedene energije i energije gubitaka s 48-satnog perioda na godišnju razinu. Također, daljnjim razvijanjem različitih modela vjetroelektrane omogućilo bi se provođenje usporedbi različitih tipova vjetroturbina s obzirom na proizve-

deni električnu energiju. Naime, u ovom je članku analiziran tip vjetroturbine sa stalnom brzinom vrtnje i konstantnom frekvencijom koji optimalni pogon ima samo u jednoj radnoj točki, odnosno samo pri jednoj brzini vjeta. Nadalje bi bilo potrebno razviti model vjetroturbine s promjenjivom brzinom vrtnje i reguliranom frekvencijom koji optimalni pogon ima u više radnih točaka, odnosno pri više različitih brzina vjeta. Tada bi se ista vrsta analize provela i za taj suvremeniji tip vjetroturbine. Međusobnom usporedbom iznosa proizvedene električne energije za ta dva tipa vjetroturbina postigao bi se čvrsti ekonomski numerički pokazatelj. Na temelju tog pokazatelja provela bi se ekonomska analiza isplativosti povećanog inicijalnog ulaganja u suvremeniji (skuplji) tip vjetroturbine čijim se korištenjem proizvodi veći iznos električne energije. Ukoliko je električna energija koja je proizvedena u suvremenim vjetroturbinama tijekom određenog razdoblja znatnije povećana u usporedbi sa standardnim tipom vjetroturbine, financijski je opravdano inicijalno veće ulaganje u novo tehnološko rješenje.

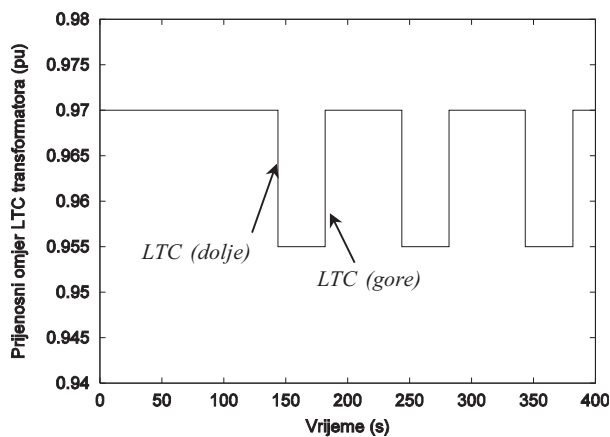
#### 4.5. Interakcija između vjetroturbine i LTC transformatora

Vjetroelektrana je putem radialnog kraka spojena na niskonaponsku stranu LTC transformatora u glavnoj pojnoj točki distribucijske mreže. Interakcija između vjetroelektrane i LTC-a može se javiti pri ekstremno velikim i ponavljajućim udarnim promjenama brzine vjeta  $V_w$  (slika 31). Promjena je definirana periodom od 100 s te 100%-tnim najvećim odstupanjem od početne vrijednosti (7.5 m/s). Predstavlja ekstremno veliki poremećaj ulazne varijable na mehaničkoj strani vjetroturbine. Izaziva velika odstupanja injektirane snage vjetroelektrane i napona u mreži.

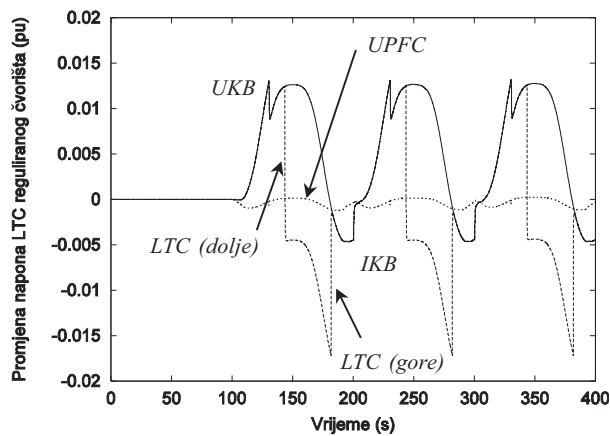


Slika 31. Ponavljajuća udarna promjena brzine vjeta

Ako je zona nedjelovanja regulacije napona LTC transformatora postavljena unutar uskog raspona ( $\pm 0.010$  pu), a ukupno vremensko zatezanje prorade korespondira s periodom udarne promjene, fluktuacije napona mogu izazvati proradu LTC-a (slike 32 – 33).

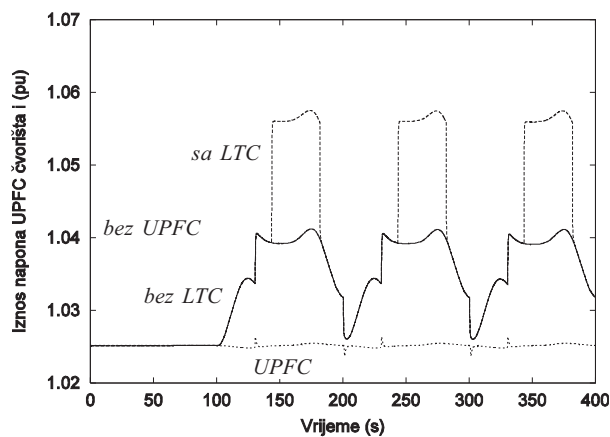


Slika 32. Prijenosni omjer LTC transformatora



Slika 33. Promjena reguliranog napona LTC transformatora

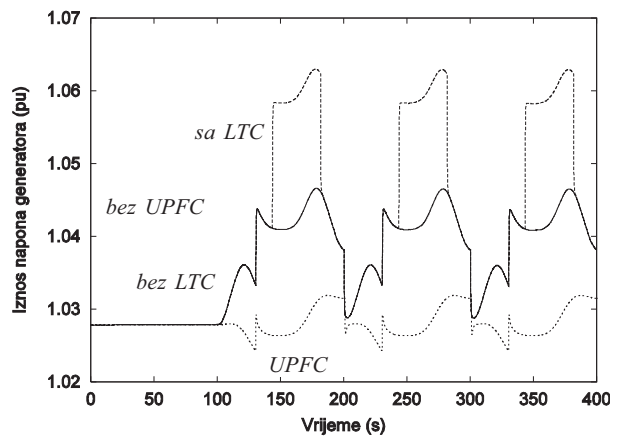
FACTS protumjera ublažava fluktuacije napona u mreži koje su inducirane velikim ponavljajućim promjenama brzine vjetro. Uz aktiviran UPFC, LTC shema se ne inicira budući da se regulira napon u čvorištu priključenja vjetroelektrane na mrežu (slika 34). UPFC blokira penetraciju velikih odstupanja iznosa



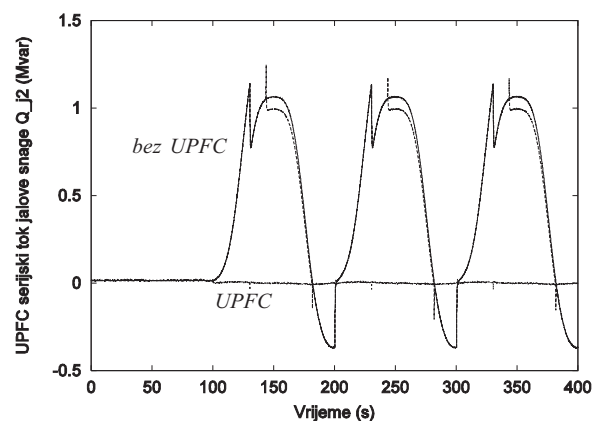
Slika 34. Iznos napona UPFC čvorišta  $i$ ,  $V_i$

napona uzduž radijalnog kraka od vjetroelektrane prema glavnoj pojnoj točki gdje je smješten LTC transformator.

Podržavajući napon, UPFC smanjuje promjenu napona asinkronog generatora (slika 35). Istodobnim reguliranjem serijskog toka jalove snage, UPFC značajno smanjuje razmjenu jalove snage s mrežom (slika 36). FACTS protumjera ponovno se pokazuje vrlo uspješnom.



Slika 35. Iznos napona asinkronog generatora 1

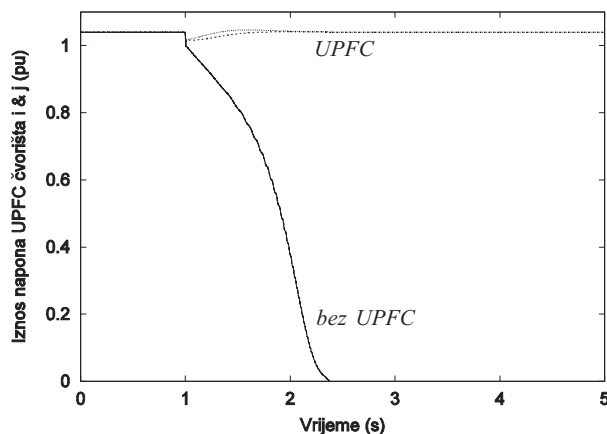
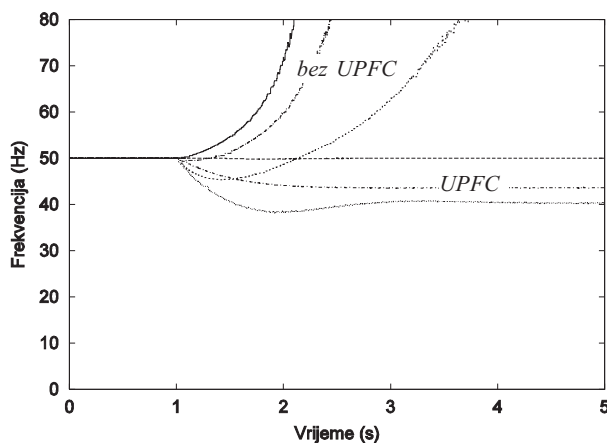


Slika 36. Serijski tok jalove snage kroz UPFC čvorište  $j$ ,  $Q_{j2}$

#### 4.6. Otočni pogon vjetroelektrane

Vjetroelektrana u nereguliranoj izvedbi, općenito nije u mogućnosti zadržati stabilan pogon nakon odvajanja od krute mreže ukoliko u istoj izoliranoj mreži nema drugih reguliranih jedinica. Otočni pogon nije ostvariv niti u slučaju kada je brzina vjetro na lokaciji vjetroelektrane dostatna za uravnoteživanje snaga u mreži. Primarno je problem vezan uz nedostatak sposobnosti vjetroelektrane za regulacijom frekvencije te sekundarno za regulacijom napona. U hibridnim shemama, vjetroelektrana se kombinira s drugom reguliranom proizvodnom jedinicom koja omogućuje zadržavanje stabilnog otočnog pogona.

Ilustrirana je neupravljivost vjetroelektrane tijekom odvajanja od krute mreže. Analizirana su tri slučaja u ovisnosti o razlici između snage potrošnje i proizvodnje u distribucijskoj mreži nakon odvajanja ( $P=0.1$  MW, 1.1 MW i 2.2 MW). Nakon ispada LTC transformatora, distribucijska mreža izolirana je od krute mreže i ima snagu proizvodnje samo iz vjetroelektrane. S obzirom na neupravljivost vjetroelektrane predmetnog tipa, odvajanje uzrokuje problem s frekvencijom i/ili naponom. Unutar 1.5 s dolazi do sloma napona u čvorištima mreže (slika 37). Frekvencija u otočnom sustavu poprima vrlo velike vrijednosti već unutar prve sekunde nakon poremećaja (slika 38). U svakom od slučajeva, frekvencija se povećava nakon sloma napona s obzirom da potrošnja tereta pada na nulu zbog ovisnosti o iznosu napona. Uz aktiviran UPFC u naponskom režimu s obje strane, naponski dio problema moguće je riješiti. Ukoliko je napon u čvorištu priključenja vjetroelektrane podržan djelovanjem UPFC-a, naponi u mreži se stabiliziraju. Međutim, odstupanje frekvencije može biti preveliko ne dozvoljavajući kontinuirani pogon.

Slika 37. Iznos napona UPFC čvorišta  $i$  i  $j$ ,  $V_i$  i  $V_j$ 

Slika 38. Frekvencija nakon odvajanja od krute mreže

## 5. ZAKLJUČAK

Unutar ovog članka uspoređene su konvencionalne i FACTS protumjere u okviru problema regulacije napona i kompenzacije jalove snage. Korist od primjene FACTS naprava zasnovanih na energetskej elektronici jasno je ilustrirana unutar problema priključenja vjetroelektrane na distribucijsku mrežu. FACTS rješenje preventivno smanjuje odstupanje iznosa napona koje inducira vjetroelektrana injektiranjem promjenjive snage u distribucijsku mrežu. Uz aktivirani UPFC, problem regulacije napona i kompenzacije jalove snage vjetroelektrane značajno se ublažava istodobnom regulacijom iznosa napona i serijskog toka jalove snage u čvorištu priključenja vjetroelektrane na mrežu. Predočeni rezultati ukazuju na mogućnost primjene FACTS naprava u još jednom zanimljivom i progresivnom području.

## 6. DODATAK

Tablica A.1 Osnovni parametri UPFC-a

$S_{CONV1n}$ (MVA)	4
$S_{CONV2n}$ (MVA)	4
$r_{max}$ (pu)	0.05
$X_k$ (pu)	0.05

Tablica A.2 Osnovni parametri vjetroelektrane (G/g)

$P_n$ (kW)	7x(800/200)
$U_n$ (V)	690 V $\pm$ 10 %
$S_n$ (kVA)	909/232
$l:n$	1:63.6
$R_s$ ( $\Omega$ )	0.0131/0.1165
$X_s$ ( $\Omega$ )	0.24/0.72
$R_r$ ( $\Omega$ )	0.014/0.073
$X_r$ ( $\Omega$ )	0.16/0.97
$X_{mag}$ ( $\Omega$ )	5.94/22.2
$H_m$ (s)	0.234/0.410
$H_g$ (s)	0.008/0.014
$H_T$ (s)	5.644/9.787
$\Theta_c$ ( $^\circ$ )	3.6 $^\circ$ /3.6 $^\circ$
$c_c$ (pu torque/rad $_c$ )	884/821
$D_c$ (pu torque/pu speed)	1200/1200
$D_m$ (pu torque/pu speed)	0.008664/0.008031
$D_g$ (pu torque/pu speed)	1.168/1.083
$D_T$ (pu torque/pu speed)	147.15/136.73

## LITERATURA

- [1] N. JENKINS et al., "Embedded generation", IEE Series 31, ISBN 0 85296 774 8, London, UK, 2000
- [2] CIGRÉ, "Impact of increasing contribution of dispersed generation on the power system", WG 37.23, Feb. 1999
- [3] T. ACKERMANN et al., "Distributed generation: a definition", *Electric Power Systems Research*, vol. 57, 2001, pp. 195-204
- [4] N. HATZIARGYRIOU, "Distributed energy sources: Technical challenges", *IEEE 2002 Winter Meeting*, NY, USA, Jan. 2002
- [5] J. LOPES, "Integration of dispersed generation on distribution network – Impact studies", *IEEE 2002 Winter Meeting*, NY, USA, Jan. 2002
- [6] S. HEIER, "Grid integration of wind energy conversion systems", John Wiley & Sons, 1998
- [7] CIGRÉ, "Modelling new forms of generation and storage", WG 38.01, Nov. 2000
- [8] N. DIZDAREVIC, "Unified Power Flow Controller in alleviation of voltage stability problem", Ph.D. thesis, University of Zagreb, Croatia, Oct. 2001, [Online]. Raspoloživo: [www.eihp.hr/čndizdar](http://www.eihp.hr/čndizdar)
- [9] N. DIZDAREVIĆ et al., "Utjecaj vjetroelektrane na naponske i strujne prilike u elektroenergetskoj mreži", studija, EI 'HRVOJE POŽAR', Zagreb, Hrvatska, 2003, [Online]. Raspoloživo: [www.eihp.hr/čndizdar](http://www.eihp.hr/čndizdar)
- [10] R. CHEDID et al., "Adaptive fuzzy control for wind-diesel weak power systems", *IEEE Trans. Energy Conversion*, vol. 15, No. 1, March 2000, pp. 71-78
- [11] M. NOROOZIAN et al., "Use of UPFC for optimal power flow control," *IEEE Trans. Power Delivery*, vol. 17, no. 4, pp. 1629-1634, Oct. 1997
- [12] N. DIZDAREVIC et al., "Composite load sensitivity in voltage stability problem solved by Unified Power Flow Controller," *Power System Computation Conference*, Seville, Spain, June 2002, 38/4, [Online]. Raspoloživo: [www.eihp.hr/čndizdar](http://www.eihp.hr/čndizdar)

## FACTS COMPENSATION OF REACTIVE POWER FROM WIND POWER PLANTS

In this paper the problem of FACTS regulation of voltage and reactive power compensation is presented in a distribution network with wind power plant connected.

Wind power plant has constant speed and constant frequency using asynchronous generator operated by not regulated wind turbine. The problem is analyzed based on short-term (10sek), mid-term (10min) and long-term (48 hours) time period of system variables reaction on different wind speed changes. Regarding different wind speed wind power plant injects different values of active and reactive power into distribution network whereby near consumers are subject to significant voltage changes.

In a conventional approach to the problem shunt compensation batteries situated in the node of asynchronous generator were used. In FACTS approach Unified Power Flow Controller – UPFC is used, which is situated in the node where wind power plant is connected to the distribution grid.

Using FACTS compensation presents an attempt to resolve technical questions of voltage regulation in the node of wind power plant connection and minimisation of reactive power interchange between wind power plant and distribution network.

## ANPASSUNGSFÄHIGE BLINDLEISTUNGSKOMPENSATION EINES WINDKRAFTWERKES

Im Artikel sind, für einen Verteilungsnetz mit angeschlossenem Windkraftwerk, Fragen der Spannungsregelung und der Kompensierung der Blindleistung bearbeitet. Dazu bediente man sich der Technologie genannt "FACTS" (Flexible Alternative Current Transmissiom System = anpassungsfähiges Wechselstromübertragungssystem).

Das Kraftwerk hat eine nichtgeregelte Windturbine und einen Asynchrongenerator und ist bei unstätiger Drehgeschwindigkeit an ein Netz mit stätiger Frequenz angeschlossen. Das Problem ist für eine kurzdauernde (10 s), eine mitteldauernde (10 min) und eine langdauernde (48 st) Abfragezeit der Systemvariablen bei verschiedenen Windgeschwindigkeitsänderungen erörtert worden. Wegen der Änderungen der Windgeschwindigkeit, speisst das Windkraftwerk ins Verteilungsnetz eine sich verändernde Wirk- und Blindleistung ein, und setzt damit naheliegende Verbraucher bedeutenden Schwankungen der Spannung aus.

Bei der üblichen Lösung dieser Frage wurden querliegende Kondensatorenbatterien im Knotenpunkt des Asynchrongenerators verwendet.

Bei der "FACTS"- Lösung wurde (im Anschlusspunkt des Windkraftwerkes an das Verteilungsnetz) ein integrierter Regler des Leistungsflusses (engl. = Unified Power Flow Controller "UPFC"), eingebaut.

Durch die Nutzung einer "FACTS"-Einrichtung wurde versucht technische Fragen der Spannungsregelung im Anschlusspunkt des Windkraftwerkes zu lösen, sowie den den Blindleistungsaustausch zwischen Kraftwerk und Verteilungsnetz auf einen Mindestmaß zurückzuführen.

*Tumačenja iz rječnika Brandstetter i Lexrom:*

**automatische Protokollumschaltung** (HPS) / automatic protocol switching

**equivalent isotropically radiated power (EIRP)** (RP) / isotrope Strahlungsleistung

**Protokoll  $n$  ( $\pi$ )** / protocol  $n$  (formal set of conventions between communicating processes on the format and content of messages to be exchanged)

**electronic highway** (Net, Tr) / elektronische Breitbandtrasse, elektronische Autobahn

**diffused junction** ( $S_c$ ) / diffundierter Übergang (DIN 41852, Aug. 1978), diffundierter Zonenübergang

Naslov pisaca:

**Dr. sc. Nijaz Dizdarević, dipl. ing.**  
**dr. sc. Matislav Majstrovic, dipl. ing.**  
**dr. sc. Srdan Žutobradić, dipl. ing.**  
**Energetski institut "Hrvoje Požar"**  
**Savska 163,**  
**10000 Zagreb, Hrvatska**

Uredništvo primilo rukopis:  
 2003 – 09 – 10.



# O MJERENJU IMPEDANCIJE

Dr. sc. Dušan Vujević, Zagreb

UDK 621.3.011.21:621.317  
PREGLEDNI ČLANAK

U svakom izmjeničnom sklopu, uređaju ili mreži impedancije su osnovne sastavnice. Vrijednosti impedancija i njihovih sastavnica određuju se mjerenjem. Postoji više mjernih metoda na kojima se zasnivaju laboratorijski i komercijalni mjerni uređaji i instrumenti.

**Ključne riječi:** impedancija, mjerenje impedancije.

## 1. UVOD

Mjerenje impedancija osim u elektrotehnici obavlja se u elektrokemiji (npr. baterije, elektrokemijski kondenzatori), biologiji i medicini (npr. tkivo), akustici (npr. medij ili površina) itd. I frekvencijski raspon pri kojima se mjere impedancije je vrlo širok, od reda veličine miliherca do reda veličine gigaherca. Razvidno je da se za različite mjerne objekte i frekvencijske opsege trebaju rabiti različite mjerne metode. Takvih metoda ima veliki broj. Stoga će ovdje biti opisane samo metode mjerenja impedancija u elektrotehnici pretežito pri relativno niskim frekvencijama.

U elektrotehnici se impedancijom (prividni otpor), koja se iskazuje u omima ( $\Omega$ ), naziva serijska i/ili paralelna kombinacija realnih ili djelatnih (otpor  $R$ ) i imaginarnih ili jalovih (reaktancija  $X$ ) sastavnica (komponenti). Reaktancija  $X$  može biti induktivna ( $X_L = \omega L$ ) ili kapacitivna ( $X_C = 1/\omega C$ ), gdje je  $\omega$  kružna frekvencija. Impedancija se, kao kompleksna veličina, može prikazati u kompleksnoj ravnini vektorom  $\underline{Z} = R + jX$  (sl. 1.), ili *modulom* (apsolutni iznos)  $Z = |\underline{Z}|$  i *argumentom*  $\varphi$  u obliku:  $\underline{Z} = Z \angle \varphi$ ,  $\underline{Z} = Z e^{j\varphi}$ , ili rjeđe kao  $\underline{Z} = Z \parallel \varphi$ , gdje je  $\varphi$  kut vektora  $\underline{Z}$  prema realnoj osi. Taj kut je pozitivan ako je reaktancija induktivna, a negativan ako je kapacitivna. Za impedanciju i njezine sastavnice može se pisati:  $R = Z \cos \varphi$ ,  $X = Z \sin \varphi$ ,  $Z = (R^2 + X^2)^{1/2}$  i  $\varphi = \arctg(X/R)$ . Ne valja zaboraviti da je  $\underline{Z} = U/I$ .

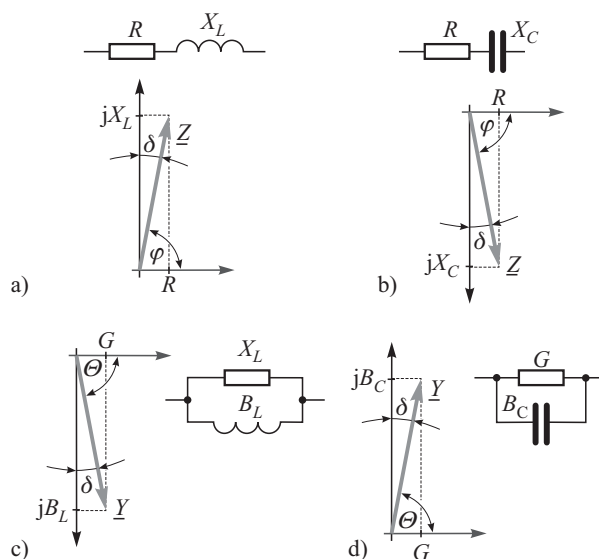
Valja napomenuti da se kompleksne veličine, iskazane vektorima, u literaturi različito označuju. Najčešće se označuju "masnim" (bold) slovima, zatim crticom, točkom, kružićem ili strjelicom iznad, te crticom ispod simbola, a u starijoj literaturi i pisanim velikim slovima [1]. Međunarodna elektrotehnička komisija (IEC) normala je označivanje crticom ispod simbola [2].

Kada impedanciju čini paralelna kombinacija sastavnica  $R$  i  $X$ , izraz za  $\underline{Z}$  je složeniji, pa se često rabi njezina

recipročna vrijednost, *admitancija* ili *prividna vodljiva vrijednost*, čiji se vektor označuje s  $\underline{Y}$ . Admitancija ima dvije sastavnice, *radnu vodljivu vrijednost* ili *konduktanciju*  $G$  i *jalovu vodljivu vrijednost* ili *susceptanciju*  $B$ , pa je:  $\underline{Y} = 1/\underline{Z} = 1/(R + jX) = R/(R^2 + X^2) - jX/(R^2 + X^2) = G + jB = Y \angle \Theta$ , odnosno:  $G = R/(R^2 + X^2)$ ,  $B = X/(R^2 + X^2)$  i  $\Theta = -\varphi$ , ili:  $G = Y \cos \Theta$ ,  $B = Y \sin \Theta$ ,  $Y = |\underline{Y}| = (G^2 + B^2)^{1/2}$  i  $\Theta = \arctg(B/G)$ . Također je  $\underline{Y} = I/U$ .

Admitancija se iskazuje u simensima (S). U anglosaksonskoj literaturi, posebice starijoj, admitancija se iskazuje i u mho (obratno od ohm). Kut  $\Theta$  je pozitivan ako je susceptancija kapacitivna, a negativan ako je induktivna. Na sl. 1. prikazane su veze između parametara impedancije i admitancije.

Bezdimenzijski *činitelj* (faktor) *dobrote*  $Q$  mjera je "čistoće" reaktancije. Činitelj dobrote za svitke je:  $Q = X_L/R = B_L/G$ .

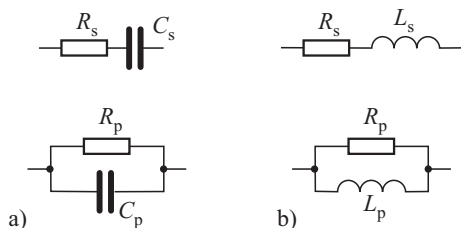


Slika 1. Serijski i paralelni spojevi realnih i imaginarnih sastavnica impedancije i njihovi vektorski prikazi: a) serijski; b) paralelni

Za kondenzatore se definira *činitelj disipacije*:  $D = 1/Q$ . Simbol  $D$  (ili rjeđe  $DF$ ) najčešće se rabi u anglosaksonskoj literaturi, dok je u europskoj uobičajen naziv *tanges kuta gubitaka* ( $\text{tg } \delta$ ), ili kraće *činitelj gubitaka*, jer je tanges maloga kuta približno jednak tom kutu iskazanom u radijanima. Kut  $\delta$  komplementaran je kutu  $\varphi$ , odnosno  $\Theta$  (sl. 1), a vrijede odnosi:  $\text{tg } \delta = R/X_L = R/X_C = G/B_L = G/B_C$ .

Poželjno je da svici imaju što veći  $Q$ , a kondenzatori što manji  $D$ , odnosno  $\text{tg } \delta$ . Npr. etalonski kondenzatori s kremenom (kvarcom) kao dielektrikom imaju činitelj gubitaka približno  $10^{-5}$  pri 1 kHz, a kondenzatori s drugim dielektrikima od  $10^{-4}$  do  $10^{-2}$ . Danas je malo kondenzatora s činiteljem gubitaka većim od  $5 \cdot 10^{-2}$ .

Pri raščlambi (analizi) sklopova s kondenzatorima često se, za određenu frekvenciju, rabi serijska ili paralelna nadomjesna shema idealnih sastavnica [1][3][4]. Ako se s  $R_s$  i  $C_s$  označe nadomjesni serijski otpor i kapacitet, a s  $R_p$  i  $C_p$  paralelni nadomjesni otpor i kapacitet (sl. 2.a), između njih postoje ovi odnosi:  $C_s = (1 + \text{tg}^2 \delta) C_p$ ;  $R_s = R_p \text{tg}^2 \delta / (1 + \text{tg}^2 \delta)$ ;  $C_p = C_s / (1 + \text{tg}^2 \delta)$ ;  $R_p = R_s (1 + \text{tg}^2 \delta) / \text{tg}^2 \delta$ , gdje je  $\text{tg } \delta = \omega R_s C_s = 1/(\omega R_p C_p)$ .



Slika 2. Serijski i paralelni nadomjesni spojevi kondenzatora i svitka s gubicima: a) kondenzatora; b) svitka

Isti se postupak primjenjuje i za svitke, kad se s  $L$  označuje induktivitet, a s  $R$  djelatni otpor. Rabeći iste indekse za serijski i paralelni nadomjesni spoj kao i kod kondenzatora (sl. 2.b), tada između njih vrijede sljedeći odnosi:  $L_s = L_p Q^2 / (1 + Q^2)$ ;  $R_s = R_p / (1 + Q^2)$ ;  $L_p = L_s (1 + Q^2) / Q^2$ ;  $R_p = (1 + Q^2) / R_s$ , gdje je  $Q = \omega L_s / R_s = R_p / \omega L_p$ .

U praksi se rabi ona nadomjesna shema koja omogućuje jednostavniju raščlambu mjerne sheme.

## 2. ZNAČAJKE SASTAVNICA IMPEDANCIJE

Niti jedna sastavnica impedancije nije posve "čista", nego je kombinacija neželjenih djelatnih i reaktivnih dodatnih (parazitskih) sastavnica. To znači da žičani otpornici imaju neželjeni induktivitet namota otporne žice i kapacitete između zavoja te žice i prema okolišu. Kondenzatori pak imaju otpor i induktivitet dovoda i obloga, a svici otpor žice kojom su namotani i kapacitet između zavoja i slojeva žice. Svakoj se sastavnici impedancije može pridijeliti *prava, djelatna* (efektivna) i *mjerena* vrijednost.

### 2.1. Prava vrijednost

Prava vrijednost sastavnice impedancije najčešće je definirana matematičkim izrazom i u njoj nisu uključene parazitske sastavnice. Tako je npr. prava (elektrostatika ili istosmjerna) vrijednost kapaciteta kondenzatora određena izrazom:  $C_0 = \epsilon A/d$ , gdje je  $\epsilon$  dielektrička (permitivna) stalnica (konstanta),  $A$  ploština obloga kondenzatora a  $d$  razmak između obloga, tj. debljina dielektrika (izolatora). Dielektrička stalnica  $\epsilon$  umnožak je *apsolutne* dielektričke stalnice (vakuuma)  $\epsilon_0 = 8,854 \cdot 10^{-12}$  F/m i *relativne* (bezdimenzionalne) dielektričke stalnice  $\epsilon_r$ . Relativna dielektrička stalnica se može iskazati i omjerom kapaciteta  $C$  i  $C_0$ , tj.  $\epsilon_r = C/C_0$ , gdje je  $C_0$  kapacitet kondenzatora s vakuumom kao dielektrikom, dok je  $C$  kapacitet istog kondenzatora s drugim dielektrikom.

Relativna dielektrička stalnica vakuuma i zraka je 1,00. U suvremenim se kondenzatorima najčešće rabe dielektrici čija je relativna dielektrička stalnica  $\epsilon_r$  između 2 (npr. teflon) i 11 (npr. tantalov oksid), a neke keramike imaju  $\epsilon_r$  čak nekoliko tisuća. Valja spomenuti, da stalnica za isti dielektrik može imati vrijednosti u širem ili užem rasponu, npr. od 3,2 do 4,3.

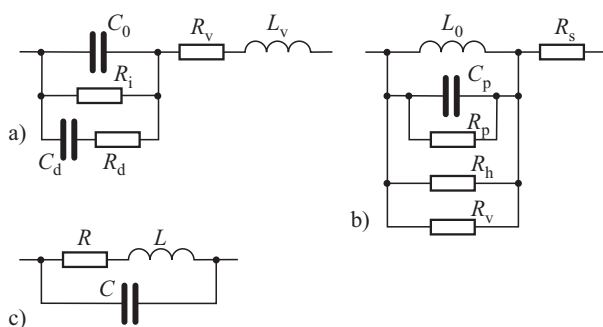
Relativna dielektrička stalnica  $\epsilon_r$  može se iskazati i u kompleksnom obliku:  $\epsilon_r = \epsilon' + j\epsilon''$ , gdje realna sastavnica  $\epsilon'$  pokazuje sposobnost dielektrika da pohrani naboj, a imaginarna sastavnica  $\epsilon''$  je mjera (toplinskih) gubitaka u dielektriku. Omjer imaginarne i realne sastavnice je tanges kuta gubitaka, tj.  $\text{tg } \delta = \epsilon'' / \epsilon'$ . Dielektrička stalnica pokazuje sposobnost tvari da neutralizira dio primijenjenog statičkog električnog polja. To se postiže pomakom naboja u pravcu narinutog polja, tzv. polarizacijom u dielektriku. Polarizacijski mehanizam, kao i relativna dielektrička stalnica, su vremenski, tj. frekvencijski (nelinearno), ovisni. Ukupna polarizacija je rezultat zbroja četiriju vrsta pomaka: orijentacijski (stalni dipoli), ionski, elektronički i interfacijalni (prostorni naboj).

### 2.2. Djelatna vrijednost

U djelatnoj vrijednosti uključene su i *frekvencijski ovisne* parazitske sastavnice. Na sl. 3.a prikazana je potpuna nadomjesna shema kondenzatora sa svim parazitskim sastavnicama. Elektrostatski ili istosmjerni kapacitet označen je s  $C_0$ . Otpor  $R_v$  predočava, redovito vrlo male, otpore dovoda i elektroda kondenzatora, a  $L_v$  njihov induktivitet. Pri frekvencijama nižim od 1 kHz utjecaj induktiviteta dovoda do elektroda, pa i samih elektroda, može se zanemariti. Struja  $I$  kondenzatora prouzročit će na tom otporu gubitke  $I^2 R_v$ , koje možemo predočiti kao jednu od sastavnica tangesa kuta gubitaka  $\text{tg } \delta_1 = \omega R_v C_0$ .

Otpor  $R_i$  je izolacijski otpor dielektrika, tj. otpor za istosmjernu struju. Taj otpor, za isti materijal, opada s ploštinom dielektrika, pa ga proizvođači kondenzatora često ne iskazuju izravno nego, prema preporukama





Slika 3. Nadomjesna shema kondenzatora, svitka i otpornika s parazitskim sastavnicama: a) kondenzatora; b) svitka; c) otpornika

EIA (Electronic Industries Association, američka udruga koja izdaje tzv. preporučene norme), kao umnožak kapaciteta  $C_0$  i  $R_i$ , tj. u omfaradima ( $\Omega F$ ), npr. 50 000  $\Omega F$ . Tako bi kondenzator iskazan s 50 000  $\Omega F$  i kapaciteta 2  $\mu F$  imao izolacijski otpor 25  $G\Omega$ , a onaj kapaciteta 1  $\mu F$  izolacijski otpor 50  $G\Omega$ . Granična vrijednost tako izračunatog otpora obično je 100  $G\Omega$ . Međutim, kondenzatori s propilenskim dielektrikom mogu imati izolacijski otpor i  $10^3 G\Omega$ . Gubici u izolacijskom otporu jednaki su  $U^2/R_i$ , gdje je  $U$  efektivna vrijednost izmjeničnog napona koji je priključen na kondenzator, pa je druga sastavnica tangensa kuta gubitaka:  $\text{tg } \delta_2 = 1/(\omega R_i C_0)$ . Ti su gubici, u usporedbi s ostalima, vrlo mali.

Dielektrični gubici, čija je teorija prilično složena, treća su sastavnica tangensa kuta gubitaka. Predočuju se serijskom kombinacijom, obično frekvencijski ovisnog, otpora  $R_d$  i kapaciteta malog iznosa  $C_d$ , odnosno vremenskom stalnicom  $R_d C_d$ . Vrijednost vremenske stalnice  $R_d C_d$  može biti iskazivana u sekundama, satima čak i danima. Približna vrijednost te sastavnice je:  $\text{tg } \delta_3 = 1/(\omega R_d C_d)$ . Ti su gubici prouzročeni dvjema pojavama: molekularnom polarizacijom i dielektričkom apsorpcijom (interfacijalna polarizacija), koje su izrazitije kod nehomogenih dielektrika.

Dielektrička apsorpcija (dielektrična relaksacija) je pojava zaostalog naboja i s njim povezanog napona na kondenzatoru nakon njegova izboja. Ta je pojava poznata više od sto godina, tijekom kojih se nastojalo prikazati je različitim modelima radi pouzdane raščlambe [5][6][7][8]. Obnova napona na kondenzatoru ovisi o vrsti dielektrika i trajanju izboja, a iskazuje se u postotcima napona nabijanja. Obnovljeni napon mjeri se elektrometrom (ulazni otpor najmanje  $10^{10} \Omega$ ) ili sličnim sklopovima, kroz koje su struje manje od reda veličine  $10^{-10}$  A, a njihova dielektrička apsorpcija, kao i priključnog kabela, zanemariva ili poznata. Tipične vrijednosti obnovljenog napona, ovisno o vrsti dielektrika, u rasponu su od nekoliko promila do nekoliko postotaka napona nabijanja. Tako, npr. nakon izboja kondenzatora s dielektrikom od mylara tijekom 10 sekundi, na njemu se pojavljuje napon čija je

konačna vrijednost približno 0,5 % njegova napona prije izboja, dok kod tinjčevih kondenzatora vrijednost tog napona može biti i do nekoliko postotaka [4].

Pojava zaostalog naboja uzrokuje poteškoće u integritetima, sklopovima za uzorkovanje i pamćenje (sample and hold),  $U/f$  pretvornicima itd.

Ukupni činitelj gubitaka je:  $\text{tg } \delta = \text{tg } \delta_1 + \text{tg } \delta_2 + \text{tg } \delta_3$ . Nadomjesni serijski otpor kondenzatora, koji se kod određene frekvencije može izmjeriti ili izračunati je:  $R_s = \text{tg } \delta / \omega C_0$ .

Etalonski kondenzatori obično su smješteni u metalna kućišta. Stoga se, osim već spomenutih parazitskih sastavnica, pojavljuju i parazitski kapaciteti između elektroda kondenzatora i kućišta.

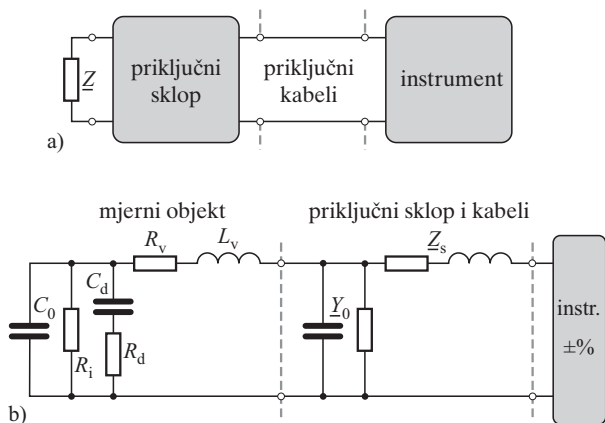
Nadomjesna shema svitka sa i bez feromagnetske jezgre prikazana je na sl. 3.b. S  $L_0$  je označena prava vrijednost induktiviteta svitka, a otpor  $R_s$  predočava djelatni otpor svitka. Parazitski kapaciteti između zavoja svitka predočeni su kapacitetom  $C_p$ , a gubici u njima otporom  $R_p$ . Gubici zbog histereze u feromagnetskoj jezgri predočeni su otporom  $R_h$ , a oni od vrtložnih struja (kako u feromagnetskoj jezgri, tako i oni u žici svitka zbog skin efekta i efekta blizine kod visokih frekvencija) otporom  $R_v$ . Zbog parazitskih kapaciteta pojavljuje se, kod određenih frekvencija, rezonancija, a zbog otpora  $R_p$  i smanjenje činitelja dobrote  $Q$  zračnog svitka kod viših frekvencija.

Veći dio preciznih otpornika izrađuje se namatanjem otporne žice na izolacijsko tijelo. Manje precizni otpornici izrađuju se s helikoidnim otpornim slojem na izolacijskom tijelu. Nadomjesna shema takvih otpornika prikazana je na sl. 3.c. Sa  $L$  je označen induktivitet namota otpornika, a sa  $C$  parazitski kapaciteti između zavoja namota i prema okolišu. Kakvoću otpornika označuje i vremenska stalnica, koja za frekvencije do 20 kHz približno iznosi  $\tau = L/R - RC$ . Bolji otpornici imaju vremensku stalnicu reda veličine  $10^{-7}$  ili manju.

Iz navedenog slijedi da je u stvarnosti svaka od sastavnica impedancije ( $R, L, C$ ) sama za sebe impedancija.

### 2.3. Mjerena vrijednost

Mjerena vrijednost impedancije je ona dobivena mjernim sklopom, instrumentom ili uređajem koji, u pravilu, ima neku pogrešku. Mjereni objekt se obično spaja na mjerilo (mjerni sklop, instrument) prikladnim priključnicama koje se nalaze na samom mjerilu. Priključnice mogu biti i kabelom povezane s mjerilom (sl. 4.a). Za različita frekvencijska područja postoje odgovarajuće vrste priključnica. Tako npr. prikladnom priključnicom-sondom na kabelu mogu se mjeriti parametri elemenata koji su zalemljeni na tiskanoj pločici. Priključnice, bez obzira na vrstu, također imaju parazitske sastavnice, pa one s pogreškom mjernog sklopa bitno utječu na nesigurnost izmjerene vrijednosti. Na sl. 4.b prikazana je nadomjesna shema sklopa pri mjerenju kapaciteta kondenzatora.



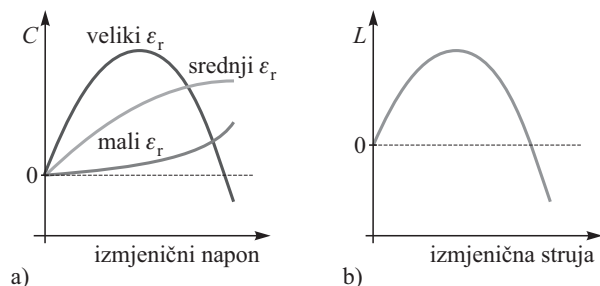
Slika 4. Spoj mjerene impedancije i instrumenta: a) blok shema mjernog sklopa; b) nadomjesna shema mjernog sklopa za mjerenje kapaciteta

Pri mjerenju valja smanjiti ili posve otkloniti utjecaj parazitskih sastavnica i stranih magnetskih polja. Parazitski kapaciteti se otklanjaju, smanjuju ili određuju prikladnim razmještajem sastavnica mjernog sklopa i oklapanjem neferomagnetskim metalom. Zaštitu od stranih magnetskih polja pružaju jednoslojni ili višeslojni oklopi od mekih feromagnetskih materijala, npr. permaloja. Pritom se mora paziti da oklop ne utječe na parametre mjerene impedancije.

### 2.4. Utjecajne veličine

Na mjerenu vrijednost impedancije utječu frekvencija, razina mjernog signala, temperatura itd. Stoga se o tome mora pri mjerenju voditi računa. Tako, npr. kod visokoomskih otpornika, zbog utjecaja parazitskog kapaciteta koji je paralelan otporu, impedancija te kombinacije opada s porastom frekvencije priključenog napona, dok zbog parazitskog induktiviteta impedancija kombinacije raste.

Pri mjerenju se na impedanciju mora priključiti neki izmjenični signal (napon ili struja). Mjerni rezultat može ovisiti i o razini signala. Npr. kod keramičkih kondenzatora vrijednost njihova kapaciteta se mijenja s veličinom



Slika 5. Ovisnost vrijednosti impedancije o raznim parametrima: a) ovisnost kapaciteta keramičkih kondenzatora o vrijednosti priključenog izmjeničnog napona; b) ovisnost induktiviteta svitka s feromagnetskom jezgrom o struji kroz svitak

priključenog izmjeničnog napona, ovisno o dielektričkoj stalnici keramike (sl. 5. a). Kapaciteti tih kondenzatora ovisni su i o istosmjernom prednaponu ako je on priključen. Induktivitet svitka s feromagnetskom jezgrom ovisan je o veličini struje kroz svitak (sl. 5. b).

Temperaturnu ovisnost pokazuju sve impedancije (npr. temperaturna ovisnost kapaciteta kondenzatora je, najčešće, razmjerna vrijednosti  $\epsilon_r$ ), a neke od njih i ovisnost o vlazi, magnetskim poljima, vibracijama ili vremenu (starosti) itd. Ovisnost može biti linerana ili nelinearna. Stoga se pri njihovoj uporabi, a i mjerenju mora tome posvetiti posebna pozornost.

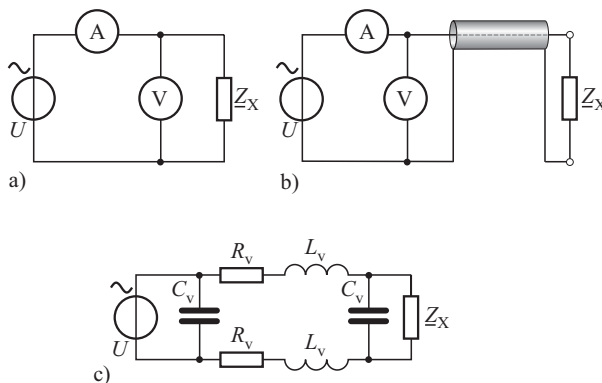
### 3. METODE ZA MJERENJE IMPEDANCIJE

Za mjerenje impedancije odabiru se obično one metode kojima se mogu odrediti obje sastavnice, realna i imaginarna. U mjeriteljskim i drugim laboratorijama u tu su se svrhu desetljećima rabile i još uvijek rabe različite metode, kao npr. *UI*, usporedbeno, one temeljene na već stoljetnom Wheatstoneovom mostu itd. Pojedine od ovih metoda imaju složene inačice za određeni mjerni opseg i mjernu nesigurnost. Zbog obilja tih metoda bit će spomenute samo osnove onih koji se najčešće rabe u prosječnim laboratorijama i u komercijalnim izvedbama mjerila [4][9][10], jer one koje se rabe u vrhunskim mjeriteljskim laboratorijama često su unikatne.

#### 3.1. UI metoda

Najjednostavniji način određivanja nepoznate impedancije je mjerenje struje kroz impedanciju prikladnim ampermetrom i pada napona, koji ta struja na njoj izaziva, prikladnim voltmetrom (sl. 6. a). Na toj osnovi rade i mnogi komercijalni instrumenti. Modul mjerene impedancije je:  $Z_x = U/I$ . Sigurne postotne granice pogrešaka mjerene impedancije određuju se iz zbroja pogrešaka upotrijebljenih instrumenata.

Na nesigurnost mjerenja utječu i parazitske sastavnice mjernog spoja. Ako se rabe neoklopljeni vodiči parazitski kapaciteti između njih su promjenljivi i ovisi o međusobnom položaju tih vodiča, pa i samog mje-



Slika 6. UI metoda: a) shema mjernog sklopa; b) spoj mjerene impedancije suosnim kabelom; c) nadomjesna shema

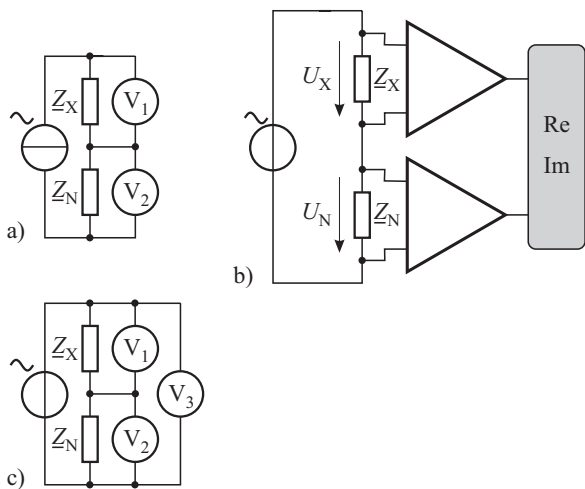
ritelja. Rabe li se suosni (koaksijalni) kabeli za spajanje mjerene impedancije i sklopa (sl. 6.b), dobiva se nadomjesna shema s praktički nepromjenljivim sastavnica (sl. 6. c). Otpori  $R_v = IR/2$ , kapaciteti  $C_v = IC/2$ , induktiviteti  $L_v = IL/2$  mogu se izračunati iz podataka za  $R, L$  i  $C$  kabela iskazani po metru njegove duljine  $l$ . Redovi veličina sastavnica za kabel, npr. valne impedancije  $50 \Omega$ , su:  $R = 10 \text{ m}\Omega/\text{m}$ ,  $L = 100 \text{ nH}/\text{m}$  i  $C = 0,1 \text{ nF}/\text{m}$ . Parazitske sastavnice utječu na frekvencijsku ovisnost kapaciteta i činitelja gubitaka.

Rabe se trožični i peterožični spojevi sa suosnim kablina. Njihove nadomjesne sheme su složenije.

### 3.2. Usporedbena metoda

Ova se metoda zasniva na mjerenju padova napona  $U_1$  i  $U_2$ , voltmetrima  $V_1$  i  $V_2$  koje stalna struja  $I$  stvara na serijski spojenim impedancijama  $Z_N$  i  $Z_x$  (sl. 7. a). Iz tih podataka može se odrediti impedancija:  $Z_x = Z_N(U_1/U_2)$ .

Sastavnice mjerene impedancije ne mogu se izravno odrediti. Međutim ako se upotrijebe prikladni elektronički sklopovi ili mikroprocesor mogu se dobiti realne i imaginarne sastavnice mjerene impedancije. Načelna blok shema jednog takvog sklopa prikazana je na sl. 7. b.



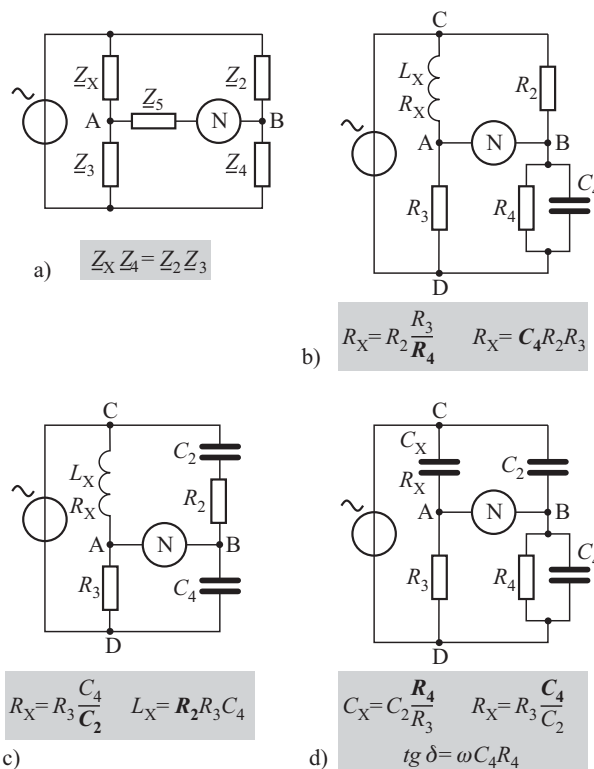
Slika 7. Usporedbena metoda: a) načelna shema; b) shema s elektroničkim sklopovima; c) metoda triju voltmetara

Jedna od inačica te metode je ona triju voltmetara (sl. 7. c). Mjerenjem padova napona  $U_1, U_2$  i  $U_3$ , voltmetrima  $V_1, V_2$  i  $V_3$  velikog unutarnjeg otpora, može se osim modula impedancije  $Z_x = R_N U_1/U_2$  odrediti i fazni kut:  $\cos \varphi = (U_3^2 - U_1^2 - U_2^2)/(2U_1 U_2)$ . S prikladnim digitalnim voltmetrima ovom se metodom postiže, pri nižim frekvencijama, relativna mjerna nesigurnost reda veličine  $10^{-6}$ .

### 3.3. Mosne metode

Wheatstoneovim mostom naziva se električni sklop s četiri grane (sl. 8. a). U jednoj je grani mjerena, a u ostale tri grane su poznate impedancije. U jednu od tzv.

dijagonala spaja se izvor napona, npr. oscilator, a u drugu osjetljivi instrument, tzv. nulinstrument N impedancije  $Z_5$ . Nulinstrument je u pravilu analogni i najčešće elektronički. Elementi u granama s poznatim impedancijama ručno se ugađaju dok se ne izjednače potencijali točaka A i B, tj. dok nulinstrument ne pokaže minimum (ako nisu uklonjene smetnje) odnosno ništicu. To se naziva ravnotežom mosta. Tada je zadovoljen uvjet ravnoteže:  $Z_1 Z_4 = Z_2 Z_3$ . Ako se u ovu jednadžbu uvrsti  $Z_1 = R_1 + jX_1$  itd. i odvoje realni dijelovi od imaginarnih dobit će se dvije jednadžbe:  $R_1 R_4 - X_1 X_4 = R_2 R_3 - X_2 X_3$  i  $R_1 X_4 + R_4 X_1 = R_2 X_3 + R_3 X_2$ . Napišu li se impedancije u obliku:  $Z = Z e^{j\varphi}$  i uvrste u jednadžbu ravnoteže mosta, dobivaju se opet dvije jednadžbe:  $Z_1 Z_4 = Z_2 Z_3$  i  $\varphi_1 + \varphi_4 = \varphi_2 + \varphi_3$ , gdje su  $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3$  i  $\varphi_4$  fazni kutovi impedancija u odgovarajućim granama mosta. Stoga u izmjeničnim mostovima valja ugađati najmanje dva elementa. Ako je mjerena impedancija u prvoj grani tada je  $Z_1 = Z_2 Z_3 / Z_4$ . Zamijene li se mjesta nulinstrumenta i izvora uvjeti ravnoteže mosta ostaju nepromijenjeni.



Slika 8. Mosne metode: a) izmjenični Wheatstoneov most; b) Maxwellov most; c) Owenov most; d) Scheringov most

Ugađanje ravnoteže mosta može potrajati deset i više minuta, ako ono nije neovisno. Neovisno se može ugađati, ako se pri naizmjeničnom ugađanju dvaju elemenata mosta radi postizanja ravnoteže, ugađanjem jednog elementa mosta ne razugodi stanje u mostu dostignuto ugađanjem drugog elementa. Koje elemente valja ugađati da se postigne neovisnost vidi se iz jednadžbi uvjeta ravnoteže za svaki most. Naime, valja

ugađati onaj element čija se veličina nalazi u izrazu za realnu sastavnicu impedancije, a ne nalazi se u izrazu za imaginarnu sastavnicu i obratno. U jednadžbama ravnoteže mostova ovdje su, uz pripadne sheme, simboli tih elemenata označeni "masno" (bold). Uz posebne uvjete, neovisno ugađanje može se postići i drugim elementima u mostu.

Fazno osjetljivim nulinstrumentima može se ugoditi ravnoteža mosta u vrlo kratkom vremenu, praktički u dva koraka, jer se na njima može pratiti tijek ugađanja, tj. ugađanje koje od sastavnica (realna ili imaginarna) približava most ravnoteži. Poželjno je da nulinstrument bude osjetljiv samo na frekvenciju izvora napajanja mosta (frekvencijski selektivni nulinstrument), jer se njime može ugoditi ravnoteža unatoč utjecaja stranih polja čija je frekvencija različita od frekvencije napajanja.

Iz poznatih vrijedosti elemenata mosta određuju se realna i imaginarna sastavnica mjerene impedancije. Od desetak različitih izmjeničnih mostova na sl. 8. prikazani su Maxwellov (sl. 8.b) i Owenov most (sl. 8.c) za mjerenje induktiviteta (međuinduktivitet se određuje iz dva mjerenja induktiviteta serijski spojenih svitaka, jednom da im se tokovi potpomažu a drugi puta da su suprotni, pa je  $M = (L_1 - L_2)/4$ ) te Scheringov most (sl. 8.d) za mjerenje kapaciteta i činitelja gubitaka. Potonji je naročito prikladan za mjerenje na elektroenergetskoj opremi i ispitivanje izolacijskih materijala pri naponima čak do 1 MV, frekvencije 50 Hz ili 60 Hz.

Pri naponima višim od 2 kV, elementi prve i druge grane Scheringova mosta prostorno su udaljeni od donjih grana i povezani s njima oklopljenim kabelima čije duljine, razmjerno visini napona napajanja, dosežu i 20 m. U drugoj grani, pri naponima napajanja do uključivo 2 kV, rabe se zračni etalonski kondenzatori kapaciteta od 100 pF do 10 nF, a pri višim naponima tlačni etalonski kondenzatori kapaciteta 50 pF, 100 pF ili 1 nF. S velikim reaktancijama u prvoj i drugoj grani ( $C_x$  i  $C_2$ ), unatoč visokom naponu napajanja mosta, točke A i B su na relativno niskom potencijalu prema Zemlji, pa je za mjeritelja bezopasno ručno ugađanje elemenata u trećoj i četvrtoj grani mosta. Kapaciteti kabela koji povezuju gornje grane s donjima utječu na uvjete ravnoteže, pa ih valja uzeti u obzir pri određivanju činitelja gubitaka.

Važno je napomenuti da ravnoteže ovih, ali i nekih drugih mostova, *ne ovise* o frekvenciji izvora napajanja, što čini izvedbu mosta jednostavnijom i jeftinijom.

Na ravnotežu mosta utječu parazitski kapaciteti između elemenata mosta te između njih i okolnih predmeta te Zemlje, kao i strana magnetska polja. Prikladnim oklapanjima elemenata mosta i njihovim prostornim razmještanjem te drugim zahvatima, mogu se parazitski kapaciteti između elemenata mosta i oklopa odrediti i uzeti ih u račun, ili otkloniti njihov utje-

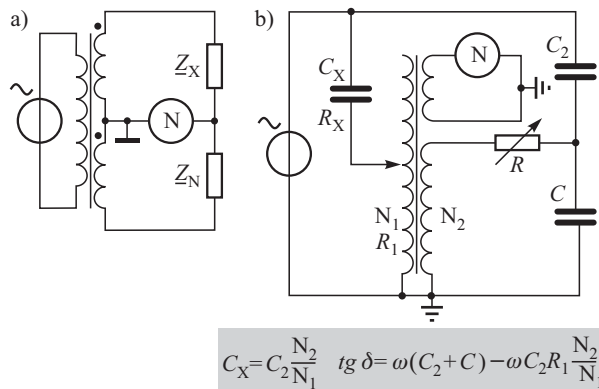
čaj tako da su spojeni paralelno izvoru napajanja. To vrijedi ako je uzemljena jedna od točaka A, B ili D. Oklapanje može biti potpuno, što je rijetko, ili djelomično.

Granice pogrešaka mjerenja nepoznate impedancije ovise o granicama pogrešaka poznatih elemenata u mostu, te osjetljivosti mosta (nesigurnost zbog neosjetljivosti mosta). Osjetljivost mosta je funkcija osjetljivosti nulinstrumenta, napona na mostu i vrijednosti elemenata mosta. Uz optimalno poduzete mjere zaštite od parazitskih veličina, mostovima se mogu postići relativne mjerne nesigurnosti reda veličina do  $10^{-7}$ .

### 3.4. Transformatorski mostovi

Uporaba transformatorskih mostova počela je početkom pedesetih godina dvadesetog stoljeća. Osnovica tih mostova je induktivni transformator s dva ili više namota na toroidnoj, visoko permeabilnoj jezgri. Načelna shema transformatorskog mosta prikazana je na sl. 9. a. Namoti transformatora čine dvije grane mosta, a u ostale dvije grane nalaze se poznata impedancija  $Z_N$  i mjerena impedancija  $Z_x$ . Ravnoteža mosta postiže se ugađanjem broja zavoja  $N_1$  i/ili  $N_2$ , pa je:  $Z_x = Z_N N_1 / N_2$ .

Postoji vrlo veliki broj inačica transformatorskih mostova. Jedna od poznatijih je Glynnov most (sl. 9. b), koji se često rabio umjesto Scheringova mosta.



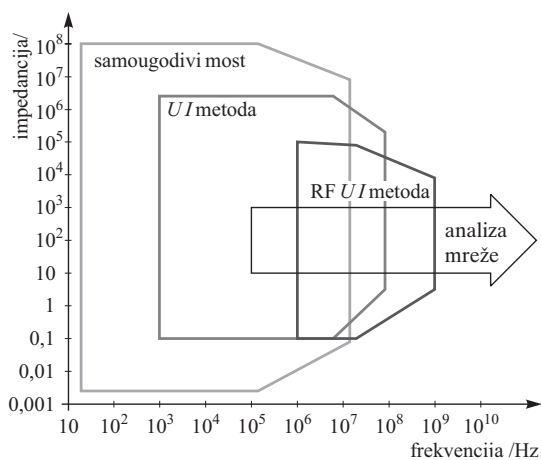
Slika 9. Transformatorski mostovi:  
a) načelna shema; b) Glynnov most

Osnovni uzroci pogrešaka kod ovih mostova su djelatni otpori i rasipne reaktancije namota transformatora, te parazitski kapaciteti između zavoja i slojeva namota. Vrlo pažljivom izvedbom transformatora i prikladnim oklapanjima, može se ovim mostovima, pri mjerenju kapaciteta, u vrhunskim mjeriteljskim laboratorijima, postići relativna mjerna nesigurnost reda veličine  $10^{-7}$ . Nesigurnost određivanja činitelja gubitaka u svim mostovima reda su veličine od  $10^{-2}$  do  $10^{-4}$ . U pravilu, svim metodama, nesigurnost određivanja činitelja gubitaka (i činitelja dobrote) je veća, što je on manji.

### 4. KOMERCIJALNI SUVREMENI MJERNI INSTRUMENTI

Suvremenih instrumenata za mjerenje impedancije ima veliki broj, od onih jednostavnih za npr. mjerenje impedancije voda za par stotina US\$ do vrlo složenih za više tisuća US\$. Mogu se podijeliti na one s ručnim ugađanjem tzv. klasični instrumenti, najčešće mostovi, zatim na one s ručnim ugađanjem i ugrađenim mikroprocesorom koji izračunava pojedine sastavnice mjerene impedancije te automatske. Automatska mjerila, unutar nekoliko sekundi, desetinki sekundi ili čak kraće, pri odabranoj frekvenciji i razini napona na mjerenom objektu, određuju dvije ili više veličina mjerene impedancije:  $Z, \varphi, Y, R, X, B, G, Q, D, C_s, C_p$ ,

$L_s, L_p$  itd. Ti i drugi podaci (npr. napon i frekvencija priključeni na ispitivani objekt) pojavljuju se na digitalnom prikazniku (zaslonu, displeju) instrumenta, a granice su im pogrješaka, ovisno o frekvenciji i vrsti instrumenta, većinom od  $\pm 0,01\%$  do  $\pm 10\%$ . U nekima se može programirati i do nekoliko tisuća različitih ispitnih frekvencija, a preko serijskog pristupnog sklopa (RS-232) može se priključiti računalo s tiskaljkom za ispis mjernih rezultata. U tim se, suvremenim, mjerilima, koja se ovisno o radnom frekvenzijskom opsegu, nazivaju mjerilima impedancije, analizatorima mreže i LCR ili C mjerilima, danas najčešće rabe: samougodivi most, UI metoda, radiofrekvencijska UI metoda (RF UI) i analiza mreža. Rabi se i metoda rezonancije, iako je ona prvenstveno predviđena za određivanje činitelja dobrote  $Q$ . Koji će se instrument rabiti ovisi o frekvenzijskom pojasu i opsegu vrijednosti mjenjenih impedancija te granicama pogrješaka. U jednim mjerilima se rabi samo jedna frekvencija, u drugima više stalnih frekvencija ili relativno široki pojas frekvencija koje se mogu ugađati. Na sl. 10. grafički je, prema dostupnim podacima proizvođača mjerila, prikazano približno područje uporabe pojedinih metoda [10]. Izvedbe instrumenata pojedinih proizvođača međusobno se razlikuju, pa će se opisti samo načela.

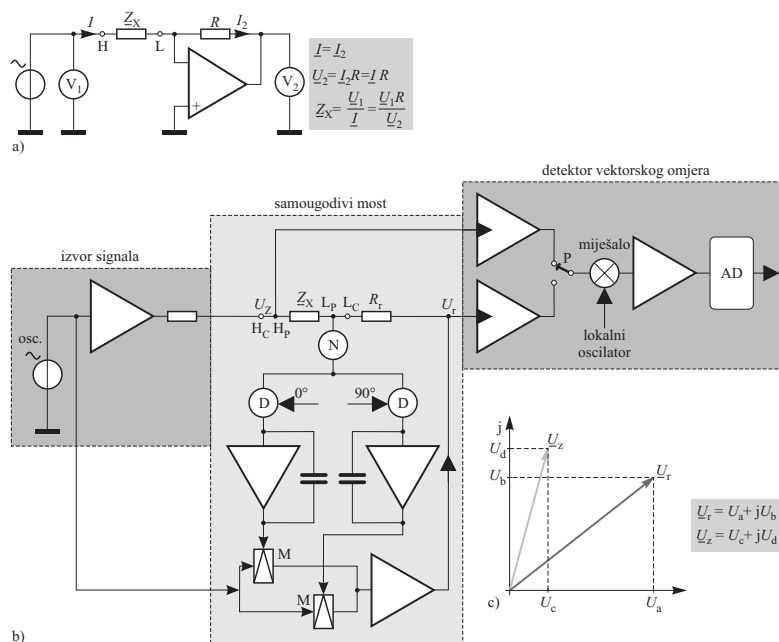


Slika 10. Grafički prikaz mjernih opsega raznih metoda u komercijalnim mjerilima impedancije

#### 4.1. Samougodivi most

Načelna blok shema analognog dijela samougodiva mosta prikazana je na sl. 11.a. Valja spomenuti da se sheme pojedinih izvedbi tih mostova razlikuju.

Struja  $I$  iz oscilatora koji je nadziran kremenom (kvarcom), čiji se napon  $U_1$  na priključnici H (high) mjeri voltmetrom  $V_1$ , teče mjerenom impedancijom  $Z_x$  i pre-



Slika 11. Samougodivi most: a) načelna blok shema analognog dijela; b) pojednostavljena blok shema analognog dijela; c) vektorski prikaz napona

ciznim otporom  $R$  u povratnoj vezi *idealnog* operacijskog pojačala. Stezaljka  $L$  (low) je na potencijalu Zemlje (prividna zemlja), pa se pad napona  $\underline{U}_2 = IR$  na otporu  $R$  mjeri voltmetrom  $V_2$ . Dakle, operacijsko pojačalo služi kao pretvornik struje u napon. Iz pokazivanja obaju voltmetara možemo odrediti mjerenu impedanciju:  $Z_x = \underline{U}_1/I = R\underline{U}_1/\underline{U}_2$ . Mjerni se opsezi mijenjaju nizom različitih vrijednosti otpora  $R$  koji se mogu birati prikladnom preklopkom.

Vrlo pojednostavljena blok shema analognog dijela jedne izvedbe samougodiva mosta prikazana je na sl. 11.b. Taj dio čine tri sklopa: izvor mjernog signala, samougodiv most i detektor vektorskog omjera.

Mjerena impedancija napaja se signalom iz mikroprocesorski upravljanoj sintesajzera, čija se frekvencija može ugađati s razlučivanjem od 1 mHz. Razina signala može se djelilom ugađati od 5 mV do 1 V.

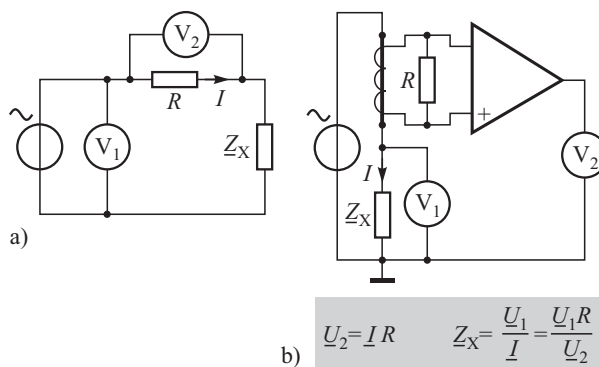
Taj se signal dovodi na strujnu stezaljku ( $H_c$ ) priključnice za mjerenu impedanciju. Elektronički nulinstrument  $N$  mjeri potencijal naponske stezaljke  $L_p$  i upravlja razinom i fazom izlaznog napona posebnog oscilatora (nije prikazan na shemi) sve dok potencijal stezaljke ne dosegne ničticu. Kad most nije uravnotežen, struja kroz nulinstrument u detektorima faze razdvaja se u dvije sastavnice ( $0^\circ$  i  $90^\circ$ ), koje se zatim integriraju i dovode u modulare  $M$ . Izlazni signali iz modulatora pojačavaju se i povratnom vezom dovode preko otpora  $R_r$ , kojim se odabiru mjerni opsezi, do strujne stezaljke ( $L_c$ ) mjerene impedancije, sve dok struja kroz nulinstrument nije jednaka ničtici. Dakle, dok se ne postigne:  $(\underline{U}_z/Z_x) + (\underline{U}_r/R_r) = 0$ .

U sklopu detektora vektorskog omjera mjere se vektori napona  $\underline{U}_z$  (s realnom  $U_c$  i imaginarnom  $U_d$  sastavnicom) na naponskoj stezaljci ( $H_p$ ) impedancije  $Z_x$  i  $\underline{U}_r$  (s realnom  $U_a$  i imaginarnom  $U_b$  sastavnicom) na otporu  $R_r$  (sl. 11.c). Kako je vrijednost otpora  $R_r$  poznata, iz mjerenih napona  $\underline{U}_z$  i  $\underline{U}_r$  može se odrediti vektor  $Z_x$ . On je jednostavno:  $Z_x = R_r \underline{U}_z/\underline{U}_r$ . Preklopkom  $P$  signali se naizmjenično *istim putem* vode prema digitalnom sklopu otklanjajući time moguće pogreške koje bi nastale kad bi se putovi razlikovali. U digitalnom se dijelu, nakon analogno-digitalne (AD) pretvorbe, obradom signala (DSP – Digital Signal Processing) razlučuju sastavnice svakog od izmjerenih vektora i dovode na središnju jedinku za obradu signala (CPU – Central Processing Unit).

**4.2. UI metoda**

Načelna shema ove metode prikazana je na sl. 6.a i 12.a. Umjesto izravnog mjerenja struje  $I$  kroz mjerenu impedanciju  $Z_x$ , voltmetrom  $V_2$  mjeri se pad napona  $\underline{U}_2$  kojeg ona stvara na malom djelatnom otporu  $R$ . Iz napona oscilatora  $\underline{U}_1$  koji se mjeri voltmetrom  $V_1$  dobije se:  $Z_x = \underline{U}/I = (\underline{U}_1/\underline{U}_2)R$ .

U stvarnosti se umjesto otpora  $R$  najčešće rabi strujni transformator čija sekundarna struja stvara pad napona na otporu  $R$ . Taj se napon dalje pojačava opera-



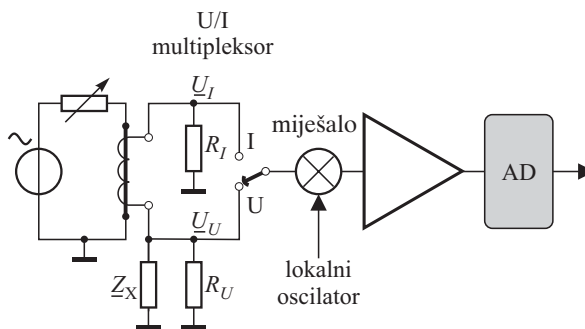
**Slika 12. UI metoda: a) načelna shema; b) načelna shema sa strujnim transformatorom**

cijskim pojačalom na čiji je izlaz priključen voltmetar  $V_2$ . Umjesto napona oscilatora mjeri se pad napona  $\underline{U}_1$  kojeg stvara struja  $I$  na mjerenoj impedanciji (sl. 12.b). Izraz za mjerenu impedanciju ostaje nepromijenjen. Tako dobiveni podaci pretvaraju se u digitalne veličine koje se dalje obrađuju u DSP-u.

**4.3. RF UI metoda**

Za više (radio)frekvencije rabi se radiofrekvencijska UI metoda koja se temelji na prije opisanoj, a od nje se razlikuje uporabom prikladne priključnice prilagođene za karakterističnu impedanciju  $50 \Omega$ . Načelno se rabe poznate sheme za mjerenje malih i velikih impedancija UI metodom, s time da se struja mjeri padom napona na poznatom otporu. Umjesto otpornika često se rabi strujni mjerni transformator.

Pojednostavljena blok shema ove metode prikazana je na sl. 13. Mjerni sklop se napaja iz oscilatora (sintesajzera) frekvencije od 1 MHz do 3 GHz. Sintesajzer je prikladan jer se s velikom razlučivostu može odabrati željena frekvencija. Amplituda signala na traženu razinu ugađa se djelilom (atenuatorom). U seriju sa sekundarom transformatora spojena je mjerena impedancija. Struja kroz mjerenu impedanciju razmjerna je padu napona  $\underline{U}_I$  na otporu  $R_I$ , a pad napona  $\underline{U}_U$  na impedanciji razmjernan je naponu na otporu  $R_U$ . Multiplikatorom se naizmjenično odabiru ti naponi i iz njihova omjera može se odrediti mjerena impedancija:  $Z_x = f(\underline{U}_U/\underline{U}_I)$ . Kako je frekvencija obaju napona vi-



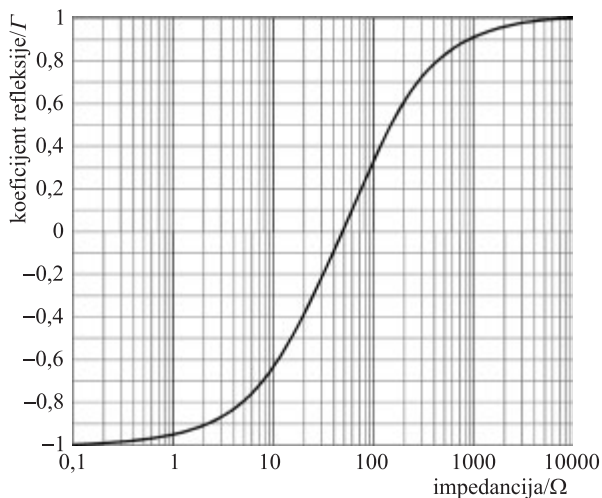
**Slika 13. Pojednostavljena blok shema RF UI metode**

soka i neprikladna za analogno-digitalni (AD) pretvornik, mješalom Mj (u više stupnjeva) se dobiva niža međufrekvencija. Nakon analogno-digitalne pretvorbe digitalno se odvajaju sastavnice vektora.

Prije mjerenja uz promijenjenu frekvenciju potrebno je instrument kalibrirati, tj. provesti kompenzaciju postupkom kratkog spoja i praznog hoda.

**4.4. Metoda analize mreže**

Ova se metoda zasniva na mjerenjima koeficijenta refleksije  $\Gamma_x$  elektromagnetskog vala na mjerenoj impedanciji. Veza između koeficijenta refleksije i mjerene impedancije dana je jednačbom:  $\Gamma_x = (Z_x - Z_0)/(Z_x + Z_0)$ , gdje je  $Z_0$  karakteristična impedancija mjernog kruga (50  $\Omega$ ), a  $Z_x$  mjerena impedancija. Koeficijent refleksije mijenja se u granicama od -1 do +1. Njegova ovisnost o impedanciji, s pretežitom djelatnom sastavnicom, grafički je prikazana na sl. 14. Najveće promjene  $\Gamma_x$  su u blizini ništice, tj. jednakosti impedancija  $Z_x$  i  $Z_0$  (prilagođenje). U tom području je najveća osjetljivost, pa se postižu i najuže granice pogrešaka. Granice pogrešaka bitno rastu u području malih i velikih impedancija. Iz toga slijedi da, u mjerenju šireg raspona impedancija, prednost ima RF UI metoda, jer se njena osjetljivost na čitavom mjernom opsegu manje mijenja. Razlika postoji i u mjernim opsezima impedancija. Mjerni opseg metode analize mreže je uži, a radiofrekvencijske UI metode širi.



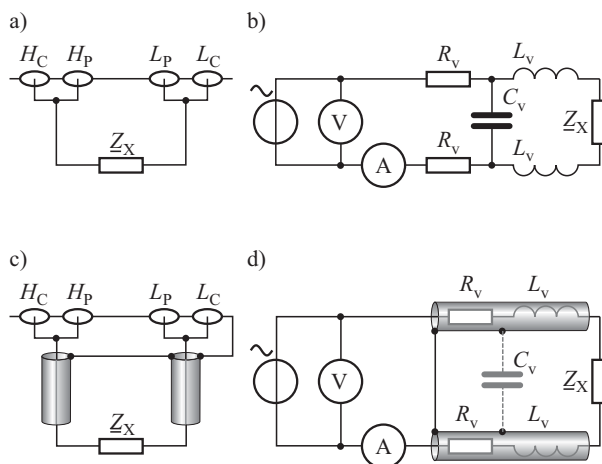
Slika 14. Grafički prikaz ovisnosti koeficijenta refleksije o impedanciji pri mjerenju metodom analize mreže

**5. UTJECAJ NAČINA PRIKLJUČIVANJA MJERENE IMPEDANCIJE**

Proizvođači suvremene mjerne opreme uz mjerila impedancije nude na desetke različitih priključnih sklopova. Oni se rabe za priključak mjerene impedancije ovisno o tome je li ugrađena u neki sklop (npr. tiskana pločica) ili nije, te o frekvencijskom opsegu.

Kako utječe način priključka mjerene impedancije razmotrimo na instrumentu sa samougodivim mostom.

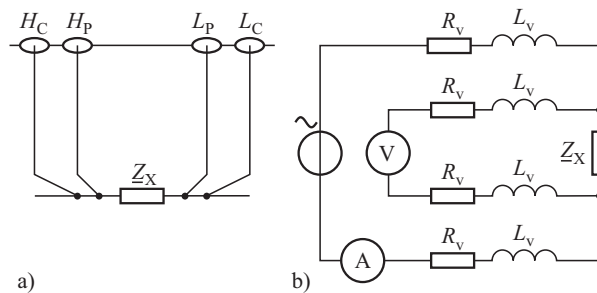
Na njegovoj prednjoj ploči nalaze se četiri BNC priključnice, dvije strujne ( $H_c$  i  $L_c$ ) i dvije naponske ( $H_p$  i  $L_p$ ). Mjerena impedancija može se na te priključnice spojiti na različite načine izravno ili pomoću prikladnih pločica koje isporučuje proizvođač. Svaki od tih načina ima dobre i loše strane, ovisno o vrijednosti impedancije i zahtijevanih granica pogrešaka. Ovdje se mogu primijeniti razmatranja i nadomjesne sheme iste ili slične onima koje su opisane u točki 3.1.



Slika 15. Načini priključivanja mjerene impedancije na mjerilo: a) dvožično neoklopljenim vodičima; b) nadomjesna shema; c) dvožično suosnim kabelima; d) nadomjesna shema spoja suosnim kabelima

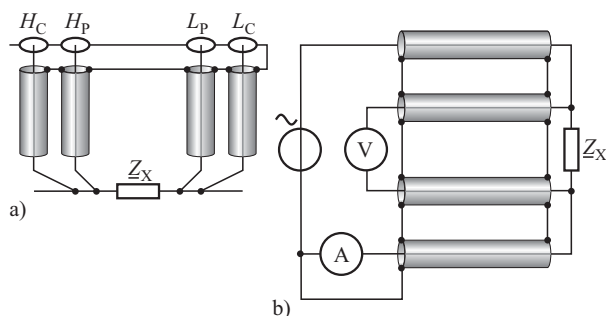
Najjednostavniji način priključivanja je uporaba dviju stezaljki i neoklopljenih vodiča (sl. 15.a). Međutim, on ima i mnoge nedostatke. Iz nadomjesne sheme (sl. 15. b) može se vidjeti da se otpori  $R_v$  i induktiviteti  $L_v$  vodiča te parazitski kapaciteti  $C_v$  između njih dodaju mjerenoj impedanciji i uzrokuju pogrešku. Na taj se način, bez kompenzacije, mogu mjeriti impedancije od 100  $\Omega$  do 10 k $\Omega$ . Uporabom suosnih kabela (sl. 15. c) parazitski kapacitet  $C_v$  (sl. 15. d) ne djeluje na vrijednost mjerene impedancije. Gornja granica mjernog opsega pomiče se iznad 10 k $\Omega$  sve do 10 M $\Omega$ , dok donja granica ostaje, jer otpori i induktiviteti vodova utječu na nju.

Spojem četiriju stezaljki (sl. 16.a) s neoklopljenim vodičima smanjuje se, kao što je poznato, utjecaj njihovih



Slika 16. Načini priključivanja mjerene impedancije na mjerilo: a) četverožično neoklopljenim vodičima; b) nadomjesna shema

impedancija, pa se donja granica vrijednosti mjerene impedancije spušta na  $1 \Omega$ . Kod mjerenja malih otpora, zbog većih struja koje tom prilikom teku, dolazi do izražaja međuinaktivna veza između strujnih i naponskih vodiča (sl. 16.b). Istim spojem, ali sa suosnim kabelima, čiji su oklopi međusobno spojeni, dobiva se spoj s pet stezaljki (sl. 17), pa je izbjegnuta utjecaj međuinaktivnih veza što snižava donju granicu na  $10 m\Omega$  ili čak  $1 m\Omega$ .



**Slika 17. Načini priključivanja mjerene impedancije na mjerilo: a) peterožično suosnim kabelima; b) nadomjesna shema**

Granice pogrešaka mjernog instrumenta, a time i mjerna nesigurnost određivanja impedancije smanjuje se umjeravanjem instrumenta i kompenzacijom utjecaja parazitskih sastavnica priključnog sklopa i vodova. Općenito se kompenzacija obavlja tako da se, prije priključka mjerene impedancije  $Z_x$ , obave mjerenja s otvorenim i kratkospojenim stezaljkama na koje se mjerena impedancija treba priključiti. Pri otvorenim stezaljkama mjeri se parazitska admitancija  $Y_o$ , jer je parazitska impedancija  $Z_s$  u tom spoju zanemariva (sl. 4.b), a pri kratkospojenim stezaljkama  $Y_o$  je kratko spojena pa se određuje samo  $Z_s$ . Ako se pri priključku  $Z_x$  instrumentom izmjeri impedancija  $Z_m$ , tada je:  $Z_x = (Z_m - Z_s) / [1 - (Z_m - Z_s)Y_o]$ .

Ostvarena kompenzacija najbolje se provjerava mjerenjem impedancije čiji su podaci dobro poznati. Pritom valja voditi računa da su vrijednost i geometrijske izmjere te impedancije približno jednake nepoznatoj impedanciji. Naime, i o izmjerama objekta, kao i o načinu priključka mogu ovisiti i pojedine parazitske sastavnice, pa time i mjerni rezultat.

Pri mjerenju induktiviteta svitaka, posebice onih čije magnetske silnice nisu potpuno zatvorene feromagnetnim materijalom, valja voditi računa da rasipne silnice mogu inducirati vrtložne struje u bližim metalnim dijelovima, npr. priključnicama. Te struje mogu, pri preciznim mjerenjima, utjecati na mjerne rezultate i njihovu nesigurnost.

## 6. ZAKLJUČAK

Za ispravan rad izmjeničnih sustava važno je da imedancije, kao njihove osnovne sastavnice, imaju potrebnu vrijednost. Mjerenje impedancija obavlja se

mnogim metodama, jer je raspon mjerenih vrijednosti i frekvencija vrlo širok. Danas se u tu svrhu osim klasičnih laboratorijskih metoda i sklopova sve više rabe automatski mjerni uređaji koji, samostalno ili povezani sa računalom, olakšavaju i ubrzavaju mjerenje, pohranu i raščlambu mjernih podataka.

**Zahvala** Ivici Kunštu, dipl. ing. zahvaljujem na uloženom trudu pri izradi slika za ovaj članak.

## LITERATURA

- [1] J. LONČAR: "Osnove elektrotehnike", peto izdanje, Zagreb, 1964.
- [2] "Slovni simboli", Zajednica JEK u suradnji sa Saveznim Zavodom za standardizaciju, Beograd, 1983.
- [3] B. OLIVER, J. CAGE: "Electronic Measurements and Instrumentation", McGraw-Hill, 1971.
- [4] V. BEGO: "Mjerenja u elektrotehnici", deveto izdanje, Graphis, Zagreb, 2003.
- [5] K. KUNDERT: "Modeling Dielectric Absorption in Capacitors", The Designer's Guide, web stranice designers-guide.com
- [6] J. KUENEN, G. MEJIER: "Measurement of Dielectric Absorption of Capacitors and Analysis of its Effects on VCO's", IEEE Transactions on IM, Vol. 45, No. 1, February 1996, str. 89-96.
- [7] K. IORGA: "Compartmental Analysis of Dielectric Absorption in Capacitors", IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation, Vol. 7, No.2, April 2000.
- [8] "Equivalent Series Resistance (ESR) of Capacitors", web stranica tvrtke QuadTech.
- [9] L. SCHNELL: "Technology of Electrical Measurements", John Wiley, 1993.
- [10] Web stranice tvrtki: Agilent Technologies, Hewlett Packard, Tettex Instruments

## IMPEDANCE MEASUREMENT

In each a.c. system switch, appliance or network impedances are basic components. Impedance values and their components are determined by measurement. There are numerous measurement methods that are a basis for laboratory and commercial measurement devices and instruments.

## ÜBER DIE IMPEDANZMESSUNGEN

In allen Bauteilen, Anlagen oder Netzen stellen in der Wechselstromtechnik Impedanzen Grundangaben dar. Die Beträge dieser Impedanzen werden mittels Messungen bestimmt. Meßeinrichtungen in Laboratorien und kommerzielle Meßeinrichtungen beruhen auf mehreren Meßmethoden.

Naslov pisca:

**Dr. sc. Dušan Vujević, dipl. ing.**  
Cankareva 2a  
10000 Zagreb, Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:  
2003 – 09 – 30.



# EIGRP – PROTOKOL USMJERAVANJA

Ivan J a n e š, Zagreb

UDK 621.83.001:398  
PREGLEDNI ČLANAK

Sadržaj članka bavi se dinamičkim protokolom usmjeravanja EIGRP u Electronic Highway mreži. EIGRP se funkcionalno sastoji od četiri dijela. To su: Protokol-Zavisni Moduli, Pouzdani Transportni Protokol, Otkrivanje/Obnavljanje Susjeda i Algoritam Difuznog Ažuriranja, koji su pojedinačno opisani. Najviše se fokusa stavilo na Algoritam difuznog ažuriranja, iz razloga što predstavlja srž funkcioniranja EIGRP-a. Također, predstavljani su i različiti formati EIGRP paketa.

**Ključne riječi:** Enhanced Interior Gateway Routing Protocol, EIGRP, IGRP, protokol vektora udaljenosti, protokol vezanih stanja, usmjeravanje, DUAL algoritam, TCP/IP.

## 1. UVOD

Enhanced Interior Gateway Routing Protocol (EIGRP) je, kao što ime kaže, poboljšanje IGRP protokola. Za razliku od RIPv2 (Routing Information Protocol, version 2), EIGRP nudi puno više od samo nekoliko proširenja. EIGRP ostaje u kategoriji protokola vektora udaljenosti i koristi istu kompozitnu metriku kao i IGRP. Osim ovog, postoje vrlo male sličnosti.

EIGRP se povremeno opisuje kao dinamički protokol vektora udaljenosti koji se ponaša kao protokol vezanih stanja. Protokol vektora udaljenosti dijeli sve svoje podatke o putovima s direktno spojenim susjedima, dok protokol vezanih stanja objavljuje informacije o svojim direktnim vezama svim usmjerivačima lociranim unutar njegove domene ili područja usmjeravanja. Svi protokoli vektora udaljenosti uglavnom koriste neku varijaciju Bellman-Ford (ili Ford-Fulkerson) algoritma. Ovi protokoli su podobni usmjeravajućim petljama i brojenju u beskonačno. Kao rezultat moraju implementirati mjere poput podijeljenog horizonta, trovanja putova i "hold-down" mjerača. Budući da svaki usmjerivač mora koristiti algoritam usmjeravanja na primljenim putovima prije nego ih preda susjedima, velike mreže sporije konvergiraju. Još važnije, kako protokoli vektora udaljenosti oglašavaju putove, promjena kritične veze može značiti oglašavanje mnogo izmijenjenih putova.

U usporedbi s protokolima vektora udaljenosti, protokoli vezanih stanja su puno manje podložni usmjeravajućim petljama i lošim informacijama. Prosljeđivanje paketa vezanih stanja ne zavisi prvo o izvršavanju računanja putova, što znači da velike mreže konvergiraju brže. Također, oglašavaju se samo veze i njihova

stanja, a ne putovi, što znači da promjena u vezi neće izazvati oglašavanje svih putova koji koriste tu vezu. Međutim, za razliku od protokola vektora udaljenosti, složeni Dijkstrini algoritmi i vezane baze podataka postavljaju veće zahtjeve na CPU i memoriju.

Bez obzira da li ostali protokoli usmjeravanja vrše računanja putova prije slanja novih vektora udaljenosti susjedima ili nakon generiranja baze podataka topologije, zajedničko im je individualno računanje. U kontrastu, EIGRP koristi sustav difuznog računanja – računanja putova koja se vrše u koordiniranom procesu između više usmjerivača – za postizanje brze konvergencije uz osiguranje od mogućih petlji.

Iako su EIGRP osvježenja još uvijek vektori udaljenosti prenošeni direktno spojenim susjedima, oni su neperiodični, parcijalni i ograničeni. Neperiodični znači da se osvježenja ne šalju u regularnim intervalima, već samo kad dođe do promjene u metrici ili topologiji. Parcijalni znači da osvježenja sadrže samo promijenjene putove, a ne sve podatke iz tablice usmjeravanja. Ograničeni znači da se osvježenja šalju samo zahvaćenim usmjerivačima. Ove karakteristike pokazuju da EIGRP koristi puno manje mrežne resurse od tipičnih protokola vektora udaljenosti, što puno znači u sporijim i skupljim WAN vezama.

## 2. FUNKCIONIRANJE EIGRP-a

EIGRP koristi istu formulu kao i IGRP za računanje kompozitne metrike. Međutim, EIGRP povećava metričke komponente za faktor 256 radi postizanja finije metričke granulacije. Osnovne metričke komponente predstavljaju brzina veza i sumarno kašnjenje do destinacije [3].

razmjerna brzina =  $(10000000/\text{brzina}) * 256$

razmjerno kašnjenje =  $\text{kašnjenje} * 256$

metrika =  $K1 * \text{razmjerna brzina} + (K2 * \text{razmjerna brzina}) / (256 - \text{teret}) + K3 * \text{razmjerno kašnjenje} * K5 / (\text{pouzdanost} + K4)$

Pretpostavljene K vrijednosti su:

- K1 = 1
- K2 = 0
- K3 = 1
- K4 = 0
- K5 = 0

Koristeći gore navedene K vrijednosti, formula se može pojednostavniti:

metrika =  $\text{razmjerna brzina} + \text{razmjerno kašnjenje}$   
 Kombinirajući ovu formulu s faktorima razmjera, dobivamo:

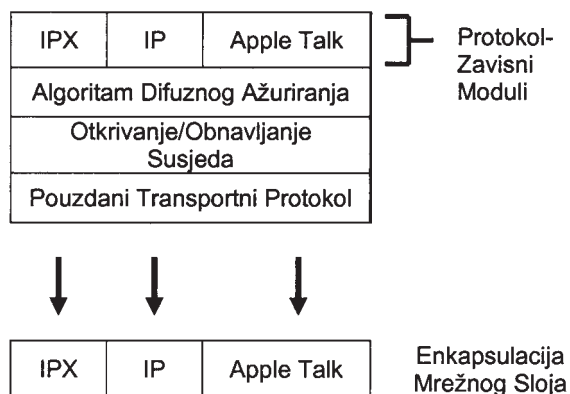
metrika =  $(10000000/\text{min brzina}) + \text{suma kašnjenja} * 256$

EIGRP se sastoji od četiri komponente:

- Protokol-Zavisni Moduli
- Pouzdani Transportni Protokol (Reliable Transport Protocol, RTP)
- Otkrivanje/Obnavljanje Susjeda
- Algoritam Difuznog Ažuriranja (Diffusing Update Algorithm, DUAL).

### 2.1. Protokol-Zavisni moduli

EIGRP implementira module za IP, IPX i Apple Talk protokole, koji su odgovorni za protokol-specifične zadatke usmjeravanja.



Slika 1.

Kao što slika 1 pokazuje, promet pojedinih modula je enkapsuliran unutar njima određenim protokolima mrežnog sloja. EIGRP za IPX, na primjer, se prenosi unutar IPX paketa.

### 2.2. Pouzdani Transportni Protokol

RTP upravlja dostavom i primanjem EIGRP paketa. Pouzdana dostava znači da je dostava garantirana i da će paketi biti primljeni u pravom redosljedu.

Garantirana dostava je postignuta Ciscovim algoritmom poznatim kao *pouzdana multicast*, korištenjem rezerviranja, klase D, adrese 224.0.0.10. Svaki susjed koji primi pouzdani multicast paket će unicastno poslati potvrdu.

Redosljed paketa je osiguran s dva broja sekvenci. Svaki paket sadrži broj sekvence dodijeljen od strane pošiljatelja. Ovaj broj je povećan za jedan svaki put kad usmjerivač pošalje novi paket. Uz ovaj broj, pošiljatelj stavlja u paket broj sekvence zadnjeg primljenog paketa ciljnog usmjerivača.

U nekim slučajevima, RTP može koristiti nepouzdana prijenos. U ovu svrhu nije potrebna potvrda paketa, te broj sekvence neće biti uključen u EIGRP pakete.

EIGRP koristi više tipova paketa, od kojih su svi identificirani brojem protokolal 88 u IP zaglavljju.

- *Hello* paketi se koriste u procesu otkrivanja i obnavljanja susjeda. Hello paketi su multicast i koriste nepouzdana prijenos.
- *Potvrde* (ACKs) su Hello paketi bez podataka. ACKs su uvijek unicast i koriste nepouzdana prijenos.
- *Osvježenja* šire informacije o putovima. Za razliku od RIP i IGRP osvježenja, ovi paketi se prenose samo kad je potrebno, sadrže samo potrebne informacije, i šalju se samo onim usmjerivačima kojima su te informacije potrebne. Kada su osvježenja potrebna specifičnom usmjerivaču, oni su unicast, dok kada su potrebni za više usmjerivača, kao na primjer kad dođe do promjene metrike ili topologije, oni su multicast. Osvježenja uvijek koriste pouzdani prijenos.
- *Upiti i Odgovori* se koriste u DUAL konačnom automatu za upravljanje difuznim računanjem. Upiti mogu biti multicast ili unicast, dok su odgovori uvijek unicast. Oba koriste pouzdani prijenos.
- *Zahtjevi* su bili vrsta paketa izvorno predviđena za korištenje u usmjerivačima. Ova aplikacija nije nikad implementirana.

Ako paket, koji je pouzdano multicast-an, nije potvrđen od susjeda, bit će ponovno poslan unicast-no istom susjedu, te ako potvrda nije primljena nakon 16 takvih retransmisija, susjed će biti proglašen nefunkcionalnim.

Vrijeme čekanja na potvrdu prije prelaska s multicast-a na unicast je određeno s *multicast flow timer*-om. Vrijeme između dva uzastopna unicast-a je određeno s *retransmission timeout*-om (RTO). Oba vremena se računaju za svakog susjeda iz *smooth round-trip time* (SRTT). SRTT je srednje vrijeme trajanja, u milisekundama, između prijensa paketa susjedu i primitka potvrde. Formule za računanje točnih vrijednosti SRTT-a, RTO-a i multicast flow timer-a su zaštićene.

### 2.3. Otkrivanje/Obnavljanje Susjeda

Budući da su EIGRP osvježenja neperiodična, važno je imati proces u kojem su susjedi – EIGRP usmjerivači na direktno spojenim mrežama – otkriveni i praćeni. U

većini mreža Hello paketi su multicast-ani svakih 5 sekundi, umanjeno za kratko slučajno vrijeme kako bi se izbjegla sinkronizacija. Na multipoint X.25, Frame Relay i ATM sučeljima, s brzinama T1 ili sporije, Hello paketi su unicast-ani svakih 60 sekundi. Ovi dulji Hello intervali su također specifični i za ATM SVC-e i ISDN PRI sučelja. U svim slučajevima, Hello paketi se ne potvrđuju.

Kad usmjerivač primi Hello paket od susjeda, on će sadržati vrijeme čekanja. Vrijeme čekanja govori usmjerivaču koliko da maksimalno čeka na sljedeći Hello paket. U slučaju da predviđeno vrijeme čekanja istekne prije nego je primljen sljedeći Hello paket, susjed se proglašava nedostupnim i DUAL proces je informiran o gubitku susjeda. Uobičajeno je da vrijeme čekanja ima vrijednost tri puta veću od intervala Hello paketa, što znači 180 sekundi za sporije mreže i 15 sekundi za brže. Mogućnost detekcije nedostupnog susjeda unutar 15 sekundi za razliku od 180 sekundi za RIP i 270 sekundi za IGRP jedan je od faktora koji doprinosi brzom konvergenciji EIGRP-a.

Primjer tablice susjeda:

```
router#show ip eigrp neighbor
IP-EIGRP neighbors for process 1
H Address      Interface    Hold Uptime    SRTT    RTO    Q    Seq
              (sec)      (ms)      Cnt Num
1 10.1.1.2     Et1         13 12:00:53  12     300    0    620
0 10.1.2.2     S0         174 12:00:56  17     200    0    645
router#show ip eigrp neighbor
IP-EIGRP neighbors for process 1
H Address      Interface    Hold Uptime    SRTT    RTO    Q    Seq
              (sec)      (ms)      Cnt Num
1 10.1.1.2     Et1         12 12:00:55  12     300    0    620
0 10.1.2.2     S0         173 12:00:57  17     200    0    645
router#show ip eigrp neighbor
IP-EIGRP neighbors for process 1
H Address      Interface    Hold Uptime    SRTT    RTO    Q    Seq
              (sec)      (ms)      Cnt Num
1 10.1.1.2     Et1         11 12:00:56  12     300    0    620
0 10.1.2.2     S0         172 12:00:58  17     200    0    645
```

Stupac Hold nikad neće imati vrijednost veću od vremena čekanja, te nikad ne bi trebao imati vrijednost manju od vremena čekanja umanjeno za Hello interval (osim u slučaju gubitaka Hello paketa).

## 2.4. Algoritam Difuznog Ažuriranja

Filozofija na kojoj se temelji DUAL polazi od stavke da su već i privremene petlje unutar putova štetne za performanse mreže. DUAL koristi difuzno računanje, prvotno predloženo od strane E. W. Dijkstre i C. S. Scholtena, za izvođenje distribuiranog usmjeravanja najkraćim putem bez petlji u bilo kojem trenutku. Iako je puno istraživača pridonijelo razvoju DUAL-a, ipak najviše je dao J.J. Garcia-Luna-Aceves.

### 2.4.1. Preliminarni koncepti

Kako bi DUAL funkcionirao korektno, protokol nižeg nivoa mora osigurati sljedeće uvjete:

- Čvor detektira u konačnom vremenu postojanje novog susjeda ili gubitak veze sa susjedom.
- Sve poruke prenesene preko funkcionalne veze su primljene korektno i u pravom redosljedu u konačnom vremenu.
- Sve poruke, promjene cijene veze, prekidi veza, i notifikacije o novim susjedima su procesirane slijedno u konačnom vremenu i redosljedu detekcije.

Ciscov EIGRP koristi Otkrivanje/Obnavljanje Susjeda i RTP kako bi osigurao navedene uvjete.

Prije nego možemo obraditi operaciju DUAL-a, potrebno je opisati nekoliko termina i koncepata.

- *Adjacency* – Prilikom startanja, usmjerivač koristi Hello pakete za otkrivanja susjeda i identifikaciju sebe istima. Kad je otkriven susjed, EIGRP će pokušati ostvariti adjacency s tim susjedom. *Adjacency* je virtualna veza između dva susjeda preko koje

se izmjenjuju informacije o putovima. Kada su se uspostavila adjacencies, usmjerivač će primiti osvježenje od svojih susjeda. Osvježenja će sadržati sve putove poznate usmjerivačima koji šalju zajedno s metrikama. Za svaki put, usmjerivač će izračunati udaljenost korištenjem udaljenosti oglašene od susjeda i cijenu veze do tog susjeda.

- *Moguća udaljenost* – Najniža izračunata metrika do svake destinacije postat će *moguća udaljenost* (feasible distance, FD) te destinace. Na primjer, usmjerivač može biti informiran o tri različita puta do podmreže 172.16.5.0. i može izračunati metrike 380672, 12381440 i 660868 za ta tri puta. 380672 će postati FD jer predstavlja najkraću izračunatu udaljenost.

- *Uvjet mogućnosti* – *Uvjet mogućnosti* (feasibility condition, FC) je uvjet koji je zadovoljen ako je susjedova oglašena udaljenost do destinacije kraća od FD-a usmjerivača do te iste destinacije.
- *Mogući nasljednik* – Ako susjedova oglašena udaljenost do destinacije zadovoljava FC, susjed postaje *mogući nasljednik* (feasible successor) za tu destinaciju. Na primjer, ako je FD do pod mreže 172.16.5.0.380672 a susjed oglašava put do te pod mreže s udaljenosti 355072, susjed će postati mogući nasljednik; ako susjed oglašava udaljenost 380928, on neće zadovoljiti FC te neće postati mogući nasljednik. Koncepti mogućeg nasljednika i uvjeta mogućnosti centralni su za izbjegavanje petlji. Budući da su mogući nasljednici uvijek nizvodni (tj., imaju manju udaljenost do destinacije od moguće udaljenosti), usmjerivač nikad neće odabrati put koji će voditi natrag kroz njega samog. Takav put bi, naravno, imao udaljenost veću od FD-a. Svaka destinacija za koju postoji jedan ili više mogućih nasljednika spremi će se u tablici topologije, zajedno sa sljedećim podacima:
  - FD destinacije
  - svi mogući nasljednici
  - oglašena udaljenost svakog mogućeg nasljednika do destinacije
  - lokalna izračunata udaljenost do destinacije preko svakog mogućeg nasljednika, zasnovana na oglašenoj udaljenosti mogućeg nasljednika i cijene veze do tog nasljednika
  - sučelje spojeno na mrežu, na kojem je nađen svaki pojedini mogući nasljednik.
- *Nasljednik* – Za svaku destinaciju koja se nalazi u tablici topologije, izabere se put s najmanjom metrikom i stavi u tablicu usmjeravanja. Susjed koji oglašava ovaj put postaje *nasljednik* kome se šalju paketi namijenjeni toj destinaciji.

#### 2.4.2. DUAL Konačni Automat

Kada EIGRP usmjerivač ne obavlja difuzna računanja, svaki put je u pasivnom stanju.

Usmjerivač će kontrolirati svoju listu mogućih nasljednika za put u slučaju pojave *ulaznog događaja*. Ulazni događaj može biti:

- Promjena cijene direktno spojene veze
- Promjena statusa (radi/ne radi) direktno spojene veze
- Prijam paketa osvježenja
- Prijam paketa upita
- Prijam paketa odgovora.

Prvi korak kontrole je lokalno računanje u kojem se računa udaljenost do destinacije za sve moguće nasljednike. Mogući rezultati su:

- Ako je mogući nasljednik s najkraćom udaljenosti različit od postojećeg nasljednika, mogući nasljednik postat će nasljednik.

- Ako je nova udaljenost manja od FD-a, FD će se ažurirati.
- Ako je nova udaljenost različita od postojeće, osvježenja će biti poslana svim susjedima.

Dok usmjerivač obavlja lokalno računanje, put ostaje u pasivnom stanju. Ako je pronađen mogući nasljednik, osvježenje se šalje svim susjedima i ne dolazi do promjene stanja.

Ako se tablici topologije ne može pronaći mogući nasljednik, usmjerivač će započeti s difuznim računanjem i stanje puta će prijeći u aktivno. Sve dok difuzno računanje nije završeno i stanje puta ponovno pasivno, usmjerivač ne može:

- Promijeniti nasljednika za put
- Promijeniti udaljenosti koju oglašava za put
- Promijeniti FD puta
- Započeti sa sljedećim difuznim računanjem za put.

Usmjerivač započinje s difuznim računanjem slanjem upita svim svojim susjedima. Upit će sadržati novu lokalno izračunatu udaljenost do destinacije. Svaki susjed će, nakon primanja upita, obaviti svoje lokalno računanje:

- Ako susjed ima jednog ili više mogućih nasljednika za destinaciju, poslat će odgovor izvornom usmjerivaču. Odgovor će sadržati susjedovu minimalnu lokalno izračunatu udaljenost do destinacije.
- Ako susjed nema mogućeg nasljednika, on će također promijeniti stanje puta u aktivno i započeti s difuznim računanjem.

Za svakog susjeda kojem je poslan upit, usmjerivač će postaviti zastavicu *status odgovora* kako bi pratio sva aktivne upite. Difuzno računanje je završeno u trenutku kada je usmjerivač primio odgovore na sve poslanske upite.

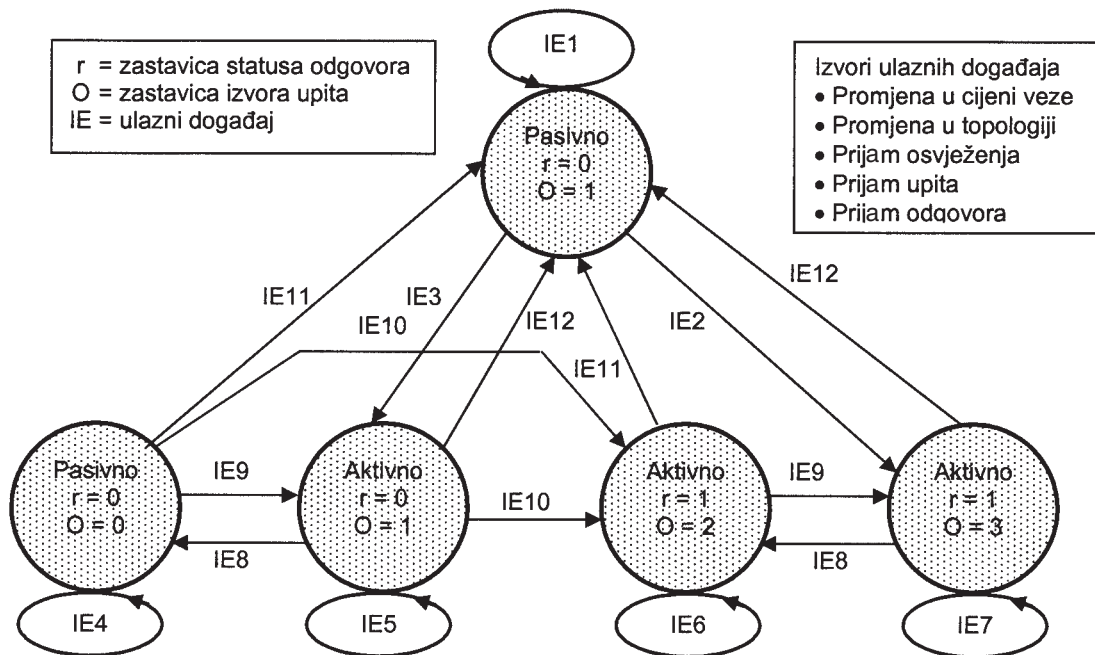
U nekim slučajevima, usmjerivač ne primi odgovor na sve poslanske upite. Na primjer, ovo se može dogoditi u velikim mrežama s mnogo veza malih brzina i loše kvalitete. Na početku difuznog računanja, Aktivni timer je postavljen na 3 minute. Ako svi očekivani odgovori nisu primljeni prije isteka Aktivnog imera, put je deklariran kao *stuck-in-active* (SIA). Susjed ili susjedi koji nisu odgovorili bit će maknuti iz tablice susjeda, i difuzno računanje će pretpostaviti da je susjed odgovorio s beskonačnom metrikom.

Pri završetku difuznog računanja, izvorni usmjerivač će postaviti FD na beskonačno kako bi se osiguralo da bilo koji susjed koji odgovara s konačnom udaljenosti do destinacije zadovoljava FC i postaje mogući nasljednik. Za svaki odgovor, računa se metrika korištenjem udaljenosti oglašene u odgovoru i cijene veze do susjeda koji je poslao odgovor. Nasljednik je odabran pronalaženjem najkraće metrike, a FD je postavljen upravo na tu metriku. Bilo koji mogući nasljednik koji ne zadovoljava FC za ovaj novi FD biti će maknut iz tablice topologije. Treba spomenuti da nasljednik nije izabran sve dok ne stignu svi odgovori.

Budući da postoji više vrsta ulaznih događaja koji mogu izazvati promjenu stanja puta, od kojih se neki mogu pojaviti dok je put aktivan, DUAL definira više aktivnih stanja. Zastavica *izvor upita* (query origin, O) se koristi za označavanje trenutnog stanja. Slika 2 i tablica 1 prikazuju kompletni DUAL konačni automat.

### 2.5. Formati EIGRP Paketa

IP zaglavlje EIGRP paketa specificira broj protokola 88, a maksimalna duljina paketa je IP maksimalna prijenosna jedinica (Maximum Transmission Unit, MTU) – obično 1500 okteta. Nakon IP zaglavlja slijedi EIGRP zaglavlje iza kojeg se nalaze različite Tip/Du-



Slika 2.

Tablica 1.

Ulazni Događaj	Opis
IE1	Bilo koji ulazni događaj za koji je FC zadovoljen ili je destinacija nedostupna
IE2	Upit primljen od nasljednika; FC nije zadovoljen
IE3	Ulazni događaj različit od upita od nasljednika; FC nije zadovoljen
IE4	Ulazni događaj različit od zadnjeg odgovora ili upita od nasljednika
IE5	Ulazni događaj različit od zadnjeg odgovora, upita od nasljednika, ili porast udaljenosti do destinacije
IE6	Ulazni događaj različit od zadnjeg odgovora
IE7	Ulazni događaj različit od zadnjeg odgovora ili porast udaljenosti do destinacije
IE8	Porast udaljenosti do destinacije
IE9	Prijam zadnjeg odgovora; FC nije zadovoljen sa trenutnim FD-om
IE10	Upit primljen od nasljednika
IE11	Prijam zadnjeg odgovora; FC zadovoljen sa trenutnim FD-om
IE12	Prijam zadnjeg odgovora; postavi FD na beskonačno

ljina/Vrijednost (Type/Length/Value, TLV) trojke. Ovi TLV-i neće samo sadržati putove već također mogu predstavljati polja za upravljanje DUAL procesom, multicast sekvenciranjem, i IOS programskim verzijama.

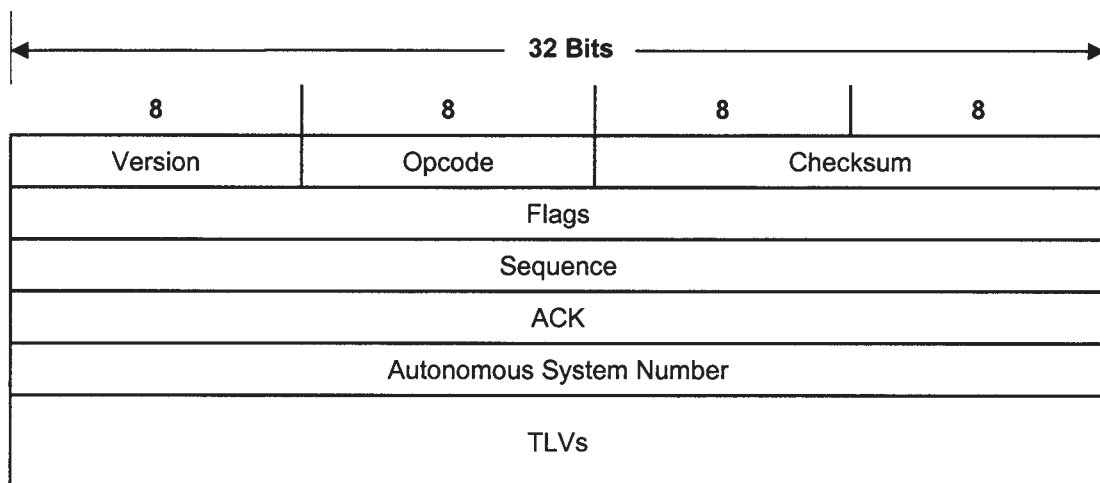
#### 2.5.1. Zaglavlje EIGRP paketa

Slika 3 prikazuje EIGRP zaglavlje koje započinje svaki EIGRP paket. Pojedina polja zaglavlja opisana su u nastavku.

- *Version* – Specificira određenu verziju izvorišnog EIGRP procesa. Iako su trenutačno dostupna dva izdanja EIGRP-a, verzija EIGRP procesa se nije promijenila.
- *Opcode* – Specificira tip EIGRP paketa, kao što se vidi u tablici 2.

Tablica 2.

Opcode	Tip
1	Osvježenje
3	Upit
4	Odgovor
5	Hello
6	IPX SAP



Slika 3.

- *Checksum* – Predstavlja standardni IP checksum. Računa se za cijeli EIGRP paket, izuzevši IP zaglavlje.
- *Flags* – trenutačno postoje samo dvije zastavice. Krajnje desni bit je *Init*, koji kada je postavljen (0x00000001) označava da su sadržani podaci o putovima prvi u vezi s novim susjedom. Drugi bit (0x00000002) je *Conditional Receive* bit, koji se koristi u Pouzdanom Multicast algoritmu.
- *Sequence* – Predstavlja 32-bitni broj sekvence korišten od strane RTP-a.
- *ACK* – Predstavlja 32-bitni broj sekvence zadnjeg paketa kojeg je susjed primio. Hello paket s ACK poljem različitim od nule tretirat će se kao ACK paket prije nego Hello paket. Treba spomenuti da će ACK polje biti različito od nule ako je paket unicast jer potvrde prijenosa nikad nisu multicast.
- *Autonomous System Number* – Predstavlja identifikacijski broj EIGRP domene.

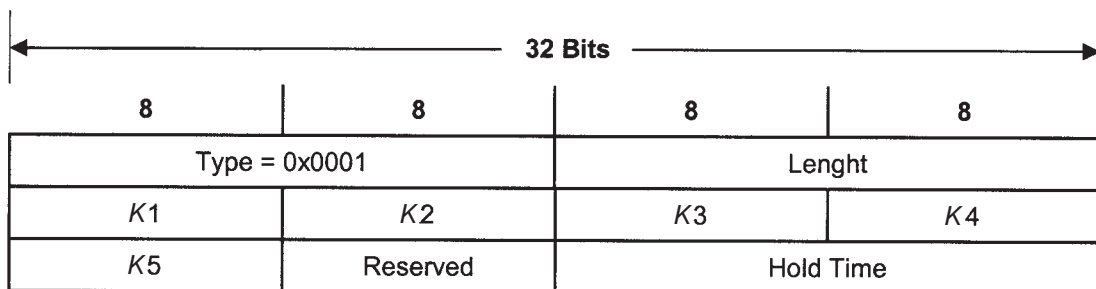
TLV-i slijede zaglavlje, čiji različiti tipovi su prikazani u tablici 3. Svaki TLV sadrži dvo-oktetni tip, dvo-oktetnu duljinu i polje varijabilne duljine čiji format je određen tipom.

Tablica 3.

Broj	TLV Tip
<i>Opći TLV Tipovi</i>	
0x0001	EIGRP Parametri
0x0003	Sekvenca
0x0004	Verzija Programa
0x0005	Sljedeća Multicast Sekvenca
<i>IP-Specifični TLV Tipovi</i>	
0x0102	IP Interni Putovi
0x0103	IP Eksterni Putovi
<i>Apple Talk-Specifični TLV Tipovi</i>	
0x0202	Apple Talk Interni Putovi
0x0203	Apple Talk Eksterni Putovi
0x0204	Apple Talk Konfiguracija Kabela
<i>IPX-Specifični TLV Tipovi</i>	
0x0302	IPX Interni Putovi
0x0303	IPX Eksterni Putovi

2.5.2. Opća TLV polja

Ovi TLV-ovi sadrže EIGRP upravljačke informacije i nisu specifični za pojedine protokole usmjeravanja. TLV parametara, koji se koriste za transport metričkih težina i vremena zadržavanja, prikazan je na slici 4.



Slika 4.

### 2.5.3. IP-Specifična TLV polja

Svaki TLV Internog i Eksternog Puta sadrži zapis o jednom putu. Svaki paket Osvježena, Upita i Odgovora sadrži barem jedan TLV Puta.

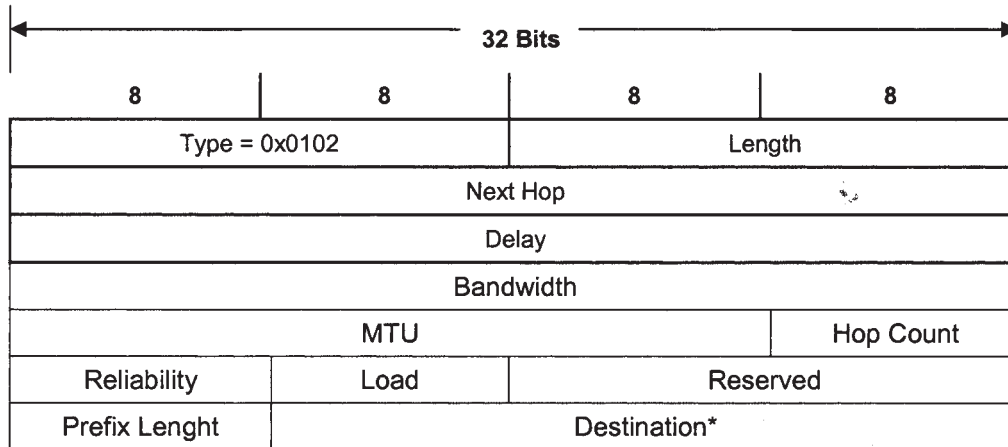
TLV-i Internih i Eksternih Putova nose informacije o metrici za određeni put.

TLV IP Internih putova

Interni put je putanja do destinacije unutar EIGRP autonomnog sustava. Format TLV-a Internih Putova prikazan je na slici 5.

5-minutnom srednjom vrijednosti eksponencijalne razdiobe. 0xFF označava 100% pouzdanu vezu.

- *Load* – Također predstavlja broj između 0x01 i 0xFF, te prikazuje ukupan izlazni promet sučelja puta, računana s 5-minutnom srednjom vrijednosti eksponencijalne razdiobe. 0x01 označava minimalno opterećenu vezu.
- *Reserved* – Polje koje se ne koristi i uvijek je 0x0000.
- *Prefix Length* – Specificira broj bitova maske adrese.
- *Destination* – Predstavlja adresu destinacije puta.



\*Ovo je polje varijabilno. Ako mu je duljina različita od tri okteta, TLV-u će se dodati nule do sljedeće granice od četiri okteta. Na primjer, ako je adresa destinacije 10.1, polje Destination će imati dva okteta nakon čega će slijediti dopuna 0x00. Ako je adresa 192.168.16.64, polje Destination će imati četiri okteta i slijedit će ga dopuna 0x000000.

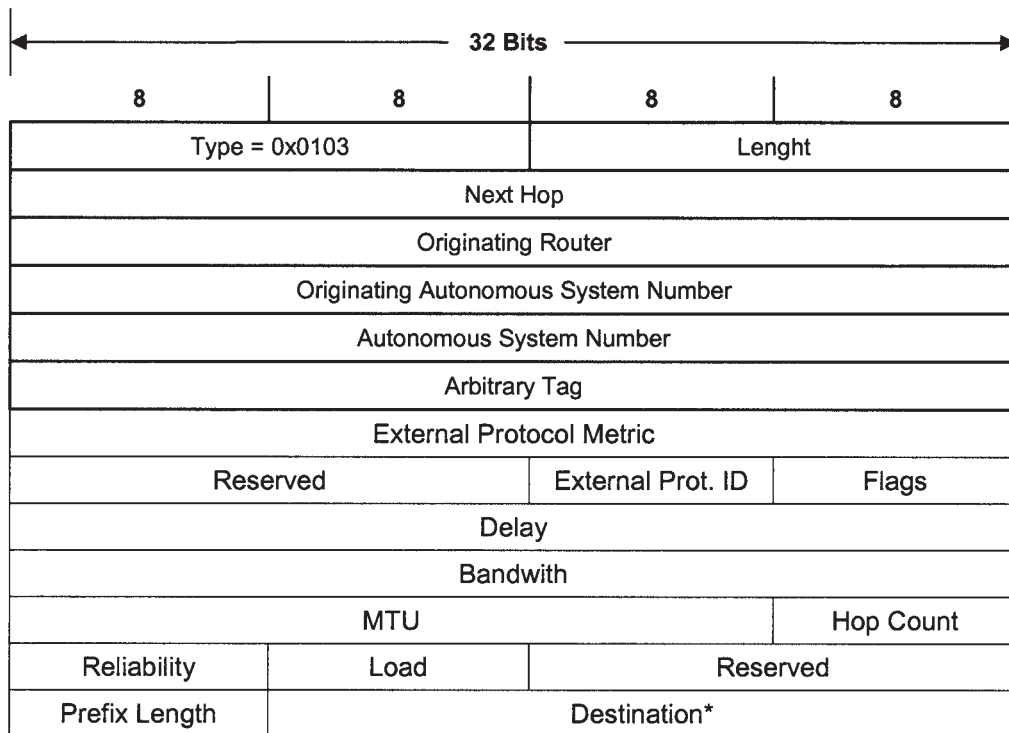
Slika 5.

- *Next Hop* – Specificira IP adresu sljedećeg računala kojem se paket šalje. Ova adresa može a ne mora biti adresa izvornog usmjerivača.
- *Delay* – Predstavlja sumu konfiguriranih kašnjenja prikazanih u jedinicama od 10 mikrosekundi. Za razliku od 24-bitnog kašnjenja IGRP paketa, ovo polje je 32-bitno. Ovo veće polje osigurava konstantu množenja (256) korištenu EIGRP-om. Kašnjenje od 0xFFFFFFFF indicira nedostupan put.
- *Bandwidth* – Predstavlja broj 2 560 000 000 podijeljen s najnižom brzinom bilo kojeg sučelja koji je dio puta. Kao i polje kašnjenja, ovo polje je također osam bita dulje nego IGRP polje.
- *MTU* – Predstavlja najmanju maksimalnu transmisijsku jedinicu bilo koje veze puta do destinacije. Iako je uključen parametar, nikad se ne koristi u računanju metrika.
- *Hop Count* – Predstavlja broj između 0x01 i 0xFF koji označava broj skokova paketa do destinacije. Usmjerivač oglašava direktno spojevu mrežu s brojem skokova 0; sljedeći usmjerivački spremaju i oglašavaju put u odnosu na usmjerivač sljedećeg skoka.
- *Reliability* – Predstavlja broj između 0x01 i 0xFF koji prikazuje omjere pograška sučelja puta, računana s

#### TLV IP Eksternih putova

Eksterni put je putanja koja vodi do destinacije izvan EIGRP autonomnog sustava i koja je redistribuirana u EIGRP domeni. Slika 6 prikazuje format TLV-a Eksternih Putova.

- *Next Hop* – Predstavlja IP adresu sljedećeg skoka. U mreži s više pristupa, usmjerivač koji oglašava put ne mora biti najbolji usmjerivač sljedećeg skoka do destinacije. Na primjer, EIGRP usmjerivač na Ethernet vezi također može podržavati i BGP protokol i može oglašavati put dobiven BGP-om u EIGRP autonomni sustav. Zato što ostali usmjerivači na vezi ne podržavaju BGP, oni nemaju načina na koji bi saznali da je BGP sučelje najbolja adresa sljedećeg skoka.
- *Originating Router* – Predstavlja IP adresu ili ID usmjerivača koji je redistribuirao eksterni put u EIGRP autonomni sustav.
- *Originating Autonomous System Number* – Predstavlja broj autonomnog sustava usmjerivača koji je izvor puta.
- *Arbitrary Tag* – Može se koristiti za prijenos tag-ova postavljenih mapama putova.
- *External Protocol Metric* – Predstavlja, kao što naziv kaže, metriku eksternog protokola. Ovo polje se



\*Ovo polje je varijabilno. Ako mu je duljina različita od tri okteta, TLV-u će se dodati nule do sljedeće granice od četiri okteta. Na primjer, ako je adresa destinacije 10.1, polje Destination će imati dva okteta nakon čega će slijediti dopuna 0x00. Ako je adresa 192.168.16.64, polje Destination će imati četiri okteta i slijedit će ga dopuna 0x000000.

Slika 6.

koristi, tijekom redistribucije s IGRP-om, za praćenje IGRP metrike.

– *Reserved* – Polje koje se ne koristi i uvijek je 0x0000.

– *External Protocol ID* – Specificira protokol od kojeg je eksterni put dobiven.

Tablica 4 prikazuje moguće vrijednosti ovog polja.

Tablica 4.

Kod	Eksterni Protokol
0x01	IGRP
0x02	EIGRP
0x03	Statički Put
0x04	RIP
0x05	Hello
0x06	OSPF
0x07	IS-IS
0x08	EGP
0x09	BGP
0x0A	IDRP
0x0B	Spojena Veza

– *Flags* – Trenutačno postaje samo dvije zastavice. Ako je krajnje desni bit postavljen (0x01), put je eksterni. Ako je postavljen drugi bit (0x02), put je kandidat za pretpostavljeni put.

Ostala polja opisuju metriku i adresu destinacije. Opisi ovih polja isti su onima danim u diskusiji TLV-ova internih putova.

### 3. ZAKLJUČAK

Ovim člankom pokušano je opisati način usmjeravanja podatkovnih paketa unutar UCTE mreže Electronic Highway. Čitajući o svim detaljima dinamičkih protokola usmjeravanja, teško je ne zaključiti da je dinamičko usmjeravanje uvijek bolje od statističkog. Važno je zapamtiti da je primarna zadaća dinamičkog protokola usmjeravanja automatsko detektiranje i adaptacija topološkim promjenama u mreži. Cijena ovog "automatizma" plaćena je brzinom i vjerojatno prostorom reda, u memoriji, a također i vremenom procesiranja.

Česta primjedba statičkom usmjeravanju je težina same administracije. Ova kritika može biti istinita za srednje i velike topologije s mnogo alternativnih putova, ali zasigurno nije istinita za male mreže s nekoliko ili niti jednim alternativnim putom.



Budući da Electronic Highway ima topologiju isprepletene mreže, kao najbolji izbor protokola usmjerenja nametnuo se EIGRP jer pokazuje najbolje performanse u takvom tipu mreže. Kako je Electronic Highway mreža još u razvoju, te se broj priključenih čvorova povećava, vrijeme će pokazati je li izbor bio pravi.

#### LITERATURA

- [1] J. DOYLE, "Routing TCP/IP", Volume 1, Cisco Press  
 [2] A. RETANA, D. SLICE, R. WHITE, "Advanced IP Network Design", Cisco Press  
 [3] URL: <http://www.rhyshaden.com/eigrp.htm>, 23.07.2003

#### EIGRP – ELECTRONIC HIGHWAY ROUTING PROTOCOL

The content of the paper is the EIGRP dynamic routing protocol in Electronic Highway network. EIGRP has four functional parts: protocol related modules, Reliable Transport Protocol, determination of neighbours and algorithm of diffused refreshment, which are separately described. Algorithm of diffused refreshment has been particularly emphasised because it is the backbone of EIGRP functioning. Also, different formats of EIGRP packages are presented.

#### HINLENKUNGSANWEISUNGEN ZU DEN ELEKTRONISCHEN BREITBANDWEGEN

Der Artikel befasst sich mit den dynamischen inneren Rechneranweisungen\*) der Hinlenkung isotrop erzeugter Strahlungsleistung auf erweiterte elektronische Breitbandwege\*\*). Vom Ablauf und Einwirkung dieser Anweisungen gesehen, bestehen sie aus folgenden vier, jeweils einzeln beschriebenen, Rechneranweisungen beinhaltenden Bausteinen mit folgenden Inhalten: Zuverlässigkeitsanweisungen der Übertragung, Verfahren des Auffindens oder Wiedergestaltens von Nachbarlösungen und Rechnerregeln für die Aufgabe den richtigen Weg in einem bestimmten Zusammenhang zu bringen\*\*\*). Grösster Augenmerk ist diesem Algorithmus gewidmet, da er das wesentliche in der Gesamtheit der Anweisungen darstellt. Ebenso sind verschiedene Formate der gesamten Anweisungen geschildert.

\*) englisch: Protocol

\*\*) englisch: EIGRP = Enhanced Interior Gateway Routing Protocol

\*\*\*) englisch: DUAL = Diffusing update algorithm

Naslov pisca:

**Ivan Janeš, dipl. ing.**  
**HEP - Prijenos d.o.o.**  
**Ulica grada Vukovara 37**  
**10000 Zagreb, Hrvatska**

Uredništvo primilo rukopis:  
 2003 – 07 – 31.

#### ISPRAVAK

U ENERGIJI broj 6 (2003.) na kraju članka "Opravdanost proširenja 400 kV mreže i primjena tehnologije kompaktiranja", autora Ivana Grozdanića piše:

**Ivan Grozdanić, dipl. ing.**  
**Elektroprojekt d.d.**  
**Alexandera von Humboldta 4**  
**10000 Zagreb, Hrvatska**

a treba pisati:

**Ivan Grozdanić, dipl. ing.**  
**Dalekovod d.d.**  
**Ulica grada Vukovara 37**  
**10000 Zagreb, Hrvatska**

Ispričavamo se autoru, a čitatelje molimo za razumijevanje.

Uredništvo



# VIJESTI IZ ELEKTROPRIVREDE I OKRUŽENJA

## ZAKON O NORMIZACIJI

Novi Zakon o normizaciji objavljen je u Narodnim novinama broj 163 od 16. listopada 2003. godine. Danom primjene ovog zakona prestaju vrijediti odredbe članka 2., 9., 10., 11. i 12. Zakona o normizaciji (NN 55/96).

Prema općim odredbama (članci 1. do 3.) ovim Zakonom se uređuju: načela i ciljevi hrvatske normizacije, osnivanje, ustrojstvo i djelatnost nacionalnoga normirnog tijela, pripremanje i izdavanje hrvatskih norma i njihova uporaba.

Prema članku 1. predmet normizacije je proizvod, proces ili usluga koju treba normirati.

Zbog jednoznačnog razumijevanja ovog Zakona u članku 2. utvrđeni su pojmovi koji se ovdje upotrebljavaju. Njihovo značenje prikazano je u nastavku:

- **Norma** je dokument donesen konsenzusom i odobren od mjerodavnog tijela, koji za opću i višekratnu uporabu daje pravila, upute ili značajke za aktivnosti i njihove rezultate te jamči najbolji stupanj uredenosti u danim uvjetima.
- **Međunarodna norma** je norma dostupna javnosti koju je prihvatila koja međunarodna normizacijska/normirna organizacija.
- **Europska norma** je norma dostupna javnosti koju je prihvatila koja europska normizacijska/normirna organizacija.
- **Nacionalna norma** je norma dostupna javnosti koju je prihvatilo nacionalno normirno tijelo određene države.
- **Hrvatska norma** je norma dostupna javnosti koju je prihvatilo hrvatsko nacionalno normirno tijelo.
- **Konsenzus** je opće slaganje koje se odlikuje odsutnošću razlika u bitnim pitanjima između većine zainteresiranih strana, u kojem se nastoje uzeti u obzir gledišta svih zainteresiranih strana te uskladiti oprečna stajališta.

Prema članku 3. hrvatska normizacija temelji se između ostalog i na načelu dragovoljnog sudjelovanja svih zainteresiranih strana u postupku pripreme hrvatskih norma, prihvaćanja hrvatskih norma, te dragovoljne uporabe hrvatskih norma.

Ciljevi normizacije prema članku 4. jesu:

- povećanje razine sigurnosti proizvoda i procesa, čuvanje zdravlja i života ljudi te zaštita okoliša
- promicanje kakvoće proizvoda, procesa i usluga
- osiguranje svrsishodne uporabe rada, materijala i energije
- poboljšanje proizvodne učinkovitosti, ograničenje raznolikosti, osiguranje spojivosti i zamjenjivosti
- otklanjanje tehničkih zapreka u međunarodnoj trgovini.

U člancima 5. do 8. definirano je osnivanje i djelatnost hrvatskog normirnog tijela i uvjeti za članstvo.

Vlada Republike Hrvatske osniva hrvatsko nacionalno normirno tijelo (**hrvatsko normirno tijelo**) kao **javnu ustanovu** koja će obavljati sljedeće poslove:

- pripremati, prihvaćati i izdavati hrvatske norme i druge dokumente s područja normizacije
- predstavljati hrvatsku normizaciju u međunarodnim i europskim normizacijskim organizacijama
- održavati zbirku hrvatskih norma i voditi registar hrvatskih norma

- uređivati, izdavati i raspačavati hrvatske norme, druge dokumente i publikacije s područja normizacije
- uspostavljati i održavati baze podataka o normama i drugim dokumentima iz područja normizacije te davati obavijesti o normama i drugim dokumentima
- u službenom glasilu objavljivati obavijesti o hrvatskim normama te obavijesti o drugim dokumentima s područja normizacije
- osiguravati informacije o nacionalnim, europskim i međunarodnim normama cjelokupnoj javnosti, a posebno gospodarstvu
- promicati uporabu hrvatskih norma
- obavljati druge poslove u skladu s aktom o osnivanju, propisima i međunarodnim ugovorima koji obvezuju Republiku Hrvatsku.

Ustrojstvo, ovlasti i način odlučivanja te druga pitanja od značenja za obavljanje djelatnosti i poslovanje hrvatskoga normirnog tijela uređuju se statutom sukladno zakonu i aktu o osnivanju hrvatskoga normirnog tijela.

U člancima 6. do 8. utvrđuju se uvjeti za članstvo, odnosno utvrđuje tko može biti član **stručnog vijeća hrvatskog normirnog tijela** te plaćanje članarine. Sastav i poslovi stručnog vijeća kao i pitanja u svezi s postankom i prestankom članstva u hrvatskome normirnom tijelu detaljnije će se utvrditi statutom sukladno zakonu. Visina članarine i način njezina plaćanja uredit će se općim aktom hrvatskoga normirnog tijela.

Priprema, prihvaćanje i izdavanje hrvatskih normi utvrđeni su u člancima 9. do 12. Prema tim člancima:

- normirno tijelo izdaje glasilo u kojem se objavljuje sve što je vezano uz norme
- hrvatske norme označuju se pisanom oznakom HRN
- pri izradbi hrvatskih norma uzimaju se u obzir međunarodne norme, europske norme ili nacionalne norme drugih zemalja u skladu s međunarodnim ugovorima
- hrvatske se norme izdaju kao posebne publikacije i zaštićene su u skladu sa zakonom, nacionalnim propisima i međunarodnim propisima o autorskim pravima
- sva autorska prava i prava korištenja normi pripadaju hrvatskom normirnom tijelu zabranjeno je umnožavanje ili raspačavanje dijelova ili cjeline koje hrvatske norme bez suglasnosti hrvatskoga normirnog tijela
- sukladnost određenoga proizvoda, procesa ili usluge s hrvatskom normom može se potvrditi izjavom o sukladnosti, potvrdom (certifikatom) o sukladnosti ili oznakom sukladnosti.

U članku 13. utvrđuje se način financiranja hrvatskog normirnog tijela. Prema tome ono ostvaruje sredstva za rad:

- prodajom normi, normizacijskih dokumenata i drugih publikacija
- članarinom
- naplatama za usluge
- iz državnoga proračuna i
- iz drugih izvora.

U prijelaznim i završnim odredbama utvrđuje se da hrvatske vojne norme s oznakom »HRVN« te propise o načinu izda-

vanja i objave hrvatskih vojnih normi, sadržaju, uvjetima i načinu primjene hrvatskih vojnih normi te postupku za utvrđivanje sukladnosti i obavljanja nadzora u području proizvodnje vojnog naoružanja i opreme utvrđuje i donosi ministar obrane.

Prema članku 15. Vlada Republike Hrvatske donijet će akt o osnivanju hrvatskoga normirnog tijela i imenovati privremenog ravnatelja najkasnije do 30. rujna 2004.

Također i da Hrvatsko normirno tijelo počinje s radom 1. siječnja 2005.

Prema članku 17. osnivač osigurava hrvatskomu normirnom tijelu potrebne prostorije za rad, a hrvatsko normirno tijelo preuzima od Državnog zavoda za normizaciju i mjeriteljstvo materijalna sredstva i opremu koja je namijenjena za provedbu zadataka u području normizacije i one djelatnike koji obavljaju zadatke u području normizacije.

Do početka rada hrvatskoga normirnog tijela njegove poslove obavlja Državni zavod za normizaciju i mjeriteljstvo.

SBK

## ZAKON O MJERITELJSTVU

Novi zakon o mjeriteljstvu objavljen je u Narodnim novinama broj 123 od 16. listopada 2003. godine.

Danom stupanja na snagu ovoga Zakona prestaje vrijediti Zakon o mjeriteljskoj djelatnosti (NN 11/94 i 37/94) i Zakon o mjernim jedinicama NN 53/94), osim odredbe članka 4. koja prestaje vrijediti kad se donese novi Zakon o mjernim jedinicama.

U 82. članka ovog Zakona uređuje se jedinstveni mjeriteljski sustav koji obuhvaća temeljno, tehničko i zakonsko mjeriteljstvo. Osim toga Zakon obuhvaća:

- tijela u području zakonskog mjeriteljstva
- mjerne jedinice
- način financiranja i plaćanja naknada te
- mjeriteljsku inspekciju.

U članku 1. objašnjavaju se termini korišteni u ovom Zakonu kao što su temeljno, tehničko i zakonsko mjeriteljstvo:

- Temeljno mjeriteljstvo je dio mjeriteljstva koje istražuje stalnice prirodnih pojava i čiji je zadatak uspostava državnih etalona mjernih jedinica međunarodnog sustava jedinica, uspostave sljedivosti i jedinstvenosti mjerenja u Republici Hrvatskoj usporedbom s međunarodnim etalonima te razvoj novih mjernih metoda.
- Tehničko mjeriteljstvo je dio mjeriteljstva kojim se uspostavlja sljedivost rezultata mjerenja.
- Zakonsko mjeriteljstvo obuhvaća dio mjeriteljstva uređen zakonom i drugim propisima radi uspostave povjerenja u rezultate mjerenja u područjima primjene zakonitih mjerila.

Za izraze i pojmove koji nisu utvrđeni u ovom Zakonu i propisima mjerodavne su definicije objavljene u Međunarodnom rječniku osnovnih i općih naziva u metrologiji, (International vocabulary of basic and general terms in metrology) – hrvatsko izdanje Državnog zavoda za normizaciju i mjeriteljstvo (članak 3.).

Osnovni ciljevi Zakona jesu (članak 2.):

- poticanje slobodne trgovine i uklanjanja mogućih prepreka u toj trgovini
- ujednačivanje sustava zakonitih mjernih jedinica s međunarodno dogovorenim sustavom mjernih jedinica

- uspostava sustava državnih etalona i osiguranja njihove sljedivosti do međunarodnih etalona
- uspostava mjernog jedinstva u Republici Hrvatskoj i uspostava povjerenja u rezultate mjerenja provedenih radi zaštite potrošača, života i zdravlja ljudi i životinja, zaštite okoliša, opće sigurnosti i zaštite prirodnih resursa.

Javnosti su dostupni rezultati mjerenja koji su provedeni na zahtjev državnih tijela ili za potrebe državnih tijela, a koji se odnose na zdravlje, javnu sigurnost, okoliš i gospodarstvo (članak 4.).

Nadalje se utvrđuju tijela u području zakonskog mjeriteljstva, tj. tijela koja obavljaju poslove u zakonskom mjeriteljstvu (članak 5.):

- Državni zavod za normizaciju i mjeriteljstvo
- ovlaštene pravne osobe i
- ovlaštene servisi za pripremu mjerila za ovjeravanje.

Državni zavod za normizaciju i mjeriteljstvo obavlja ove poslove (članak 6.):

- rješava u upravnim stvarima iz područja mjeriteljstva
- priprema nacrt zakona iz područja mjeriteljstva
- donosi podzakonske akte za provođenje ovih zakona
- proglašava državne etalone, obavlja upravne i stručne poslove u svezi s državnim etalonima, usklađuje rad nacionalnih umjernih laboratorija
- ovlašćuje pravne osobe za provedbu postupaka potvrđivanja sukladnosti mjerila, pakovina i boca kao mjernih spremnika za pakirane proizvode (u daljnjem tekstu: boca kao mjerni spremnik) s propisima, za provedbu ovjeravanja zakonitih mjerila, za provedbu službenih mjerenja te pripremu mjerila za ovjeravanje
- provodi postupke priznavanja osovoda i znakova o usklađenosti mjerila, pakovina i boca kao mjernih spremnika s propisima, izdanih u inozemstvu
- provodi umjeravanje etalona i mjerila za potrebe zakonskog mjeriteljstva, ispitivanje sukladnosti mjerila i pakovina s propisima, tipno ispitivanje mjerila, ovjeravanje zakonitih mjerila, provodi službena i ekspertna mjerenja
- nadzire zakonitost rada ovlaštenih osoba, dobavljača zakonitih mjerila i pakovina, ovlaštenih servisa te korisnika zakonitih mjerila
- prati i nadzire stanje u mjeriteljskoj djelatnosti i poduzima mjere za kvalitetno obavljanje djelatnosti
- nadzire rad ovlaštenih mjeritelja u obavljanju mjeriteljske djelatnosti
- brine se o stručnom osposobljavanju mjeritelja i mjeriteljskih inspektora
- usklađuje i daje smjernice za rad mjeriteljskih inspektora i za provođenje određenih propisa i mjera
- pruža pomoć građanima, ovlaštenim mjeriteljima i pravnim osobama u provođenju propisa i mjera iz mjeriteljske djelatnosti
- predstavlja Republiku Hrvatsku u međunarodnim mjeriteljskim organizacijama, osigurava izvršenje zadaća koje proizlaze iz članstva u tim organizacijama, koordinira sudjelovanje drugih tijela, pravnih i fizičkih osoba u izvršenju tih zadaća kao i zadaća na temelju međunarodnih sporazuma u području mjeriteljstva, koji obvezuju Republiku Hrvatsku
- izdaje Službeno glasilo
- vodi propisane evidencije.

Za obavljanje pojedinih stručnih poslova iz područja mjeriteljstva Vlada Republike Hrvatske može osnovati neovisno tijelo.

Prema člancima 7. i 8. određene poslove za pripremu mjerila za ovjeravanje mogu obavljati i ovlaštene pravne osobe i ovlaštene servisi. Ravnatelj Zavoda propisat će tehničke i mjeriteljske zahtjeve za ovlašćivanje servisa.

Vlada Republike Hrvatske (članak 9.), na prijedlog ravnatelja Zavoda osniva **Mjeriteljski savjet** sa zadaćom da:

- djeluje kao stručno savjetodavno tijelo
- savjetuje pri utvrđivanju mjeriteljskih potreba Republike Hrvatske
- predlaže znanstvene i obrazovne aktivnosti u području mjeriteljstva.

Stručne i tehničke poslove za potrebe Savjeta obavlja Zavod.

U Republici Hrvatskoj primjenjuju se mjerne jedinice **Međunarodnog sustava jedinica** (u nastavku teksta: **SI**), **decimalne jedinice**, **iznimno dopuštene jedinice izvan SI i složene mjerne jedinice** (članak 10.).

U temeljno mjeriteljstvo spadaju državni etaloni (članak 11.). Državni etaloni su sljedivi do međunarodnih etalona ili nacionalnih etalona drugih država s odgovarajućom mjeriteljskom kakvoćom.

Nacionalni umjerni laboratorij razvija, održava i primjenjuje državni etalon, obavlja poslove nacionalnoga umjernog laboratorija za određenu veličinu (članak 12.)

U području tehničkog mjeriteljstva obavlja se umjeravanje etalona i mjerila, odnosno potvrđuje usklađenost mjerila s tehničkim specifikacijama te potvrđuju značajke referencijskih tvari (članak 13.).

Umjeravanje etalona je postupak uspoređivanja mjeriteljskih značajki etalona niže mjeriteljske razine s etalonima više mjeriteljske razine radi određivanja vrijednosti etalona (članak 14.).

U poglavlju o zakonskom mjeriteljstvu u člancima 16. do 34. utvrđuje se što su zakonita mjerila, uvjeti stavljanja u promet ovih mjerila, način uporabe i obveze korisnika, odobrenje tipa mjerila, ovjeravanje, oznake i potvrde o sukladnosti te što je to službeno mjerenje.

U člancima 35. do 40. utvrđuje se ispitivanje usklađenosti i označavanje pakovina i boca kao mjernih spremnika.

Na pakiranim proizvodima koji se stavljaju u promet mora biti vidljivo označena nazivna količina punjenja u zakonskim mjernim jedinicama ili brojem komada ili na drugi način koji je propisan za označavanje količine punjenja određene pakovine (članak 38.).

U poglavlju o ovlašćivanju u člancima 41. do 47. utvrđuju se tko i koje poslove ovlašćivanja obavlja Zavod ili ovlaštena osoba, uvjeti za izdavanje i ukidanje rješenja o ovlašćivanju te obveze ovlaštene osobe.

Način i izvori financiranja utvrđeni su u člancima 48. do 51. Prema članku 48. djelatnost Zavoda za normizaciju i mjeriteljstvo financira se iz sljedećih izvora:

- iz proračuna
- iz naknade od mjeriteljske djelatnosti
- iz sredstva iz drugih izvora.

Sredstva ostvarena vlastitom djelatnošću prihod su Zavoda i upotrijebit će ih Zavod za obavljanje mjeriteljske djelatnosti u smislu odredaba ovoga Zakona koja se ne financiraju iz proračuna.

Mjeriteljski inspekcijski poslovi utvrđeni su u člancima 52. do 75. Mjeriteljske inspekcijske poslove prema godišnjem planu rada (članak 55.) obavlja inspektor (članak 53.), koji ima iskaznicu čiji je izgled i sadržaj utvrđen u članku 54. Način

rada, prava, obveze i odgovornost mjeriteljskog inspektora utvrđeni su u člancima 57. do 75.

U poglavlju o kaznenim odredbama utvrđene su novčane kazne za prekršaje za fizičke i pravne osobe te odgovorne osobe u pravnoj osobi.

Prema članku 79. u prijelaznim odredbama o provedbenim propisima propise koje je potrebno uskladiti s odredbama ovoga Zakona donosi ravnatelj Zavoda u roku od jedne godine od dana stupanja na snagu ovoga Zakona. Do stupanja na snagu ovih propisa, ostaju na snazi propisi doneseni na temelju Zakona o mjeriteljskoj djelatnosti (NN 11/94), ako nisu u suprotnosti s odredbama ovoga Zakona.

**SBK**

## **ZAKON O AKREDITACIJI**

Zakon o akreditaciji objavljen je u Narodnim novinama broj 158 od 7. listopada 2003. godine i primjenjuje se od 1. siječnja 2004. godine. Od tada prestaju vrijediti odredbe članaka 24. do 31. Zakona o normizaciji objavljenog u Narodnim novinama broj 55/96.

U općim odredbama (članci 1. do 3.) uređuje se osnivanje i djelatnost tijela koje obavlja poslove nacionalne službe za akreditaciju, određuje se područje u kojemu se provodi akreditacija te akreditacija u svezi s propisima o ocjenjivanju sukladnosti.

Pojmovi koji se koriste u Zakonu utvrđeni su u člancima 2. i 3. U smislu odredaba ovoga Zakona akreditacija je postupak kojim neovisno akreditacijsko tijelo službeno potvrđuje pravnoj ili fizičkoj osobi da je sposobna provoditi određene poslove.

Pojmovi koji se upotrebljavaju u smislu odredaba ovoga Zakona imaju sljedeće značenje (članak 3.):

- ocjenjivanje sukladnosti svaka je djelatnost kojom se neposredno ili posredno ocjenjuje jesu li ispunjeni određeni zahtjevi
- potvrda o akreditaciji je dokument na temelju kojeg se potvrđuje osposobljenost za obavljanje određenih poslova na području ocjenjivanja sukladnosti
- tehnički nadzor je provjera tehničke dokumentacije o proizvodu, ispitivanje proizvoda, procesa ili instalacije i određivanje njihove sukladnosti s posebnim zahtjevima ili, na temelju stručne prosudbe, s općim zahtjevima.

U člancima 4. do 8. utvrđuje se osnivanje akreditacijskog tijela, poslovi koje obavlja i način financiranja te područje akreditacije i akreditacija u svezi s propisima o ocjeni sukladnosti.

Prema članku 4. akreditacijsko tijelo obavlja sljedeće poslove:

- akreditiranje ispitnih i umjernih laboratorija
- akreditiranje pravnih ili fizičkih osoba za potvrđivanje proizvoda, sustava upravljanja i osoblja
- akreditiranje pravnih ili fizičkih osoba koje obavljaju tehnički nadzor ili slične radnje
- druga ocjenjivanja ili potvrđivanja osposobljenosti za provođenje postupaka ocjenjivanja sukladnosti, uključujući utvrđivanje ispunjavanja zahtjeva za ocjenjivanje sukladnosti u skladu s propisima za ocjenjivanje sukladnosti za pravne ili fizičke osobe.

Akreditacijsko tijelo sudjeluje u radu europskih i međunarodnih organizacija za akreditaciju i predstavlja Republiku Hrvatsku u tim organizacijama te u okviru svoje dje-

latnosti obavlja i druge poslove određene aktom o osnivanju i statutom, ako cilj obavljanja tih djelatnosti nije ostvarivanje dobiti.

Ustrojstvo, ovlasti i način odlučivanja te druga pitanja od značenja za obavljanje djelatnosti i poslovanje akreditacijskog tijela uređuju se statutom sukladno zakonu i aktu o osnivanju akreditacijskog tijela.

Akreditacijsko tijelo ostvaruje sredstva za rad obavljanjem svojih usluga, iz državnog proračuna, te iz drugih izvora na način i pod uvjetima utvrđenim aktom o osnivanju (članak 5.).

U prijelaznim i završnim odredbama, u člancima 9. do 15., utvrđuje se između ostalog i da će:

- Vlada Republike Hrvatske donijeti akt o osnivanju akreditacijskoga tijela i imenovati privremenog ravnatelja najkasnije do 30. rujna 2004. (članak 9.)
- do početka rada akreditacijskoga tijela njegove poslove obavljati Državni zavod za normizaciju i mjeriteljstvo (članak 10.)
- odredbe članka 24. – 31. Zakona o normizaciji (NN 55/96.) prestat će vrijediti danom primjene ovoga Zakona (članak 14.)
- primjenjivati se od 1. siječnja 2005. (članak 15.).

**Pravilnik o utvrđivanju visine i načina plaćanja naknada za pokriće troškova u postupku ovlašćivanja (akreditacije)** objavljen je u Narodnim novinama broj 44. od 16.5.2001. Ovim se pravilnikom utvrđuje visina i način plaćanja naknada za pokriće troškova u postupku ovlašćivanja (akreditacije) laboratorija i pravnih osoba za provedbu potvrđivanja (certifikacije) u skladu sa zahtjevima utvrđenim u normama niza HRN EN 45000, odnosno HRN EN ISO/IEC 17000, a koje podnositelji zahtjeva plaćaju Državnom zavodu za normizaciju.

SBK

## ZAKON O OPĆOJ SIGURNOSTI PROIZVODA

Zakon je objavljen u Narodnim novinama broj 158. od 7. listopada 2003. godine.

Prema općim odredbama ovim se Zakonom uređuje opća sigurnost proizvoda koji se stavljaju na tržište, ali se ne primjenjuje na rabljene proizvode (članci 1. i 2.).

U članku 3. utvrđeno je da pojmovi koji se upotrebljavaju u smislu odredaba ovoga Zakona imaju sljedeće značenje:

- (a) **Proizvod** označuje bilo koji proizvod, uključujući i proizvod u okviru pružanja usluga, koji je namijenjen potrošačima ili koji bi u razumno predvidljivim uvjetima potrošači mogli upotrijebiti, čak i ako im nije namijenjen, te koji je isporučen ili dostupan, uz plaćanje ili besplatno, u okviru kakve trgovačke djelatnosti, bez obzira na to je li nov, rabljen ili popravljen.
- (b) **Sigurni proizvod** označuje bilo koji proizvod koji u normalnim ili razumno predvidljivim uvjetima uporabe, uključujući trajanje i po potrebi stavljanje u uporabu, zahtjeve za ugradbu i održavanje, ne predstavlja nikakav rizik ili samo najmanji rizik spojiv s uporabom proizvoda te koji se smatra prihvatljivim i sukladnim s visokom razinom zaštite sigurnosti i zdravlja ljudi, posebno uzimajući u obzir sljedeće elemente:
  - značajke proizvoda, osobito njegov sastav, pakiranje, upute za sklapanje te po potrebi ugradbu i održavanje
  - utjecaj nekoga proizvoda na druge proizvode u slučaju kad se razumno može predvidjeti da će se on upotrebljavati s drugim proizvodima

- predstavljanje proizvoda, njegovo označivanje, upozorenja i upute za njegovu uporabu i uklanjanje i sve druge oznake ili obavijesti koje se odnose na taj proizvod

- kategorije potrošača izloženih riziku kad upotrebljavaju određeni proizvod, osobito djeca i starije osobe

Mogućnost postizanja visoke razine sigurnosti ili dostupnost drugih proizvoda koji predstavljaju manji rizik ne čini dostatan razlog da se neki proizvod smatra opasnim.

- (c) **Opasni proizvod** je svaki proizvod koji nije sukladan s definicijom iz točke (b) stavka 1. ovoga članka.

- (d) **Ozbiljni rizik** označuje svaki rizik koji zahtijeva brzo djelovanje državnih vlasti, uključujući i rizik čije posljedice nisu trenutačne.

- (e) **Proizvođač** označuje:

- proizvođača proizvoda kad je on registriran u Republici Hrvatskoj i svaku drugu osobu koja se predstavlja kao proizvođač stavljanjem na proizvod svojega imena, svojega zaštitnog znaka ili kojega drugog razlikovnog znaka, ili onaj koji dorađuje proizvod

- predstavnika proizvođača kad proizvođač nije registriran u Republici Hrvatskoj ili kad nema predstavnika registriranog u Republici Hrvatskoj, uvoznika proizvoda

- druge osobe u opskrbnome lancu, u mjeri u kojoj njihove djelatnosti mogu utjecati na sigurnosne značajke proizvoda.

- (f) **Raspačavač (distributer)** označuje svaku osobu u opskrbnome lancu čija djelatnost ne utječe na sigurnosne značajke proizvoda.

- (g) **Povlačenje proizvoda** označuje svaku mjeru usmjerenu na vraćanje opasnoga proizvoda kojega je proizvođač ili raspačavač već isporučio potrošaču ili ga učinio dostupnim potrošaču.

- (h) **Sprječavanje raspačavanja (distribucije)** označuje svaku mjeru usmjerenu na sprječavanje raspačavanja i izlaganja proizvoda te nudenje proizvoda potrošačima.

Opći sigurnosni zahtjevi za proizvode utvrđeni su u člancima 4. i 5.

Prema članku 4. proizvod se smatra sigurnim:

- kad ispunjava sve zahtjeve sadržane u tehničkim propisima koji se na njega odnose
- ako nema odgovarajućih tehničkih propisa, kad ispunjava zahtjeve hrvatskih norma kojima su preuzete europske norme, čiji je popis objavljen u Narodnim novinama
- ako nema odgovarajućih tehničkih propisa ili norma iz prethodnog podstavka, kad je sukladan s hrvatskim normama koje nisu usklađene s europskim normama, odnosno s pravilima tehnike, te pravilima kojima se na uobičajen način štiti sigurnost i zdravlje korisnika.

Obveza proizvođača i raspačavača prema članku 6. je da obavijesti potrošače i druge korisnike priloženim uputama za uporabu i drugim potrebnim obavijestima.

Prema članku 7. nadzor nad ispunjavanjem ovog Zakona obavljaju inspekcijaska tijela, odnosno inspektori koji su ovlašteni da za proizvod koji ne odgovara propisanim zahtjevima i nemaju propisanu popratnu dokumentaciju (upute za upotrebu) zabrane njegovo stavljanje na tržište.

Prema članku 8. Vlada Republike Hrvatske uredbom će propisati sadržaj i postupak obavješćivanja drugih tijela državne uprave, međunarodnih subjekata i javnosti o rizicima koji mogu predstavljati proizvodi za zdravlje i sigurnost ljudi, o stavljanju tih proizvoda na tržište, odnosno o mjerama poduzetim za njihovo povlačenje s tržišta.

U članku 9. propisuju se novčane kazne za nepoštivanje ovog Zakona za pravne i fizičke osobe te za odgovorne osobe u pravnoj osobi. Kazne se kreću od dvije tisuće do sto tisuća kuna.

Prema članku 10. Vlada Republike Hrvatske donijet će uredbu iz članka 8. ovoga Zakona u roku od 6 mjeseci od dana stupanja na snagu ovoga Zakona.

SBK

## ZAKON O TEHNIČKIM ZAHTJEVIMA ZA PROIZVODE I OCJENI SUKLADNOSTI

Zakon je objavljen u narodnim novinama broj 158. od 7. listopada 2003. godine.

Danom stupanja na snagu ovoga Zakona prestaju vrijediti odredbe članka 1., 3. – 8., 13. – 23., i 32. – 58. Zakona o normizaciji (NN 55/96).

Ovim se Zakonom uređuje način propisivanja tehničkih zahtjeva za proizvode i postupaka ocjene sukladnosti s propisanim zahtjevima te donošenje tehničkih propisa kojima nadležni ministri i ravnatelji državnih upravnih organizacija (u daljnjemu tekstu: čelnici tijela državne uprave), na temelju ovoga Zakona, za pojedine proizvode, odnosno skupine proizvoda podrobnije uređuju najmanje jedan od sljedećih elemenata:

- tehničke zahtjeve koje moraju zadovoljiti proizvodi koji se stavljaju na tržište i/ili uporabu
- prava i obveze pravnih i fizičkih osoba koje stavljaju proizvode na tržište i/ili uporabu
- postupke ocjene sukladnosti s propisanim zahtjevima
- prava i obveze tijela koja provode postupke ocjene sukladnosti proizvoda s tehničkim zahtjevima (u nastavku teksta: tijela za ocjenu sukladnosti)
- dokumente (npr. potvrde, tehničku dokumentaciju i slično) koji moraju biti dostupni nadležnim tijelima prije stavljanja proizvoda na tržište i/ili uporabu
- način označavanja proizvoda.

Također se uređuje i nadzor nad ispunjavanjem zahtjeva iz tehničkih propisa te valjanost dokumenata o sukladnosti i znakova sukladnosti izdanih u inozemstvu.

U smislu odredaba ovoga Zakona upotrebljavat će se ove definicije:

- **Proizvod** je bilo koji predmet koji je projektiran, proizveden ili na koji drugi način dobiven, neovisno o stupnju njegove preradbe, a namijenjen je stavljanju na tržište.
- **Proizvođač** je svaka fizička ili pravna osoba koja je odgovorna za projektiranje i proizvodnju nekog proizvoda ili njegovo predstavljanje ili koja mijenja, temeljito preinačuje ili prerađuje proizvod radi njegova stavljanja na tržište ili stavljanja u uporabu.
- **Stavljanje proizvoda na tržište** trenutak je kada proizvod prvi put iz faze proizvodnje ili uvoza prelazi u fazu distribucije, uz naplatu ili besplatno, odnosno kada proizvod prvi put iz faze proizvodnje i uvoza prelazi u fazu stavljanja u rad, uz naplatu ili besplatno, to jest nakon završene ugradbe, ili u fazu uporabe kao roba namijenjena za prodaju i stavljanje u rad za potrebe drugih osoba ili za vlastite potrebe. Ova se definicija ne odnosi na proizvode koji se proizvode ili uvoze radi prodaje na inozemnom tržištu.
- **Stavljanje proizvoda u uporabu** je trenutak prve uporabe proizvoda u Republici Hrvatskoj od strane krajnjeg korisnika.

- **Nadzor nad tržištem** sastoji se od metoda, postupaka i radnja nadležnih tijela koje su potrebne kako bi se osiguralo da proizvodi na tržištu zadovoljavaju zahtjeve koji se na njih odnose, da imaju potrebne oznake sukladnosti te da su praćeni potrebnom tehničkom dokumentacijom.
- **Uskladena europska norma** je tehnička specifikacija koja služi kao potpora za zadovoljavanje temeljnih zahtjeva smjernica novoga pristupa, a koju su prihvatile europske normirne organizacije na temelju ovlaštenja koje im je dalo Povjerenstvo.
- **Akreditacija** je postupak kojim mjerodavno tijelo službeno priznaje da je koje tijelo ili osoba sposobna za obavljanje određenih zadataka.
- **Ocjena sukladnosti proizvoda** je svaka radnja koja se odnosi na izravno ili neizravno utvrđivanje jesu li ispunjeni odgovarajući tehnički zahtjevi za proizvode.
- **Tijelo za ocjenu sukladnosti** je o dobavljaču neovisni laboratorij, potvrdbeno tijelo, nadzorno ili drugo tijelo koje sudjeluje u postupku ocjenjivanja sukladnosti.
- **Tehnički propis** je propis u kojem se tehnički zahtjevi daju izravno ili upućivanjem na normu, tehničku specifikaciju ili upute za primjenu ili pak uključivanjem sadržaja tih dokumenata.

U člancima 4. i 5. utvrđuje se propisivanje tehničkih zahtjeva. Prema tim člancima

tehničkim propisima odredit će se obveze pravnih i fizičkih osoba koje stavljaju proizvode na tržište i/ili u uporabu s obzirom na njihovu sigurnost, zaštitu zdravlja ljudi i domaćih životinja te zaštitu okoliša i drugo što je odlučno za uređivanje područja na koje se tehnički propis odnosi (članak 4.).

Čelnici tijela državne uprave u skladu s ovim Zakonom utvrđenim ovlastima donosit će tehničke propise kojima propisuju tehničke zahtjeve za proizvode ili skupine proizvoda (članak 5.).

Tehničke propise donose sukladno provedbenom programu kojeg donosi Vlada Republike Hrvatske na prijedlog ministra nadležnog za gospodarstvo.

Kod donošenja tehničkih propisa uzimat će se u obzir međunarodna načela i preuzete obveze iz dvostranih i višestranih sporazuma radi sprječavanja nepotrebnih zapreka u međunarodnoj trgovini.

Popis hrvatskih normi objavljuje tijelo državne uprave, nadležno za donošenje tehničkog propisa, u Narodnim novinama.

Postupci ocjene sukladnosti utvrđeni su u člancima 6. do 8.

Prema članku 7. na proizvode koji su sukladni s propisanim tehničkim zahtjevima mora se staviti propisana oznaka sukladnosti. Oblik, sadržaj i izgled oznake sukladnosti provedbenim propisom propisuje ministar nadležan za gospodarstvo.

Tehničkim propisom odredit će se postupak ocjene sukladnosti za svaku skupinu proizvoda na koju se propis odnosi.

U člancima 9. do 12. utvrđuju se tijela za ocjenu sukladnosti i zahtjevi koje moraju zadovoljiti. Valjanost dokumenata i znakova sukladnosti izdanih u inozemstvu propisana je u članku 13., dok članci 14. i 15. propisuju inspekcijski nadzor i ovlaštenja. Članak 16. utvrđuje novčane kazne za pravne i fizičke osobe te za odgovornu osobu u pravnoj osobi. Kazne se kreću od dvije do sto tisuća kuna.

Do donošenja zakona kojim će se urediti područje homologacije, propise iz tog područja donosit će ravnatelj Državnog zavoda za normizaciju i mjeriteljstvo (članak 17.).

Vlada Republike Hrvatske donijet će provedbeni program donošenja tehničkih propisa (članak 18.) u roku od šest mjeseci od dana stupanja na snagu ovoga Zakona.

SBK

## ZAKON O GRADNJI

Novi Zakon o gradnji objavljen je u Narodnim novinama broj 175 od 4. studenog 2003. godine. Donošenjem ovog Zakona prestaje vrijediti Zakon o gradnji (NN 52/99., 75/99., 117/01. i 47/03.).

Do donošenja novog pravilnika o obveznom sadržaju i elementima projekta, načinu opremanja, uvjetima promjene sadržaja, označavanju projekta, načinu i značenju ovjere projekta od strane odgovornih osoba kao i načinu razmjene elektroničkih zapisa primjenjuju se odredbe članka 39. stavka 3. i članka 40. Zakona o gradnji (NN 52/99., 75/99., 117/01. i 47/03.).

Ovaj Zakon stupa na snagu 1. siječnja 2004.

Prema općim odredbama (članak 1.) ovim se Zakonom uređuje projektiranje, građenje, uporaba i uklanjanje građevine, tehnička svojstva, uporabljivost i promet građevnih proizvoda, ustrojstvo građevinske inspekcije, određuju se bitni zahtjevi i drugi uvjeti za građevinu, uređuje se provedba upravnih i drugih postupaka te prava i obveze tijela državne uprave, pravnih i fizičkih osoba s tim u vezi.

Odredbe ovoga Zakona ne odnose se na projektiranje, građenje i uklanjanje rudarskih objekata i postrojenja određenih posebnim zakonom.

Radi lakšeg razumijevanja ovog Zakona daju se objašnjenja pojmova. Pojedini pojmovi uporabljeni u ovom Zakonu (članak 4.) imaju sljedeće značenje:

- **projektiranje** jest izrada projekata čija je obveza izrade propisana ovim Zakonom
- **građenje** jest izvođenje radova (pripremnih radova, zemljanih radova, radova na izradi građevinskih konstrukcija, građevinsko-instalaterskih radova, građevinsko-završnih radova, radova na ugradnji građevnih proizvoda, ugradnji postrojenja ili opreme, te drugih radova) radi podizanja nove građevine, rekonstrukcije, adaptacije i održavanja uporabljive građevine ili radi promjene stanja u prostoru
- **rekonstrukcija** jest izvođenje radova kojima se utječe na ispunjavanje bitnih zahtjeva za uporabljivu građevinu i kojima se mijenja usklađenost građevine s lokacijskim uvjetima u skladu s kojima je izgrađena (dograđivanje, nadograđivanje, uklanjanje vanjskog dijela građevine, izvođenje radova radi promjene namjene građevine ili tehnološkog procesa i sl.)
- **adaptacija** jest sanacija i svako drugo izvođenje radova kojima se utječe na ispunjavanje bitnih zahtjeva za uporabljivu građevinu, ali kojim se radovima ne mijenja usklađenost građevine s lokacijskim uvjetima u skladu s kojima je izgrađena
- **održavanje** jest izvođenje radova radi očuvanja bitnih zahtjeva za građevinu tijekom njezinog trajanja, kojima se ne mijenja usklađenost građevine s lokacijskim uvjetima u skladu s kojima je građevina izgrađena
- **građevina** jest sve što je nastalo građenjem i povezano je s tlom, a sastoji se od građevnog sklopa ili građevnog sklopa i ugrađenog postrojenja, odnosno opreme koji zajedno čine tehničko-tehnološku cjelinu, kao i samostalna postro-

jenja povezana s tlom, te objekti povezani s tlom koji nisu nastali građenjem, ako se njime mijenja način korištenja prostora

- **složena građevina** jest skup međusobno funkcionalno i/ili tehnološki povezanih građevina
- **obiteljska kuća** jest građevina stambene namjene na zasebnoj građevinskoj čestici s najviše dva stana, koja nema više od podruma i tri nadzemne etaže namijenjene stanovanju, te čija građevinska (bruto) površina ne prelazi 400 m<sup>2</sup>, a u koju površinu se uračunava i površina pomoćnih građevina (garaža, kotlovnica, drvarnica, spremišta, gospodarskih građevina i slično) ako se grade na istoj građevnoj čestici. Nadzemnom etažom smatra se i tavanska etaža namijenjena stanovanju
- **jednostavna građevina** jest ona koja sadrži jednostavnu nosivu konstrukciju i za koju je nužna samo provjera ispunjavanja bitnog zahtjeva mehaničke otpornosti i stabilnosti
- **privremena građevina** jest građevina izgrađena za potrebe gradilišta, za primjenu odgovarajuće tehnologije građenja, za potrebe održavanja sajмова, javnih manifestacija i slično
- **građevni sklop** jest skup svrhovito povezanih građevnih proizvoda uključujući i građevinske instalacije i opremu koja nije izravno povezana s tehnološkim procesom
- **građevni proizvod** jest bilo koja stvar koja je proizvedena, izdvojena ili na drugi način dobivena, neovisno o stupnju prerade, a namijenjena je za građenje
- **tehnička** specifikacija jest norma na koju upućuje tehnički propis, te tehničko dopuštenje
- **postrojenje** jest skup svrhovito povezane opreme koja služi obavljanju tehnološkog ili drugog procesa kojemu je namijenjena građevina
- **oprema** jesu pojedinačni uređaji, strojevi, procesne instalacije i drugi proizvodi od kojih se sastoji postrojenje ili su samostalno ugrađeni u građevinu i služe tehnološkom ili drugom procesu kojemu je namijenjena građevina
- **ugradnja** jest postupak kojim je namijenjena proizvodnja, instalacije, oprema ili postrojenja povezuju i postaju sastavnim dijelom građevine, te se bez izvođenja radova ili utjecaja na bitne zahtjeve za građevinu ne mogu ukloniti iz građevine
- **pripremnih radova** jesu građenje privremenih građevina i izvođenje drugih radova radi organizacije i uređenje gradilišta, te omogućavanje primjene odgovarajuće tehnologije građenja
- **gradilište** jest prostor, uključujući i privremeno zauzeti prostor, na kojemu se gradi, rekonstruira, adaptira, izvode radovi na održavanju ili uklanjanju građevina, kao i prostor potreban za omogućavanje primjene odgovarajuće tehnologije građenja
- **uklanjanje građevine** ili njezina dijela jest izvođenje radova kojima se ruši ili rastavlja građevina ili njezin dio, radi njenog uklanjanja s mjesta gdje se nalazi, a koje izvođenje radova uključuje i zbrinjavanje zatečenog otpada u građevini i na građevnoj čestici, građevinskog materijala i otpada nastalog rušenjem, odnosno rastavljanjem građevine, te dovođenje građevinske čestice odnosno zemljišta na kojemu se je nalazila građevina u uredno stanje
- **uporabljiva građevina** jest ona građevina za koju je izdana uporabna dozvola, građevina za koju se ne izdaje uporabna dozvola ako je izgrađena na temelju i u skladu s potvrđenim glavnim projektom ili drugim odgovarajućim aktom tijela državne vlasti i svaka druga građevina koja je prema ovom Zakonu s njom izjednačena



- **lokacijski uvjeti** su uvjeti određeni lokacijskom dozvolom, izvodom iz prostornog plana ili na drugi način u skladu s kojima se prema posebnom zakonu provode zahvati u prostoru.

Osim općeg dijela Zakon se sastoji od cjelina u kojima se utvrđuju kako slijedi:

- bitni zahtjevi za građevinu, drugi uvjeti za građevinu i tehnička svojstva građevnih proizvoda
- dokazivanje uporabljivosti i stavljanje u promet građevnih proizvoda
- sudionici u gradnji
- projekti
- građenje građevine
- uporaba građevine
- uklanjanje građevine
- inspekcijski nadzor
- upravi nadzor
- kaznene odredbe.

Bitni zahtjevi za građevinu, drugi uvjeti za građevinu i tehnička svojstva građevnih proizvoda utvrđeni su u člancima 6. do 23. Obuhvaćena je:

- mehanička otpornost i stabilnost
- zaštita od požara
- higijena, zdravlje i zaštita okoliša
- sigurnost u korištenju
- zaštita od buke
- ušteda energije i toplinska zaštita
- odstupanje od bitnih zahtjeva za građevinu
- nesmetan pristup i kretanje u građevini
- tehnička svojstva građevnih proizvoda
- tehnički propisi
- tehničko dopuštenje
- strano tehničko dopuštenje.

Dokazivanje uporabljivosti i stavljanje u promet građevnih proizvoda utvrđeno je u člancima 24. do 31., što obuhvaća:

- postupak ocjenjivanja sukladnosti
- isprave o sukladnosti
- tehničke upute i znak sukladnosti
- strane isprave i znakovi o sukladnosti i strani dokumenti o radnjama dokazivanja sukladnosti.

Sudionici u gradnji utvrđeni su u člancima 32. do 61. Prema članku 32. sudionici u gradnji jesu:

- investitor
- projektant
- revident
- izvođač
- nadzorni inženjer.

Značenje i funkcija investitora utvrđeni su u člancima 33. i 34.

Prema članku 33. investitor je pravna ili fizička osoba u čije ime se gradi građevina.

Projektiranje, kontrolu i nostrifikaciju projekata, građenje i stručni nadzor građenja investitor mora povjeriti osobama koje zadovoljavaju uvjete za obavljanje tih djelatnosti propisane ovim Zakonom, ako ovim Zakonom nije propisano drukčije.

Investitor je dužan osigurati stručni nadzor građenja građevine ako ovim Zakonom nije propisano drukčije.

Investitor koji je ujedno i izvođač mora stručni nadzor građenja povjeriti drugoj osobi koja zadovoljava uvjete za obavljanje stručnog nadzora građenja propisane ovim Zakonom.

U člancima 35. i 36. utvrđena je funkcija projektanta. Prema članku 35. Projektant je fizička osoba ovlaštena za projektiranje prema posebnom Zakonu i propisima donesenim na temelju toga Zakona.

Projektant je odgovoran da projekti koje izrađuje zadovoljavaju propisane uvjete, a naročito da projektirana građevina ispunjava bitne zahtjeve i druge uvjete za građevinu, te da je projektirana u skladu s lokacijskim uvjetima određenim prema posebnom Zakonu.

Prema članku 36. ako u projektiranju sudjeluje više projektanata, za cjelovitost i međusobnu usklađenost projekata odgovoran je glavni projektant.

Glavni projektant tijekom projektiranja osigurava i koordinira primjenu propisa kojima se uređuje sigurnost i zdravlje radnika.

U člancima 37. do 42. definiran je pojam, obveze i funkcija izvođača radova. Prema članku 37. izvođač je osoba koja gradi ili izvodi pojedine radove na građevini i koja je registrirana za obavljanje te djelatnosti. Izvođač imenuje inženjera gradilišta ili voditelja radova u svojstvu odgovorne osobe koja vodi građenje (članak 40.), a ukoliko sudjeluje u gradnji više izvođača investitor jednog određuje za glavnog inženjera gradilišta. Za glavnog inženjera gradilišta i inženjera gradilišta (članak 41.) može se imenovati diplomirani inženjer, odnosno inženjer odgovarajuće struke s najmanje pet godina radnog iskustva u struci i s položenim stručnim ispitom kako je to utvrđeno u članku 61. ovog Zakona.

U člancima 43. do 46. utvrđena je funkcija nadzornog inženjera. Prema članku 43. ovog Zakona nadzorni inženjer je fizička osoba ovlaštena za provedbu stručnog nadzora građenja prema posebnom zakonu i propisima donesenim na temelju tog zakona, koji se provodi u ime investitora.

U provedbi stručnog nadzora građenja nadzorni inženjer dužan je prema članku 44. :

- nadzirati građenje tako da bude u skladu s građevinskom dozvolom, projektima, ovim Zakonom i posebnim propisima
- utvrditi je li iskolčenje građevine provela osoba ovlaštena za obavljanje geodetskih poslova i ima li izvođač suglasnost za obavljanje poslova građenja
- odrediti provedbu kontrolnih postupaka u pogledu ocjenjivanja sukladnosti, odnosno dokazivanja kvalitete određenih dijelova građevine putem ovlaštene osobe koja nije sudjelovala u provedbi postupka izdavanja isprava i dokaza iz članka 39. podstavka 3. ovoga Zakona za sve izvedene dijelove građevine i za radove koji su u tijeku u slučajevima kada je ovim Zakonom, propisom donesenim na temelju ovoga Zakona, posebnim propisom ili projektom određena takva obveza
- pravodobno upoznati investitora sa svim manjkavostima, odnosno nepravilnostima koje uoči tijekom građenja, a investitora i građevinsku inspekciju i druge inspekcije o poduzetim mjerama
- sastaviti završno izvješće.

U člancima 47. i 48. utvrđuje se funkcija revidenta. Prema članu 47. revident je fizička osoba ovlaštena za kontrolu projekata. Ovlaštenje za obavljanje kontrole projekata može se dati osobi koja ima pravo na obavljanje poslova projektiranja u području koje je predmet kontrole projekta, koja je diplomirani inženjer s najmanje deset godina radnog iskustva u

projektiranju, koja je projektirala u svojstvu odgovorne osobe građevine osobite inženjerske složenosti i koja je na drugi način unaprijedila tehničku struku u području koje je predmet kontrole glede projektiranja.

Obavljanje poslova projektiranja i stručnog nadzora građenja utvrđeno je u člancima 49. do 62. Prema članku 49. pravo na obavljanje poslova projektiranja i stručnog nadzora građenja prema ovom Zakonu u svojstvu odgovorne osobe ima samo fizička osoba koja nosi strukovni naziv »ovlašteni arhitekt« i »ovlašten inženjer« sukladno posebnom propisu. Strani arhitekt ili inženjer (članak 60.) koji je član strane Komore arhitekata ili inženjera može obavljati poslove projektiranja u svojstvu odgovorne osobe i stručnog nadzora građenja u Republici Hrvatskoj ako je na natječaju stekao pravo na izvedbu natječajnog rada, pod uvjetom da dobije odobrenje Komore.

U članku 61. utvrđen je stručni ispit za obavljanje poslova graditeljstva. Osobe koje u svojstvu odgovorne osobe obavljaju poslove projektiranja, kontrole projekata, nostrifikacije, građenja građevine, stručnog nadzora građenja, osobe koje sudjeluju u radu povjerenstva za tehnički pregled, osobe koje obavljaju poslove održavanja građevina, osobe koje izdaju autorizirane podatke, odnosno izrađuju elaborate za potrebe projekata, osobe koje sudjeluju u provedbi radnji ocjenjivanja sukladnosti i izdavanja certifikata sukladnosti građevnih proizvoda te službene osobe koje vode postupke inspekcijskog nadzora, dužne su položiti stručni ispit za obavljanje poslova graditeljstva (u daljnjem tekstu: stručni ispit), te upotpunjavati i usavršavati svoje znanje.

Stručnim ispitom provjerava se poznavanje važećih propisa iz područja koja uređuje ovaj Zakon i drugih propisa značajnih za primjenu ovoga Zakona.

Program, uvjete i način polaganja stručnog ispita kao i upotpunjavanja i usavršavanja znanja osoba koje su položile ispit te njegove provjere propisuje ministar pravilnikom. Osobe koje su položile ispit ponovo polažu svake četvrte godine.

Definicija projekta, vrste, oprema i označavanje, kontrola, nostrifikacija i međusobno usklađivanje utvrđeni su u člancima 62. do 84.

Prema članku 62. projekt, ovisno o namjeni i razini razrade, mora sadržavati sve propisane dijelove, te mora biti izrađen tako da građevina izgrađena s njim u skladu ispunjava zahtjeve i uvjete koje traži ovaj Zakon. Prema namjeni i razini razrade projekti se razvrstavaju na:

- idejni projekt
- glavni projekt
- izvedbeni projekt.

**Idejni projekt** (članak 63.) skup je međusobno usklađenih nacрта i dokumenata kojima se daju osnovna oblikovno funkcionalna i tehnička rješenja građevine te prikaz smještaja građevine u prostoru.

Idejni projekt, ovisno o složenosti i tehničkoj strukturi građevine, može sadržavati i druge nacрте i dokumente ako su oni značajni za izradu glavnog projekta (opis tehnološkog postupka i tehnološke sheme, opis primjena određene tehnologije građenja, procjenu troškova radi provedbe postupaka javne nabave i sl.).

Idejni projekt zajedno s načelnom dozvolom trajno čuva tijelo koje je izdalo načelnu dozvolu i investitor, odnosno njegov pravni sljednik.

**Glavni projekt** (članak 64.) skup je međusobno usklađenih projekata kojima se daje tehničko rješenje građevine, prikaz

smještaja građevine u prostoru i dokazuje ispunjavanje bitnih zahtjeva za građevinu, kao i drugih zahtjeva iz ovoga Zakona, posebnih zakona i propisa donesenih na temelju tih zakona i tehničkih specifikacija.

Glavni projekt zajedno s građevinskom dozvolom trajno čuva tijelo koje je izdalo građevinsku dozvolu i investitor, odnosno njegov pravni sljednik.

Glavni projekt (članak 65.) sadrži građevinski projekt i geodetski projekt, a ovisno o namjeni i tehničkoj strukturi građevine sadrži i arhitektonski projekt, elektrotehnički projekt i strojarSKI projekt.

**Izvedbenim projektom** (članak 72.) razrađuje se tehničko rješenje dano glavnim projektom. Izvedbeni projekt mora biti izrađen u skladu s glavnim projektom.

Na temelju izvedbenog projekta pristupa se građenju građevine, provodi se inspekcijski postupak i donosi odluka u upravnom postupku izdavanja uporabne dozvole ako propisom donesenim na temelju ovoga Zakona nije drugačije određeno.

Izvedbeni projekt građevine sa svim ucrtanim izmjenama i dopunama sukladno stvarno izvedenim radovima (projekt izvedenog stanja) dužan je čuvati investitor, odnosno njegov pravni sljednik za sve vrijeme dok građevina postoji.

Opremanje i označavanje projekta utvrđeno je u članku 74. Projekti, odnosno njihovi dijelovi moraju biti izrađeni na način koji osigurava njihovu jedinstvenost s obzirom na građevinu za koju su izrađeni (ime projektanta, tvrtka, osobe registrirane za poslove projektiranja, naziv građevine, ime ili tvrtka investitora, datum izrade i dr.).

Projekti, odnosno njihovi dijelovi izrađuju se na papiru, drugom odgovarajućem materijalu za pisanje, odnosno crtanje ili kao elektronički zapis, tako da je onemogućena promjena njihova sadržaja osim u slučaju i na način propisan pravilnikom iz članka 75. ovoga Zakona, kao i kojim je onemogućena zamjena njihovih sastavnih dijelova.

Obvezni sadržaj i elemente projekta način opremanja, uvjete promjene sadržaja, označavanja projekta, način i značenje ovjere projekta od strane odgovornih osoba kao i način razmjene elektroničkih zapisa (član 75.), propisuje ministar pravilnikom u skladu s posebnim propisima.

Kontrola glavnog projekta, sadržaj, način i opseg obavljanja kontrole, nostrifikacija projekta te usklađivanje s posebnim zakonima utvrđeno je u člancima 76. do 83.

Građenje je regulirano u člancima 84. do 128. Utvrđeni su uvjeti i postupak izdavanja građevne dozvole, nadležna tijela državne uprave, izdavanje načelne građevne dozvole, građevna dozvola za pripremne radove, način prijave početka ili nastavka građenja, uređenje gradilišta te dokumentacija na gradilištu.

Dokumentacija koju izvođač mora imati na gradilištu (članak 127.) obuhvaća:

- rješenje o upisu u sudski registar, odnosno obrtnicu
- akt o imenovanju glavnog inženjera gradilišta, inženjera gradilišta, odnosno voditelja radova
- akt o imenovanju nadzornog inženjera, odnosno glavnoga nadzornog inženjera, osim na gradilištu građevine za koju se ne provodi nadzor građenja
- građevinsku dozvolu s glavnim projektom, odnosno glavni projekt s potvrdom tijela graditeljstva
- izvedbene projekte s mišljenjem projektanta glavnog projekta i ovjere od revidenta koji je to u izvješću o obavljenoj kontroli glavnog projekta zatražio, za do tada izveden

dio građevine i građevinske i druge radove koji su u tijeku sa svim izmjenama i dopunama

- izvješća revidenata o obavljenoj kontroli ako je propisano
- građevinski dnevnik
- dokaze o sukladnosti za ugrađene građevne proizvode, dokaze o sukladnosti prema posebnom propisu za ugrađenu opremu, isprave o sukladnosti određenog dijela građevine bitnim zahtjevima iz poglavlja II. ovoga Zakona i dokaze kvalitete za koje je ovim Zakonom, posebnim propisom ili projektom određena obveza prikupljanja tijekom izvođenja građevinskih i drugih radova kao i obveza provedbe kontrolnih postupaka za do tada izveden dio građevine i građevinske i druge radove koji su u tijeku
- elaborat o iskolčenju građevine, koji je izradila i potpisala osoba registrirana za obavljanje te djelatnosti prema posebnom propisu, koji je izrađen prema glavnom projektu
- drugu dokumentaciju te dozvole i dopuštanja za koje je posebnim zakonom ili propisom donesenim na temelju tog zakona propisana obveza da ju izvođač nakon početka građenja građevine mora imati na gradilištu.

Obrazac, uvjete i način vođenja građevinskog dnevnika na gradilištu propisuje ministar pravilnikom.

Navedenu dokumentaciju nakon završetka građenja trajno čuva investitor, odnosno vlasnik građevine.

Uporaba građevine utvrđena je u člancima 129. do 148. Tu je utvrđena obveza dobivanja uporabne dozvole, postupak njenog ishoda, tehnički pregled objekta, upis objekta u zemljišne knjige, uporaba i održavanje objekta.

Postupak za ishođenje dozvole za uklanjanje građevine te izrada projekta kao i samo uklanjanje definirani su u člancima 145. do 148.

Inspekcijski nadzor, odnosno obavljanje inspekcijskih poslova, prava i dužnosti građevinskog inspektora utvrđeni su u člancima 149. do 174.

Upravni nadzor i njegova provedba utvrđeni su u člancima 175. do 178.

U kaznenim odredbama u člancima 179. do 199. utrdene su kazne za povrede ovog Zakona od strane projektanata, investitora, nadzornih inženjera i ostalih sudionika u građenju.

U prijelaznim i završnim odredbama, u člancima 200. do 225. utvrđuju se podzakonski propisi i rokovi njihova donošenja.

Prema članku 214. ministarstvo je dužno donijeti dokumente i akte koji se odnose na ovaj Zakon najkasnije u roku od dvije godine.

Što se tiče **stručnih ispita za obavljanje poslova u izgradnji** objekata i drugih odgovarajućih uvjerenja o položenom stručnom ispitu stečenih na području bivše Jugoslavije prije 8. listopada 1991. godine, prema članku 214. izjednačena su po pravnoj snazi s odgovarajućim uvjerenjima stečenim u Republici Hrvatskoj.

Uvjerenja o položenom stručnom ispitu za obavljanje poslova u izgradnji objekata stečenim u Republici Hrvatskoj smatraju se uvjerenjima o položenom stručnom ispitu za obavljanje poslova graditeljstva u smislu ovog Zakona.

Obvezni sadržaj, uvjete i način opremanja, označavanje i ovjeravanje glavnog projekta, određuje ministar pravilnikom (članak 220.).

SBK

## IZ STRANE STRUČNE LITERATURE

### NE PAKS U MAĐARSKOJ NAKON INCIDENTA

Nuklearnu elektranu Paks (slika 1.) čine četiri jedinice (ukupni kapacitet 1.860 MW) s vodenom moderiranim, vodom hlađenim reaktorima tipa VVER-440 razvijenim 1970-tih godina u bivšem Sovjetskom savezu. Osnovne karakteristike nuklearne elektrane prikazane su u donjoj tablici:

Naziv	Tip	MWe	MW	Datum sinhronizacije	Komercijalni pogon	Predviđeno zatvaranje	Godine rada
PAKS-1	VVER-440/213	430	437	28.12.1982.	15.8.1983.	15. 8.2033.	20
PAKS-2	VVER-440/213	433	441	6. 9.1984.	15.11.1984.	15.11.2034.	18
PAKS-3	VVER-440/213	435	433	28. 9.1986.	15.12.1986.	15.12.2036.	16
PAKS-4	VVER-440/213	433	444	16. 8.1987.	15.11.1987.	15.11.2037.	15

Nuklearna elektrana Paks godišnje proizvede oko 14.000 GWh, što je oko 40 % današnje ukupne električne energije koja se proizvede u Mađarskoj. Nuklearna elektrana Paks locirana je na Dunavu, 100 km južno od Budimpešte.

Nakon černobilske nesreće u nekoliko navrata poboljšana joj je sigurnosni sustav.



Slika 1. NE Paks

U travnju 2003. godine došlo je do ispuštanja manje količine radioaktivnog plina iz jedinice 2. Ispuštanje se dogodilo za vrijeme rutinskog čišćenja oksida s površine gorivih štapova kada su ovi bili predugo odloženi u rezervoar za čišćenje. Pregrijani štapovi bili su izloženi termalnom šoku kada je rezervoar bio otvoren i dodana hladna voda, ispuštajući plin u atmosferu. Prema službenicima elektrane, količina ispuštenog plina bila je manja od dopuštene. Nekih trideset sklopova bilo je toliko oštećeno da su postali neuporabljivi.

Da bi se osigurala objektivnost osnovan je nezavisni tim sastavljen od eksperata za nuklearnu energiju i radijaciju iz Međunarodne organizacije za atomsku energiju IAEA, Austrije, Kanade, Finske, Slovačke, Velike Britanije i Amerike.

Prema nalazu tima čišćenje gorivih štapova obavljala je vanjska organizacija koja to nije obavila prema sigurnosnim normama IAEA-e. Također je tim zaključio da je mađarska agencija za atomsku energiju (HAEA) podcijenila značenje sigurnosti projektiranog sustava za čišćenje goriva, što je rezultiralo lošijim pregledom i procjenom nego što je bilo potrebno.

Što se tiče samog procesa čišćenja, osoblje uključeno u taj proces nije prošlo odgovarajući trening iz područja sigurnosti ovakve specifične operacije.

IAEA tim je ustanovio da je NE Paks provela odgovarajuće mjerenje radijacije osoblja koje joj je bilo izloženo te da nije prekoračena godišnja doza izloženosti. Isto se odnosi i na okolinu. IAEA će načiniti završno izvješće mađarskoj vladi.

Iako je sve manje više u granicama dozvoljenog, posljedice propuštanja mogle bi spriječiti daljni pogon za godinu dana i više i stajati više od 200 milijuna američkih dolara.

*Power*, Vol. 147, No. 7, September 2003;  
[www.atomeromu.hu](http://www.atomeromu.hu), [www.icjt.org](http://www.icjt.org)

SBK

### KRONOLOGIJA ISPADU U EUROPI I SJEVERNOJ AMERICI

U zadnjih nekoliko mjeseci dogodio se nekoliko puta nestanak električne energije u Europi i Sjevernoj Americi koji je pogodio desetke milijuna ljudi. Nastavno se daje kronologija najtežih nestanaka električne energije koji su se dogodili u zadnjih pedesetak godina.

#### 9./10. 11. 1965.

Bez električne energije i u mraku ostali su New York, New Jersey, Pennsylvania, New England i dio Ontaria, Canada, odnosno oko 30 milijuna ljudi ostalo je bez električne energije 13 sati.

Uzrok ovom ispadu je bio kvar na visokonaponskim vodovima pri njujorškoj elektrani na Niagari.

#### 13./14. 8. 1977.

Vruće ljetne noći ostao je u mraku grad New York i susjedstvo zbog kvara na dalekovodu najvišeg napona prijenosne mreže.

#### 10. 8. 1996.

Najtoplijeg dana u godini ostalo je bez električne energije sedam država u zapadnom dijelu Amerike, odnosno oko 15 milijuna, zbog kvara na prijenosnoj mreži.

## Siječanj, 1998.

Prekid dobave električne energije pogodio je Ontario, New York i New England. Uzrok ispada je slabo pokretna ledena oluja koja je porušila oko 1000 dalekovodnih stupova visokog napona.

## 2001. godina

Naizmjenični nestanci električne energije pogodili su Kaliforniju u vrijeme velike energetske krize.

## 14. 8. 2003.

Nestanak električne energije pogodio je sjeveroistočni dio Amerike i dio Kanade te su najveći gradovi kao što su New York, Detroit, Boston, Cleveland i Ottawa ostali bez struje.

Elektroprivredne kompanije nastoje uspostaviti pogon i pronaći uzroke ispada.

## 28. 8. 2003.

Ispalo je pet londonskih elektrana na pola sata za vrijeme večernje gužve, što se smatra najvećim kvarom u zadnjih deset godina. Operatori sustava smatraju da je uzrok ispada prevelika potrošnja.

## 23. 9. 2003.

Veliki ispad pogodio je sjevernu Švedsku i istočnu Dansku, što je onemogućilo rad industrije, aerodroma, željeznice te promet preko mostova. Bez električne energije ostalo je oko pet milijuna ljudi, od čega dva milijuna u Švedskoj, a ostatak u Danskoj.

## 28. 9. 2003.

Jedan od najtežih ispada pogodio je Italiju. Samo otok Sardinija i manji dijelovi Italije imali su električnu energiju. Nestanak električne energije pogodio je više od 50 milijuna ljudi. Smatra se da je zbog oluje došlo do prekida visokonaponskih dalekovoda, koji dobavljaju električnu energiju iz Francuske i Švicarske.

Italija je te noći, kada se ispad dogodio, uvozila iz Francuske i Švicarske oko 20 % od svojih potreba električne energije. Zbog problema oko uvoza električne energije iz Francuske (EdF) u lipnju 2003. godine bez struje je ostalo oko 6 milijuna ljudi. Prema nacionalnom operatoru sustava, GRTN, dnevni kapacitet iznosi 55.600 MW, od čega se 48.900 MW proizvede u Italiji, a preostalih 6.700 se uvozi. I to je razlog da se razmišlja o izgradnji novih proizvodnih i prijenosnih kapaciteta te potpuno smanji ovisnost o uvozu.

Čak se razmišlja, da je donesena pogrešna odluka o korištenju nuklearne energije na referendumu 1987. godine nakon černobilske nesreće, te da treba dati prednost korištenju nuklearne energije.

<http://pro.energycentral.com, 2003-09-28;>  
[www.platts.com, 2003-08-19](http://www.platts.com, 2003-08-19)

SBK

## LIBERALIZACIJA U ELEKTROPRIVREDI MAĐARSKE

Mađarska elektroprivreda danas je liberalizirana 33 %. Liberalizacija se nastavlja, pa se predviđa da će ona iznositi godine 2004. oko 42 %, a 2005. godine 70 % (bez kućanstava).

Privatizacijom se počelo devedesetih godina. Stranim su investitorima prodane sve elektrane koje su sposobne ekonomski raditi na slobodnom tržištu i sva distributivna poduzeća.

Neke su termoelektrane i nuklearna elektrana Paks, kao i visokonaponska električna mreža, iznad 120 kV, ostale u državnim rukama.

Ukupna proizvodnja električne energije iznosi 35,3 TWh, a udjeli energenata su sljedeći:

Nuklearna elektrana Paks	39,6 %
Ugljen	24,8 %
Zemni plin	23,4 %
Nafta (loživo ulje)	11,7 %
Voda	0,5 %

Uz navedenu ukupnu proizvodnju od 35,3 TWh, saldo uvoza/izvoza iznosio je 3,2 TWh uvezene električne energije.

Cijena električne energije za kućanstva doduše je za oko 40 % viša od njemačke, ali je električna mreža u takvom stanju da su joj investicije prijeko potrebne.

*EW*, god. 102 (2003), br. 12

Mrk

## ŠTETE NA NJEMAČKIM VJETROELEKTRANAMA

Vjetroelektrane su vrlo izložena postrojenja. Udari munje, snažni vjetar, zaleđivanje i pogriješke u materijalu često su uzroci kvara i požara. Takve su štete milijunske, osobito one koje nastanu na vjetroelektranama na moru. Osiguranje je u godini 2002. isplatilo oko 40 milijuna eura za nastale štete.

Posebno zabrinjava činjenica da se ovakve štete povećavaju, a one će još više opterećivati osiguranje kad prođu garantni rokovi novih postrojenja. Osiguranje traži da se ugrade uređaji za stalni nadzor postrojenja, kako bi štete bile što manje i naročito ne u svom nastanku.

Osiguravajuća društva nisu imala nikakva iskustva o štetama, naročito onima koje nastaju na postrojenjima u moru. Takvi su kvarovi mnogo skuplji nego na vjetroelektranama na kopnu. Osiguranje traži da se za postrojenja u moru naročito razvije siguran i pouzdan materijal za gradnju.

*EW*, god. 102 (2003), br. 13

Mrk

## UGLJEN I URAN NAJVAŽNIJI IZVORI ENERGIJE U NJEMAČKOJ

Glavni energenti u godini 2002. u Njemačkoj bili su, za proizvodnju električne energije ugljen i nuklearna energija. Električna energija proizvedena je u Njemačkoj iz sljedećih energenata:

Ugljen kameni i smeđi	51 %
Nuklearna energija	31 %
Obnovljiva energija računajući i HE	9 %
Zemni plin	7 %
Loživo ulje i ostalo	2 %

Kao i što se iz ovog pregleda vidi, udio obnovljive energije je mali (9 %), osobito ako se uzme da su obuhvaćene i hidro-

lektreane, iz kojih dolazi više od 50 % obnovljive energije. Od ostalih obnovljivih izvora najznačajniji je vjetar, koji daje oko 36 % obnovljive energije. Ostali, kao npr. biomasa, smeće i fotonaponska energija od malog su značenja.

*EW*, god. 102 (2003), br. 13

Mrk

## **SURADNJA NJEMAČKE I RUSIJE NA POLJU NUKLEARNE ENERGIJE**

U proljeće, ove godine, potpisana je suradnja Njemačke i Rusije na polju nuklearne tehnike. Cilj je suradnje povećanje sigurnosti nuklearnih elektrana, smanjenje djelovanja na okoliš i stanovništvo. Na temelju tog ugovora o suradnji izmjenjivat će se informacije i iskustva s tog područja.

Ugovorom je obuhvaćena dogradnja postojećih nuklearnih postrojenja radi povećanja sigurnosti i analiza kvarova na postrojenjima.

*EW*, god. 102 (2003), br. 13

Mrk

## **SLOBODNO TRŽIŠTE ELEKTRIČNE ENERGIJE U ZEMLJAMA EU**

Potpuno otvoreno tržište električne energije u svim zemljama EU predviđa se do 1. srpnja godine 2007. O tome danas voditi računa osobito je značajno, budući da se EU nalazi pred primitkom novih članova, najviše onih iz istočnoeuropskih zemalja. Postojećim potrošačima, od 200 milijuna, u današnjih 15 zemalja, pridružit će se 45 milijuna novih potrošača.

Početkom godine 2003. tek je 7 zemalja EU otvorilo potpuno slobodnu trgovinu električnom energijom za sve svoje potrošače.

*EW*, god. 102 (2003), br. 14 – 15

Mrk

## **GORIVA ČELIJA "Hot Module"**

Tehnika gorivih ćelija u punom je jeku. Mnogo se radi na njihovom razvoju i primjeni, naročito kao lokalnim izvorima električne energije i topline. Serijska proizvodnja gorivih ćelija još nigdje nije počela, ali su rađena pokusna postrojenja, da se steknu iskustva iz stvarnog pogona.

Eksperimentira se s različitim tipovima, ali izgleda da je tip "Hot Module" tvrtke MTU CFC Solution iz koncerna Daimler-Chrysler najbliži serijskoj proizvodnji. Tvrtka je do sada isporučila 10 takvih postrojenja u Europi i SAD, kao pokusni uređaj, koji će služiti za stjecanje iskustva i poboljšanja uređenja (vidi napis u Energiji "Gorive ćelije za industriju").

Tip Hot Module je karbonatna goriva ćelija koja za svoj pogon troši prvenstveno zemni plin, a može trošiti i ostale gorive plinove.

Postrojenje se sastoji od 350 ćelija koje rade na temperaturi od 650° C, a izlazni plinovi, koji moraju služiti za industrijske svrhe oko 400° C. Snaga postrojenja je oko 250 kW za električnu energiju, a 180 kW za toplinsku. Kod proizvodnje električne energije korisnost je oko 50 %, a u ukupnom radu preko 90 %.

U planu je sniženje cijene tehničkim poboljšanjima, a naročito serijskom proizvodnjom, jer su pojedina pokusna postrojenja ručni rad. Serijska se proizvodnja planira za 2006. godinu.

*EW*, god. 102 (2003), br. 14 – 15

Mrk

## **ELEKTRIČNA ENERGIJA IZ HIDROELEKTRANA U ZEMLJAMA EU**

Udio električne energije iz hidroelektrana u zemljama EU iznosi 12 %. Najviše električne energije dobiva Austrija. U godini 2002. udio je iznosio 69 %. Kao druga slijede je Švedska s udjelom od 45 %. U Njemačkoj samo 5 % električne energije dolazi iz hidroelektrana.

*EW*, god. 102 (2003), br. 16

Mrk

## **NAJVEĆA KROVNA FOTONAPONSKA ELEKTRANA NA KROVU U SVIJETU**

Najveća na svijetu solarna elektrana na krovu izgrađena je na krovu koji pokriva dio izložbenog prostora vrtne izložbe "Floride 2002" u Nizozemskoj, južno od Amsterdama.

Ova elektrana sadrži 19.380 modula na površini krova 272 puta 96 metara. Ukupna je nominalna snaga postrojenja 2,3 MW, s godišnjom planiranom proizvodnjom od 1,3 do 1,4 GWh.

Cijeli uređaj s tehnikom vođenja, mjerenja i informacija dobavio je i montirao Siemens. Svi se zanimljivi podaci automatski bilježe, sakupljaju i sređuju.

Fotoćelije su izrađene na temelju monokristala. Tip modula ugrađen u ovim postrojenjima dobio je naziv "Floride" tip.

Postrojenje je bilo u pogonu tijekom godine 2002. i dalo je veću proizvodnju od planirane. Ona je iznosila 1,56 GWh.

Pazilo se da cijela instalacija arhitektonski odgovara prilikama, da se pokaže da se i velika postrojenja mogu prilagoditi danim prilikama.

*EW*, god. 102 (2003), br. 14 – 15

Mrk

## **PRVI AGREGAT NAJVEĆE HIDROELEKTRANE NA SVIJETU**

Three Gorges u Kini, na rijeci Yangce, stavljen je u u lipnju ove godine (2003.) u pogon s 550 MW. Ovo je gradnja tek prve etape, a kad se, prema predviđanju, završi 2009. godine, imat će ukupno 18.200 MW.

Opremu je isporučio konzorcij Siemens Hydro Power Generation, premda su kooperanti bili iz cijelog svijeta.

Konzorcij je isporučio ukupno 6 agregata po 700 MW, za prvu etapu.

U usporedbi s ugljenom, ako bi se ta električna energija koju će godišnje dati ova hidroelektrana proizvodila u termoelekttranama trebalo bi utrošiti 40 milijuna tona ugljena, a atmosfera bi morala primiti 100 milijuna tona ugljičnog dioksida i 2 milijuna tona sumpornog oksida.

*EW*, god. 102 (2003), br. 16

Mrk

## ELEKTRANA NA POGON PLIMOM I OSEKOM

Tijekom ove 2003. godine, ući će u pogon, prva u svijetu, elektrana koja će koristiti energiju plime i oseke mora. Postrojenje je usidreno 1,5 km od obale, u blizini mjesta Linmouth/Devon u V. Britaniji. Izgrađena je kao pilot-projekt, a imaće snagu od 300 kW, iz rotor turbine od 11 m duljine. Ukoliko se postrojenje pokaže uspješnim, ugradit će se i drugi rotor.

Podvodna turbina ima sličan izgled kao turbina vjetroelektrana. Dok turbina vjetroelektrana koristi strujanje vjetra, podvodnu turbinu pokreće strujanje mora, zbog plime i oseke.

Predviđa se da se s grupom ovakvih postrojenja može formirati park elektrana, kao i što se to čini s grupom vjetroelektrana.

Projektanti i graditelji ovakvih postrojenja ističu njihovu prednost pred vjetroelektranama. Plima i oseka su redovite pojave koje se mogu točno predvidjeti, a vjetar je ovisan o meteorološkim prilikama. Osim toga, postrojenje malo viri iz mora, pa ne kviri pogled u prirodu.

Uređaj za ovo postrojenje stajao je 4,2 milijuna eura, a financijski je pomagan od države i Europske komisije.

*EW*, god. 102 (2003), br. 16

Mrk

## ISTOSMJERNA VEZA U ELEKTRIČNOJ MREŽI DISTRIBUCIJE

Nakon liberalizacije dobave električne energije, stavljeni su strogi zahtjevi o sigurnosti njene dobave i ekonomičnosti, uz zaštitu okoliša. Do sada su njemačke distributivne mreže bile vrlo sigurne, ali uz porast potrošnje dolazi do preopterećenja, što traži skupo pojačanje električne mreže, uz dodatne radove zbog povećanja struje kratkog spoja.

Da se snize troškovi pojačanja električne mreže pokušavaju se uvesti nove tehnologije. Tako je tvrtka Siemens ugradila u distributivnu mrežu grada Karlsruhe istosmjernu vezu na naponu 20 kV. Ova veza ima zadatak da poveže dva dijela električne mreže i spriječi preopterećenje kabela i paralelno s time optimira napon.

Istosmjerna veza se osniva na standardnim Siemensovim usmjerivačima uz automatiku pomoću elektronike. Ovaj skup istosmjerne veze nazvan je "Simplink" (Siemens Multifunctional Power Link). Iz jedne mreže u drugu može se prenositi snaga od 2,2 MVA.

Cijeli je projekt pokus, kako će se uređaj ponijeti u praksi, a vodi ga tvrtka Siemens i gradska poduzeća.

*EW*, god. 102 (2003), br. 16

Mrk

## ELEKTRANA "WAVE DRAGON" KOJA KORISTI ZA SVOJ POGON MORSKE VALOVE

Nova elektrana u moru, tipa "Wave Dragon" koja za pogon koristi morske valove, dala je u električnu mrežu Danske prve kWh. Elektrana je manji model (1:4,5) planirane velike elektrane, snage 4 MW.

Postrojenje se sastoji od ploveće čelične zapreke (257 tona), smještena uz dansku obalu, nedaleko mjesta Aalborg. Čelična zapreka, u obliku dvostrukog luka reflektira nadolazeće

morske valove prema povišenom akumulacijskom bazenu i pune ga morem. Voda se vraća u more kroz Kaplanovu turbinu, koja pokreće električni generator i daje električnu energiju.

Ideja o elektrani takvog tipa nastala je krajem osamdesetih godina prošlog stoljeća u Danskoj. Sastavljen je konzorcij poduzeća, uz vodstvo izumitelja koji je realizirao tu ideju. Financijski je konzorcij potpomognut, u okviru programa "Wave energy" od danske vlade i EU. Investicije za ovo postrojenje iznosile su oko 4,4 milijuna eura.

*EW*, god. 102 (2003), br. 17 – 18

Mrk

## PORAST POTROŠAČA ELEKTRIČNE ENERGIJE U NJEMAČKOJ

Broj potrošača električne energije u Njemačkoj povećan je od godine 1992. do godine 2002. za 7 %. Razlog je u tome, što se od velikih obitelji formiralo nekoliko manjih i što je povećan broj poduzeća uslužne djelatnosti.

Kućanstva čine najveću grupu potrošača i ta se grupa povećala za 6 %, dok se grupa potrošača industrije, trgovine i obrta povećala čak za 23 %. U potrošku električne energije otpada dobra jedna četvrtina potrošnje na kućanstva, a na grupu industrije jedna polovina.

*EW*, god. 102(2003), br. 17 – 18

Mrk

## OD MJESECA RUJNA ZABRANJEN PRELET ZRAKOPLOVA PREKO NUKLEARKI

U Njemačkoj se od sredine rujna ove godije (2003.) zabranjuje prelet zrakoplova preko nuklearnih elektrana. Zabrana vrijedi 1,5 km u krugu elektrane i visini od 6.000 m. Ova je mjera poduzeta u obrani od atentata, uz ostale postrožene radnje na svim zračnim lukama.

*EW*, god. 102 (2003), br. 17 – 18

Mrk

## ELEKTRANE POGONJENE STRUJOM UGRIJANOG ZRAKA

Na kongresu njemačkih inženjera govoreno je o elektranama koje koriste jako strujanje suncem ugrijanog zraka. Takve su elektrane osobito pogodne za zemlje s mnogo sunca, a siromašne ostalim energentima.

Princip rada takve elektrane osniva se na činjenici razlike temperature i gustoći zraka. Ugrijani zrak struji prema hladnome. Na tlu je izgrađen kolektor s prozirnim krovom, gdje se ugrije zrak pod zrakama sunca. U sredini kolektorske plohe izgrađen je visoki dimnjak, koji ugrijani zrak odvodi u visinu. Na dnu dimnjaka ugrađena je turbina s generatorom, koju pokreće struja zraka. Ispod krova za ugrijani zrak nalazi se zatvoreni bazen s vodom, koja akumulira toplinu, da elektrana može raditi i po noći.

Početak osamdesetih, prema narudžbi njemačke vlade, izgrađen je prototip takve elektrane u španjolskom Manzanares-u. Elektrana ima kolektor površine 44.000 m<sup>2</sup>, a u sredini dimnjak visine 200 m. Postrojenje uspješno daje

električnu energiju, a služi za stjecanje iskustva za gradnju većih takvih postrojenja.

Npr. elektrana snage 100 do 200 MW imala bi kolektor promjera nekoliko kilometara, a u sredini dimnjak visine oko 1000 m.

Prednost je ovakve elektrane da ne šteti okolišu, a može se sagraditi iz materijala kojim raspolaže i manje industrijska zemlja.

*EW*, god. 102 (2003), br. 17 – 18

Mrk

## NOVO SINTETSKO GORIVO ZA AUTOMOBILE

S flotom od 25 Volkswagna Golf automobila testirat će se novo sintetsko gorivo "Shell Gas to Liquids".

U usporedbi s direktnim korištenjem komprimiranog zemnog plina, sintetsko gorivo ima slične emisijske prednosti, ali niže troškove u cijelom ciklusu proizvodnje. Današnji dizelski motori mogu raditi s ovim sintetskim gorivom direktno bez pregradnje.

Novo pogonsko gorivo je bistro i bezbojno kao voda. Tehnologijom proizvodnje ovog goriva mogu se dobiti različiti tipovi goriva, koji pomažu razvoj inovativnih pogonskih koncepcija, kao npr. CCS (Combined Combustion System).

Od godine 1943. tvrtka Shell ima u pogonu, prva u svijetu, tvornicu "Gas to Liquids" u industrijskom mjerilu u gradu Bintulu, u Maleziji. Uskoro tvrtka kani izgraditi šest puta veći uređaj, koji bi davao dnevno 75.000 barela goriva.

Tvrtka Shell investira u razvoj jeftinih procesa proizvodnje pogonskih goriva iz biomase, ali još nije vidljivo kad će takav proces biti rentabilan.

Stručnjaci Volkswagena tvrde da je proces produkcije ovog novog goriva korak prema pogonu vozila gorivim ćelijama.

*EW*, god. 102 (2003), br.17 – 18

Mrk

## JAKO UZAMČENE ELEKTRIČNE MREŽE ŠTITE OD ISPADAJA

Njemačka je električna mreža prema tvrdnji VDEW (njemačka elektroprivreda), najsigurnija na svijetu. Ona je vrlo uzamčena, pa se svaki električni kvar može pokriti iz susjedne mreže, bez preopterećivanja dalekovoda. Takva sigurnost traži velike investicije. Oko 900 njemačkih dobavljača električne energije mnogo polažu na to da u svim slučajevima osiguraju dobavu električne energije svim potrošačima.

U SAD i Kanadi električne mreže nisu toliko uzamčene i povezane prijenosnim vodovima, pa ispadi preopterećuju spojne vodove koji zatim ispadaju.

Tako je u nedavnom ispadu u SAD i Kanadi ostalo bez električne energije oko 50 milijuna ljudi, odnosno ispalo je oko 61.800 MW.

*EW*, god. 102 (2003), br. 19

Mrk

## UVOZ I IZVOZ ELEKTRIČNE ENERGIJE EUROPSKIH ZEMALJA

Okruglo 20 % europske proizvodnje električne energije išlo je preko državnih granica. To je godine 2001. iznosilo 543 milijarde kWh, a godine 2002. 551 milijardu kWh, tj. porast

od 2 %. Najveći izvoznik električne energije je Francuska, koja je izvezla 14 % svoje proizvodnje. Najviše električne energije uvozi Italija, tj. 19 % svoje potrošnje.

U priloženoj tablici dano je za europske zemlje, u milijardama kWh, uvoz i izvoz električne energije za 2001. i 2002. godinu.

	2001.		2002.	
	Uvoz	Izvoz	Uvoz	Izvoz
Francuska	4,2	72,6	3,0	79,9
Norveška	10,6	17,1	5,3	15,0
Švicarska	58,0	68,4	47,1	51,6
Danska	8,2	8,8	8,9	11,0
Njemačka	44,0	43,9	46,2	45,5
Austrija	14,5	14,3	15,4	14,5
Portugal	3,7	3,5	5,3	3,4
Grčka	3,6	1,1	4,6	1,7
Španjolska	10,2	6,7	12,5	7,2
Švedska	11,1	18,5	20,1	14,8
Belgija	15,5	6,5	16,7	9,1
V. Britanija	10,7	0,3	9,2	0,8
Finska	11,8	1,8	13,5	1,5
Nizozemska	21,5	4,2	20,9	4,5
Italija	48,9	0,6	51,2	0,9

*EW*, god. 102 (2003), br. 19

Mrk

## TRAJANJE ISKORIŠTENJA ELEKTRANA U NJEMAČKOJ

Prema izvješću Udruge elektroprivrede Njemačke (VDEW), u 2001. godini, njemačke su javne i privatne elektrane ostvarile različito trajanje godišnjeg iskorištenja i time različit udjel u energetskej opskrbi ("energetski miks"), ovisno o prirodnim okolnostima i udjelu u cijenama energije iz pojedinih izvora ("cjenovni miks").

Za opskrbu temeljnom energijom korištene su nuklearne elektrane, termoelektre na smeđi ugljen i protočne hidroelektre, a za pokriće srednjeg i vršnog opterećenja korištene su termoelektre na kameni ugljen, na prirodni plin, te na loživo ulje, kao i pumpno-akumulacijske i akumulacijske hidroelektre. Pumpno-akumulacijske i akumulacijske hidroelektre korištene su i kao regulacijske elektrane, a vjetrove elektrane korištene su sukladno prirodnom dotoku vjetrova.

Prosječno trajanje iskorištenja elektrana u Njemačkoj 2001. godine (sati):

• nuklearne elektrane	7250
• termoelektre na smeđi ugljen	7240
• protočne hidroelektre	5620
• termoelektre na kameni ugljen	4500
• termoelektre na prirodni plin	2100
• vjetrove elektrane	1330
• pumpno-akumul.i akumul.hidroelektre	980
• termoelektre na loživo ulje	250



Trajanje iskorištenja je omjer godišnje proizvodnje elektrana i netosnage elektrana. Maksimalno moguće trajanje je 8760 sati/godišnje, to bi značilo da je elektrana cijele godine bila angažirana punom snagom. Za nuklearne elektrane i termoelektrane na smeđi ugljen u Njemačkoj, izlazi da je godišnje iskorištenje vrlo visoko i iznosi oko 83% (7250/8760). Iskorištenje vjetrovne elektrane je relativno maleno i iznosi oko 15% (1330/8760).

[www.strom.de/03.11.2003](http://www.strom.de/03.11.2003).

MK

## VIŠE USLUGA KUPCIMA U NJEMAČKOJ

Opskrbljivači električnom energijom u Njemačkoj svoja su savjetovaništa za kupce dalje proširili: u 2002. godini broj zaposlenih za skrb o privatnim kupcima električne energije povećao se za 1000 radnika. To je za 18 posto više nego li u 2000. godini.

U 2002. godini je okruglo 7000 zaposlenih u tim službama elektroprivrednih poduzeća. U tome, oko 2500 radnika radi u "call-centrima" (centri za telefonsko traženje obavijesti), koji su osnovani u više od polovine opskrbenih poduzeća. U dvogodišnjoj usporedbi, broj se radnika u "call-centrima" povećao za 21 posto. Izvan toga, još je oko 4000 zaposlenih za skrb o poslovnim kupcima električne energije, također 2002. godine.

Savjeti o korištenju tarifa za električnu energiju, za efikasnije korištenje električne energije, o računima za isporučenu električnu energiju, o štedljivim kućanskim aparatima, o grijanju ili o obnovljivim izvorima energije, najbrojniji su među zahtjevima kupaca.

[www.strom.de/27.10.2003](http://www.strom.de/27.10.2003).

MK

## AUSTRIJSKA ELEKTROPRIVREDA PROIZVODI "ČISTU" ELEKTRIČNU ENERGIJU

Udruga elektroprivrednih poduzeća Austrije (VEÖ) prilikom proizvodnje električne energije i topline vodi brigu o čovjekovom okolišu na prvome mjestu. Austrijska proizvodnja električne energije oslonjena je velikim dijelom na obnovljive izvore.

Okruglo 70 posto električne energije proizvodi se u emisijski neutralnim hidroelektranama, to je udjel koji nema niti jedna od petnaest zemalja-članica Europske unije. U domaćim termoelektranama primjenjuju se moderne tehnike zaštite čovjekova okoliša. Za domaći prirast potražnje električne energije od 25 posto, u razdoblju od 1990. godine, dograđivan je park hidroelektrana a povećanjem učinkovitosti termoelektrana postignuto je to da nije došlo do povećanja emisije ugljik-dioksida.

[www.veoe.at/10.11.2003](http://www.veoe.at/10.11.2003).

MK

## SMANJENJE MREŽARINE OD 30% UGROŽAVA SIGURNOST OPSKRBE

Zahtijevano smanjenje naknada za korištenje mreža od 30%, vodilo bi u kratko i srednjoročnom razdoblju do izjedanja mrežne supstance te do smanjenja sigurnosti opskrbe. Za industriju i obrt je osiguranje visoke sigurnosti opskrbe od

najvećeg značenja, kako je potvrdilo nedavno ispitivanje kupaca od strane Udruge elektroprivrednih poduzeća Austrije (VEÖ).

Austrijska elektroprivreda je kroz liberalizaciju, restrukturiranje i mjerama za smanjenje troškova iskoristila potencijal povećanja učinkovitosti. Broj zaposlenika je od 30412 radnika u 1990. godini, smanjen na 21000 radnika u 2002. godini! Također, po regulatoru odobrena godišnja naknada za korištenje mreža snižena je za okruglo 150 milijuna eura u 2002. godini, spram 2001. godine.

Ekonomske djelatnosti mrežnih operatora uvjetovane su topografijom, priključnim kapacitetima, toplogijom, starošću postrojenja i pogonskim opterećenjima. Elektroprivredi se mora osigurati mrežna tarifa koja će pokriti izdatke za zamjene, modernizacije i dogradnje mreže, kako bi svim kupcima i sutra mogli pružiti željenu sigurnost i pouzdanost.

[www.veoe.at/10.11.2003](http://www.veoe.at/10.11.2003).

MK

## SIGURNOST OPSKRBE VAŽNIJA OD CIJENE

Najnovije istraživanje uglednog austrijskog tržišnog instituta ("Austrijskog Gallup-instituta"), provedeno nad 1250 Austrijanki i Austrijanca starijih od 14 godina, usmjereno je bilo na opskrbu električnom energijom. Glavni nalaz tog ispitivanja jest da je najvažnije svojstvo koje se očekuje od električne energije sigurnost opskrbe, važnije od cijene električne energije. Na najvažnije mjesto, Austrijanci stavljaju sljedeća obilježja prilikom opskrbe električnom energijom (postotak ukupnog broja odgovora):

- |                                       |    |
|---------------------------------------|----|
| • sigurnost opskrbe                   | 44 |
| • mogućnost sniženja cijene           | 31 |
| • podrijetlo električne energije      | 20 |
| • usluge i savjeti od elektroprivrede | 3  |

Na pitanje, "tko je po Vašem mišljenju odgovoran za sigurnost opskrbe?", Austrijanci su odgovorili (u postocima):

- |                                   |    |
|-----------------------------------|----|
| • elektrane                       | 71 |
| • operatori mreža                 | 55 |
| • moj opskrbitelj                 | 43 |
| • mjesne trafostanice             | 35 |
| • država, ministarstva, regulator | 26 |
| • općina                          | 17 |

(Očito, moglo se odgovoriti s više odgovora, jer zbroj daje više od 100%.) Zanimljivo, najveću odgovornost za sigurnost opskrbe Austrijanci pripisuju elektranama, što je načelno istinito – nema te mreže, niti opskrbitelja, niti ministarstva ... koji mogu pružiti sigurnost opskrbe, ako je elementarno ne pružaju elektrane.

VEÖ-Journal, Oktober 2003.

MK

## ČETIRI MILIJARDE EURA ZA INVESTICIJE U NJEMAČKOJ

Oko 900 njemačkih elektroprivrednih poduzeća investiralo je okruglo 4 milijarde eura u elektroenergetski sustav, tijekom 2002. godine. To je podjednako investiranju u prethodnoj godini, a – kako se predviđa – toliko će po prilici ostvariti i u 2003. godini (*dakle u približno šest godina u njemačkoj će se elektroprivredi uložiti iznos jednak cjelokupnom jednogodišnjem bruto domaćem proizvodu Hrvatske! – opaska M. K.*)

Polovina investicija usmjereno je na sigurnu opskrbu električnom energijom, putem dogradnje i modernizacije prijenosne i distribucijske mreže. Jedna četvrtina tih sredstava bila je okrenuta k elektranama. Konačno, posljednja četvrtina sredstava bila je usmjerena na brojila i mjerne uređaje, te na poslovno opremanje, zgrade i pribavljanje zemljišta.

[www.strom.de/17.11.2003](http://www.strom.de/17.11.2003).

MK

## **SIGURNOST OPSKRBE IZMEĐU TEHNIKE I EKONOMIČNOSTI**

Prof. dr. Hans Jürgen Ebeling, predsjednik Udruge njemačkih operatora mreža VDN, održao je 1. prosinca 2003. godine, na stručnom kongresu "Mrežne tehnike" u Nürnbergu, predavanje pod gornjim naslovom.

Uvodno kaže da je tehnika u mreži osnova sigurne, ekonomične i za okolinu podnošljive opskrbe električnom energijom. Nakon faze prilagođavanja pri prijelazu iz monopolnog položaja elektroprivrede u tržišni položaj, dolaze opet pitanja tehnike u žarište interesa. Elektroenergetska mreža je kraljeznica svake industrijske zemlje. Novi se zahtjevi postavljaju pred mrežu, kao decentralizirana proizvodnja, trgovina emisijom, pojačanje međunarodne razmjene električne energije putem sve integriranije europske mreže ili vrlo skupocjen odgovor na svojevrsni *boom* vjetroelektrana u sjevernoj Njemačkoj. Mreža se, zbog tamnijeg priključenja brojnih novih vjetroelektrana mora do-

graditi, radi prihvata proizvodnje i transporta u udaljenija područja. Također, moraju se prilagoditi regulacijske mogućnosti i sredstva za uravnoteženje potražnje i kolebajuće trenutne energije vjetra.

Veliki prekidi opskrbe električnom energijom u SAD i Kanadi, sredinom kolovoza 2003. godine, kao i u Danskoj, južnoj Švedskoj i Italiji koncem rujna 2003. godine, uprli su pogled u sigurnost opskrbe i dali ekonomske signale regulatorima za izmjenu visine naknada za korištenje mreža radi investicija u sigurnost opskrbe i smanjenja rizika od zastoja.

Sigurnosna filozofija njemačkih operatora prijenosnih mreža sadrži visoku pouzdanost: otkaz jedne jedinice sustava (elektranskog bloka, voda ili transformatora), ne smije ugroziti sigurnost opskrbe – mora se trenutačno angažirati nadoknadna proizvodnja, a preostali vodovi ili transformatori u mreži moraju preuzeti teret bez preopterećenja.

Najnoviji prekidi opskrbe ukazuju na to da je za Njemačku važno kako je uvoz i izvoz električne energije posljednjih godina praktički izjednačen. Nasuprot Italiji, gdje je posljedni otkaz svih spojnih vodova prema susjedima doveo do totalnog *blackouta*, koncem rujna. U Njemačkoj je prijenosna mreža sva uzamčena, elektrane su u blizini čvorišta velike potražnje, prijenosni putevi nisu predugi.

Profesor Ebeling iznosi podatke petgodišnje statistike poremećaja u mreži Njemačke, na temelju čega zaključuje o pozitivnom razvoju pouzdanosti mreža. Raspoloživost mreže vrlo visokog (380 i 220 kV) i visokog (110 kV) napona je u tih pet godina bila oko 99,99%.

[www.strom.de/01.12.2003](http://www.strom.de/01.12.2003).

MK

## Časopis Hrvatske elektroprivrede

Uredništvo i uprava:  
Zagreb, Ulica grada Vukovara 37  
Godišnja pretplata 480,00 kn

	<p>ENERGIJA 1459 <span style="float: right;">UDK 621.311.01.03:658.516 PREGLEDNI ČLANAK</span></p> <p style="text-align: center;">ENERGIJA 53/2004/1, 3 – 8</p> <p style="text-align: center;"><b>TROŠKOVI ODRŽAVANJA U HEP DISTRIBUCIJA d.o.o.</b></p> <p style="text-align: center;"><i>Marko Tominac, dipl. ing.</i></p> <p style="text-align: center;">HEP Distribucija d.o.o. – DP Elektra Vinkovci, Kralja Zvonimira 96, 32100 Vinkovci, Hrvatska</p> <p style="text-align: center;"><i>Stjepan Megla, dipl. ing.</i></p> <p style="text-align: center;">HEP Distribucija d.o.o. – Sektor za tehničke poslove, Ulica grada Vukovara 37, 10000 Zagreb, Hrvatska</p> <p>U članku se prikazuje analitički pregled troškova održavanja za svako distribucijsko područje i međusobni odnosi po raznim osnovama kao npr. teritorijalno (kontinentalna, priobalna područja, veći gradovi) i gubitke električne energije. Koriste se stvarni knjigovodstveni i pogonski podaci za HEP Distribucija d.o.o. za 2001. godinu.</p> <p>Pri analizi se koristi model teorije troškova na kratki rok. Kratki rok podrazumijeva vrijeme u kojem se ne može utjecati na fiksne (redovne) troškove održavanja, dok dugi rok podrazumijeva i vrijeme investicijskih odluka.</p> <p>(Lit. 6, sl. 4 – original na hrvatskom jeziku)</p> <p style="text-align: right;">Autori ISSN 0013-7448 ENJAAC 53/1/3 – 8/2004.</p>
	<p>ENERGIJA 1460 <span style="float: right;">UDK 697.34:621.311.22 PREGLEDNI ČLANAK</span></p> <p style="text-align: center;">ENERGIJA 53/2004/1, 25 – 37</p> <p style="text-align: center;"><b>PILOT-PROJEKT INDIVIDUALIZACIJE TROŠKOVA GRIJANJA ZAGREB 2</b></p> <p style="text-align: center;"><i>Mr. sc. Florijan Rajić, dipl. ing.</i></p> <p style="text-align: center;">Omiška 18, 10000 Zagreb, Hrvatska</p> <p>Hrvatska, u usporedbi s ostalim državama Europe, ima preveliku potrošnju energenata i energije grijanja. Njezino se smanjivanje može postići na nekoliko osnovnih načina: racionalnijom uporabom, primjenom odgovarajuće mjerne regulacijske opreme, i uvođenjem novih načina obračuna troškova grijanja. Najveći učinci se postižu uvođenjem suvremenih i pravednih sustava individualizacije troškova, koji na racionalnu uporabu i štednju snažno potiču i motiviraju sve korisnike grijanja.</p> <p>U nas je u tu svrhu, u proljeće 1997., dogovorom predstavnika Ministarstva gospodarstva Republike Hrvatske (Odjel Energetike i rudarstva), Gradskog stambeno-komunalnog gospodarstva (GSKG) Zagreba, tvrtke Techem A.G. iz Frankfurta i tvrtke Danfoss d.o.o. iz Zagreba, određena stambena zgrada u Gospodskoj ul. 84-86, kao zgrada prvog Pilot-projekta individualizacije troškova grijanja. Godinu dana kasnije, u proljeće 1998., dogovorom istih donatora, odnosno tvrtki Techem i Danfoss, i predstavnika GSKG-a Zagreb, HEP TD-a i Ministarstva gospodarstva RH, je za Pilot-projekt Zagreb 2 određena zgrada II Vrbik 1 – 3.</p> <p>(Lit. 9, sl. 7 – original na hrvatskom jeziku)</p> <p style="text-align: right;">Autor ISSN 0013-7448 ENJAAC 53/1/25 – 37/2004.</p>
	<p>ENERGIJA 1461 <span style="float: right;">UDK 621.83.001:398 PREGLEDNI ČLANAK</span></p> <p style="text-align: center;">ENERGIJA 53/2004/1, 63 – 71</p> <p style="text-align: center;"><b>EIGRP – PROTOKOL USMJERAVANJA</b></p> <p style="text-align: center;"><i>Ivan Janeš, dipl. ing.</i></p> <p style="text-align: center;">HEP Prijenos d.o.o., Ulica grada Vukovara 37, 10000 Zagreb, Hrvatska</p> <p>Sadržaj članka bavi se dinamičkim protokolom usmjerenja EIGRP u Electronic Highway mreži. EIGRP se funkcionalno sastoji od četiri dijela. To su protokol-zavisni moduli, Pouzdani Transportni Protokol, otkrivanje/obnavljanje susjeda i algoritam difuznog ažuriranja, koji su pojedinačno opisani. Najviše se fokusa stavilo na algoritam difuznog ažuriranja, iz razloga što predstavlja srž funkcioniranja EIGRP-a. Također, predstavljeni su i različiti formati EIGRP paketa.</p> <p>(Lit. 3, sl. 6 – original na hrvatskom jeziku)</p> <p style="text-align: right;">Autor ISSN 0013-7448 ENJAAC 53/1/63 – 71/2004.</p>

## ENERGIJA 1461

UDK 621.83.001:398

1. EIGRP – Protokol usmjeravanja
- I. *Janeš, I.*
- II. HEP Prijenos d.o.o., Ulica grada Vukovara 37, 10000 Zagreb, Hrvatska

*Enhanced Interior Gateway Routing Protocol*  
*EIGRP*  
*IGRP*  
*Protokol vektora udaljenosti*  
*Protokol vezanih stanja*  
*Usmjeravanje*  
*Dual algoritam*  
*TCP/IP*

## ENERGIJA 1460

UDK 697.34:621.311.22

1. Pilot-projekt individualizacije troškova grijanja ZAGREB 2
- I. *Rajić, F.*
- II. Omiška 18, 10000 Zagreb, Hrvatska

*Individualizacija troškova grijanja*  
*Pilot-projekt*

## ENERGIJA 1459

UDK 621.311.01.03:658.516

1. Troškovi održavanja u HEP Distribucija d.o.o.
- I. *Tominac, M. – Megla, S.*
- II. HEP Distribucija d.o.o. – DP Elektra Vinkovci, Kralja Zvonimira 96, 32100 Vinkovci, Hrvatska – HEP Distribucija d.o.o. – Sektor za tehničke poslove, Ulica grada Vukovara 37, 10000 Zagreb, Hrvatska

*Redoviti troškovi*  
*Izvanredni troškovi*

## Časopis Hrvatske elektroprivrede

Uredništvo i uprava:  
Zagreb, Ulica grada Vukovara 37  
Godišnja pretplata 480,00 kn

	<p>ENERGIJA 1462 <span style="float: right;">UDK 621.3.011.21:621.317 PREGLEDNI ČLANAK</span></p> <p style="text-align: center;">ENERGIJA 53/2004/1, 53 – 62</p> <p style="text-align: center;"><b>O MJERENJU IMPEDANCIJE</b></p> <p style="text-align: center;"><i>Dr. sc. Dušan Vujević, dipl. ing.</i> Cankareva 2 a, 10000 Zagreb, Hrvatska</p> <p>U svakom izmjeničnom sklopu, uređaju ili mreži impedancije su osnovne sastavnice. Vrijednosti impedancija i njihovih sastavnica određuju se mjerenjem. Postoji više mjernih metoda na kojima se zasnivaju laboratorijski i komercijalni mjerni uređaji i instrumenti. (Lit. 10, sl. 17 – original na hrvatskom jeziku)</p> <p style="text-align: right;">Autor ISSN 0013-7448 ENJAAC 53/1/53 – 62/2004.</p>
	<p>ENERGIJA 1463 <span style="float: right;">UDK 621.316.1:338.52 PREGLEDNI ČLANAK</span></p> <p style="text-align: center;">ENERGIJA 53/2004/1, 9 – 15</p> <p style="text-align: center;"><b>EKONOMSKE OSOBITOSTI TARIFNOG SUSTAVA PRIJENOSA ELEKTRIČNE ENERGIJE U ZEMLJAMA EU</b></p> <p style="text-align: center;"><i>Marijan Magdić, dipl. oec.</i> Institut za elektroprivredu i energetiku, Ulica grada Vukovara 37, 10000 Zagreb, Hrvatska</p> <p>U svijetu i u Hrvatskoj u toku je transformacija elektroprivredne djelatnosti u smislu ukidanja monopola i uvođenja tržišta električne energije. Temeljne pretpostavke za tržište električne energije su: ekonomsko razdvajanje djelatnosti elektroprivrede i slobodni pristup mreži prijenosa i distribucije svim energetske subjektima. U takvim okolnostima, pored ostalog, djelatnost prijenosa električne energije zaslužuje posebnu pozornost u smislu: organizacije prijenosa električne energije, strukture i razine cijene usluge prijenosa električne energije, te osobitost troškova koji čine cijenu usluge prijenosa. Cijene prijenosa električne energije u europskim zemljama pokazuju: osobitost elektroprivrede pojedine zemlje, istu razinu (nediskriminiranost) za povlaštene i nepovlaštene kupce i razinu 3-10 eura/MWh. (Lit. 7, sl. – original na hrvatskom jeziku)</p> <p style="text-align: right;">Autor ISSN 0013-7448 ENJAAC 53/1/9 – 15/2004.</p>
	<p>ENERGIJA 1464 <span style="float: right;">UDK 621.315.1:515.5 STRUČNI ČLANAK</span></p> <p style="text-align: center;">ENERGIJA 53/2004/1, 17 – 23</p> <p style="text-align: center;"><b>METEOROLOŠKI ČIMBENICI I OŠTEĆENJA DALEKOVODA OD RIJEKE DO PERUČE U SIJEČNJU 2003. GODINE</b></p> <p style="text-align: center;"><i>Lidija Cvitan, dipl. ing. – Gordana Hrabak-Tumpa, dipl. ing.</i> Državni hidrometeorološki zavod, Grič 3, 10000 Zagreb, Hrvatska</p> <p style="text-align: center;"><i>Ante Delonga, dipl. ing.</i> HEP Prijenos d.o.o. – Prijenosno područje Split, Ulica kneza Ljudevita Posavskog 5, 21000 Split, Hrvatska</p> <p>Tijekom siječnja 2003. godine, zbog djelovanja leda i/ili vjetra veći dio Hrvatske, i to južno od Rijeke, ostao je bez električne energije. Razlog su bili ispadi pojedinih dionica dalekovoda Hrvatske. U ovom se članku daju samo najvažniji ispadi prijenosne mreže te ukupno stanje distribucijske mreže Like te područja unutrašnjosti južno od Velebita. U drugom dijelu članka prikazani su vremenski uvjeti u razdoblju od 7. do 15. siječnja na području od Rijeke do Peruče kako bi se sagledali mogući meteorološki uzroci nastalih šteta na dalekovodnoj mreži. Najopasniji među njima su puhanje jake do olujne, pa čak i orkanske bure, te pojava kiše koja se smrzavala pri dodiru s podlogom. Smrzavajuća kiša je osobito jaka i dugotrajna bila na kninskom području. (Lit. 7, sl. 2 – original na hrvatskom jeziku)</p> <p style="text-align: right;">Autori ISSN 0013-7448 ENJAAC 53/1/17 – 23/2004.</p>

## ENERGIJA 1464

UDK 621.315.1:515.5

1. Meteorološki čimbenici i oštećenja dalekovoda od Rijeke do Peruće u siječnju 2003. godine
  - I. Cvitan, L. – Hrabak-Tumpa G. – Delonga A.
- II. Državni hidrometeorološki zavod, Grič 3 10000 Zagreb, Hrvatska – HEP Prijenos d.o.o. – Prijenosno područje Split, Ulica kneza Ljudevita Posavskog 5, 21000 Split, Hrvatska

*Dalekovod*  
*Kvar na vodu*  
*Bura*  
*Dodatni teret od leda i snijega*

## ENERGIJA 1463

UDK 621.316.1:338.52

1. Ekonomske osobitosti tarifnog sustava prijenosa električne energije u zemljama EU
  - I. Magdić, M.
- II. Institut za elektroprivredu i energetiku, Ulica grada Vukovara 37, 10000 Zagreb, Hrvatska

*Tržište električne energije*  
*Prijenos*  
*Tarifa*

## ENERGIJA 1462

UDK 621.3.011.21:621.317

1. O mjerenju impedancije
  - I. Vujević, D.
- II. Cankareva 2 a, 10000 Zagreb, Hrvatska

*Impedancija*  
*Mjerenje impedancije*

## Časopis Hrvatske elektroprivrede

Uredništvo i uprava:  
Zagreb, Ulica grada Vukovara 37  
Godišnja pretplata 480,00 kn

	<p>ENERGIJA 1465 <span style="float: right;">UDK 621.3.016.25:621.311.24</span>  <span style="float: right;">IZVORNI ZNANSTVENI ČLANAK</span>  ENERGIJA 53/2004/1, 39 – 51</p> <p style="text-align: center;"><b>FACTS KOMPENZACIJA JALOVE SNAGE VJETROELEKTRANE</b>  <i>Dr. sc. Nijaz Dizdarević, dipl. ing. – dr. sc. Mislav Majstrovic, dipl. ing. - dr. sc. Srdan Žutobradić, dipl. ing.</i></p> <p style="text-align: center;">Energetski institut "Hrvoje Požar", Savska cesta 163, 10000 Zagreb, Hrvatska</p> <p>U ovom je članku predstavljen problem FACTS regulacije napona i kompenzacije jalove energije u distribucijskoj mreži s priključenom vjetroelektranom.</p> <p>Vjetroelektrana je u izvedbi sa stalnom brzinom i konstantnom frekvencijom uz korištenje asinkronog generatora pogonjenog nereguliranom vjetroturbinom. Problem je razmatran s obzirom na kratkotrajni (10 sek), srednjetrojajni (10 min) i dugotrajni (48 sati) vremenski period odziva varijabli sustava na različite promjene brzine vjetra. S obzirom na promjenljivu brzinu vjetra, vjetroelektrana injektira promjenljivi iznos djelatne i jalove snage u distribucijsku mrežu te time izlaže obližnje potrošače značajnim promjenama iznosa napona.</p> <p>U konvencionalnom pristupu rješavanja problema korištene su poprečne kondenzatorske baterije smještene u čvorištu asinkronog generatora.</p> <p>U FACTS pristupu korišten je "objednjeni regulator tokova snaga" (eng. Unified Power Flow Controller – UPFC), koji je smješten u točki priključenja vjetroelektrane na distribucijsku mrežu.</p> <p>Korištenje FACTS naprave predstavlja pokušaj rješavanja tehničkih pitanja vezanih uz regulaciju napona u čvorištu priključenja vjetroelektrane te uz minimiziranje razmjene jalove snage vjetroelektrane s distribucijskom mrežom.</p> <p>(Lit. 12, sl. 38 – original na hrvatskom jeziku)</p> <p style="text-align: right;">Autori ISSN 0013-7448 ENJAAC 53/1/39 – 51/2004.</p>

ENERGIJA 1465

1. FACTS kompenzacija jalove snage  
vjetroelektrane
- I. Dizdarević, N. – Majstrović, M. – Žutobradić, S.
- II. Energetski institut "Hrvoje Požar", Savska  
cesta 163, 10000 Zagreb, Hrvatska

UDK 621.3.016.25:621.311.24

*Vjetroelektrana*  
*FACTS*  
*UPFC*  
*Regulacija napona*  
Kompenzacija jalove snage



## 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 1459 <span style="float: right;">UDK 621.311.01.03:658.516 SUBJECT REVIEW</span></p> <p style="text-align: center;">ENERGIJA 53/2004/1, 3 – 8</p> <p style="text-align: center;"><b>MAINTENANCE COSTS OF HEP DISTRIBUTION LTD</b></p> <p style="text-align: center;"><i>Marko Tominac, B. Sc.</i></p> <p style="text-align: center;">HEP Distribucija d.o.o. – DP Elektra Vinkovci, Kralja Zvonimira 96, 32100 Vinkovci, Croatia</p> <p style="text-align: center;"><i>Stjepan Megla, B. Sc.</i></p> <p style="text-align: center;">HEP Distribucija d.o.o. – Sektor za tehničke poslove, Ulica grada Vukovara 37, 10000 Zagreb, Croatia</p> <p>In the paper an analytical review of maintenance costs for each distribution area is given as well as interrelations based on different criteria, for example territory (continental, coastal, big cities) and electric energy losses. Real data from HEP Distribution book keeping and operation in the year 2001 are used.</p> <p>The analysis is based on short term cost theory. Short term means a period of time in which firm costs cannot be influenced, while long term also covers the investment period.</p> <p>(No. of References: 6, Fig.: 4 – original in Croatian)</p> <p style="text-align: right;"><i>Authors</i> ISSN 0013-7448 ENJAAC 53/1/3 – 8/2004.</p>
	<p>ENERGIJA 1460 <span style="float: right;">UDK 697.34:621.311.22 SUBJECT REVIEW</span></p> <p style="text-align: center;">ENERGIJA 53/2004/1, 25 – 37</p> <p style="text-align: center;"><b>ZAGREB 2 PILOT PROJECT OF INDIVIDUAL HEATING COSTS</b></p> <p style="text-align: center;"><i>Florijan Rajić, M. Sc.</i></p> <p style="text-align: center;">Omiška 18, 10000 Zagreb, Croatia</p> <p>Compared to other European countries Croatia has too big a consumption of fuels and heating energy. Its decrease could be reached through several basic ways: by a more rational usage, using correspondent measurement and regulation equipment, as well as by new heating costs' calculation. Best results are obtained when using current and justified individual costs, which leads to rational usage and significant savings by all consumers.</p> <p>To organise that in spring of 1997, an agreement was reached among the Ministry of Economic Affairs of the Republic of Croatia (Department for Energy and Mining), City Housing and Communal Economy (GSKG), the companies Techem AG from Frankfurt and Danfoss Ltd. from Zagreb and an apartment building in 84-86 Gospodska Street. This was determined as the first pilot project of individual heating costs. A year later, in spring 1998, the same contributors, i.e. the firms Techem and Danfoss as well as the GSKG representatives, HEP TD and Ministry of Economic Affairs agreed that the Zagreb 2 Pilot Project was going to be the building II Vrbik 1-3.</p> <p>(No. of References: 9, Fig.: 7 – original in Croatian)</p> <p style="text-align: right;"><i>Author</i> ISSN 0013-7448 ENJAAC 53/1/25 – 37/2004.</p>
	<p>ENERGIJA 1461 <span style="float: right;">UDK 621.83.001:398 SUBJECT REVIEW</span></p> <p style="text-align: center;">ENERGIJA 53/2004/1, 63 – 71</p> <p style="text-align: center;"><b>EIGRP – ELECTRONIC HIGHWAY ROUTING PROTOCOL</b></p> <p style="text-align: center;"><i>Ivan Janeš, B. Sc.</i></p> <p style="text-align: center;">HEP Prijenos d.o.o., Ulica grada Vukovara 37, 10000 Zagreb, Croatia</p> <p>The content of the paper is the EIGRP dynamic routing protocol in Electronic Highway network. EIGRP has four functional parts: protocol related modules, Reliable Transport Protocol, determination of neighbours and algorithm of diffused refreshment, which are separately described. Algorithm of diffused refreshment has been particularly emphasised because it is the backbone of EIGRP functioning. Also, different formats of EIGRP packages are presented.</p> <p>(No. of References: 3, Fig.: 6 – original in Croatian)</p> <p style="text-align: right;"><i>Author</i> ISSN 0013-7448 ENJAAC 53/1/63 – 71/2004.</p>

## ENERGIJA 1461

UDK 621.83.001:398

1. EIGRP– Electronic Highway Routing Protocol

*Enhanced Interior Gateway Routing Protocol*

*I. Janeš, I.*

*EIGRP*

- II. HEP Prijenos d.o.o., Ulica grada Vukovara 37, 10000 Zagreb, Croatia

*IGRP*

*Vector of Distance Protocol*

*Connected States Protocol*

*Routing*

*Dual Algorithm*

*TCP/IP*

## ENERGIJA 1460

UDK 697.34:621.311.22

1. Zagreb 2 Pilot Project of Individual Heating Costs

*Individual Heating Costs*

*I. Rajić, F.*

*Pilot Project*

- II. Omiška 18, 10000 Zagreb, Croatia

## ENERGIJA 1459

UDK 621.311.01.03:658.516

1. Maintenance Costs of HEP Distribution Ltd.

*Regular Costs*

*I. Tominac, M. – Megla, S.*

*Auxiliary Costs*

- II. HEP Distribucija d.o.o. – DP Elektra Vinkovci, Kralja Zvonimira 96, 32100 Vinkovci, Croatia – HEP Distribucija d.o.o. – Sektor za tehničke poslove, Ulica grada Vukovara 37, 10000 Zagreb, Croatia

## 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 1462 <span style="float: right;">UDK 621.3.011.21:621.317 SUBJECT REVIEW</span></p> <p style="text-align: center;">ENERGIJA 53/2004/1, 53 – 62 <b>IMPEDANCE MEASUREMENT</b> <i>Dušan Vujević, D. Sc.</i> Cankareva 2 a, 10000 Zagreb, Croatia</p> <p>In each a.c. system switch, appliance or network impedances are basic components. Impedance values and their components are determined by measurement. There are numerous measurement methods that are a basis for laboratory and commercial measurement devices and instruments.</p> <p>(No. of References: 10, Fig.: 17 – original in Croatian)</p> <p style="text-align: right;"><i>Author</i> ISSN 0013-7448 ENJAAC 53/1/53 – 62 /2004.</p>
	<p>ENERGIJA 1463 <span style="float: right;">UDK 621.316.1:338.52 SUBJECT REVIEW</span></p> <p style="text-align: center;">ENERGIJA 53/2004/1, 9 – 15 <b>ECONOMIC CHARACTERISTICS OF TARIFF SYSTEM FOR ELECTRIC ENERGY TRANSMISSION IN EU COUNTRIES</b> <i>Marijan Magdić, B. Sc.</i> Institut za elektroprivredu i energetiku, Ulica grada Vukovara 37, 10000 Zagreb, Croatia</p> <p>In the world and in Croatia transformation of electric supply companies is taking place whereby monopoly is abandoned and markets of electric energy applied. Basic prerequisites for electric energy market are: economic separation of electric supply functions and free access to transmission and distribution to all energy entities. Under these circumstances, among other things, transmission of electric energy needs special care regarding: organization of electric energy transmission, structure and level of electric energy transmission service, as well as specific costs that make the price of transmission service. The level of prices for electric energy service in the European countries shows characteristics of each electric supply company, the same level for eligible and non-eligible customers and level 3-10 Euro/MWh.</p> <p>(No. of References: 7, Fig.: – – original in Croatian)</p> <p style="text-align: right;"><i>Author</i> ISSN 0013-7448 ENJAAC 53/1/9 – 15/2004.</p>
	<p>ENERGIJA 1464 <span style="float: right;">UDK 621.315.1:515.5 PROFESSIONAL PAPER</span></p> <p style="text-align: center;">ENERGIJA 53/2004/1, 17 – 23 <b>METEOROLOGICAL FACTS AND TRANSMISSION LINE DAMAGES FROM RIJEKA TO PERUČA IN JANUARY 2003</b> <i>Lidija Cvitan, B. Sc – Gordana Hrabak-Tumpa, B. Sc.</i> Državni hidrometeorološki zavod, Grič 3, 10000 Zagreb, Croatia <i>Ante Delonga, B. Sc.</i> HEP Prijenos d.o.o. – Prijenosno područje Split, Ulica kneza Ljudevita Posavskog 5, 21000 Split, Croatia</p> <p>During January 2003, because of ice and/or wind a major part of Croatia south of Rijeka, found itself without electric energy. The reason was the failure of some Croatian transmission lines. In this paper only the most important failures are given, as well as the entire state of Lika distribution network, and the inland region south of Velebit.</p> <p>In the second part of the paper weather conditions in the period from 7 to 15 January from Rijeka to Peruća are presented in order to analyze meteorological reasons of damages on transmission network. The most dangerous among them was very strong to stormy and even hurricane-speed bora, together with rain that was freezing in contact with the soil. Freezing rain was extremely strong and long lasting in the Knin region.</p> <p>(No. of References: 7, Fig.: 2 – original in Croatian)</p> <p style="text-align: right;"><i>Authors</i> ISSN 0013-7448 ENJAAC 53/1/17 – 23/2004.</p>

## ENERGIJA 1464

UDK 621.315.1:515.5

- |   |   |
|---|---|
| <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Meteorological Facts and Transmission Line Damages from Rijeka to Peruča in January 2003</li> <li>I. <i>Cvitan, L. – Hrabak-Tumpa, G. – Delonga, A.</i></li> <li>II. Državni hidrometeorološki zavod, Grič 3, 10000 Zagreb, Croatia – HEP Prijenos d.o.o. – Prijenosno područje Split, Ulica kneza Ljudevita Posavskog 5, 21000 Split, Croatia</li> </ol> | <p><i>Transmission Line</i><br/><i>Line Failure</i><br/><i>Bora</i><br/><i>Surplus Weight from Ice and Snow</i></p> |
|---|---|

## ENERGIJA 1463

UDK 621.316.1:338.52

- |   |  |
|---|--|
| <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Economic Characteristics of Tariff System for Electric Energy Transmission in EU Countries</li> <li>I. <i>Magdić, M.</i></li> <li>II. Institut za elektroprivredu i energetiku, Ulica grada Vukovara 37, 10000 Zagreb, Croatia</li> </ol> | <p><i>Electric Energy Market</i><br/><i>Transmission</i><br/><i>Tariff</i></p> |
|---|--|

## ENERGIJA 1462

UDK 621.3.011.21:621.317

- |  |  |
|--|--|
| <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Impedance Measurement</li> <li>I. <i>Vujević, D.</i></li> <li>II. Cankareva 2a, 10000 Zagreb, Croatia</li> </ol> | <p><i>Impedance</i><br/><i>Impedance Measurement</i></p> |
|--|--|

## 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 1465 <span style="float: right;">UDK 621.3.016.25:621.311.24</span>  <span style="float: right;">ORIGINAL SCIENTIFIC PAPER</span>  ENERGIJA 53/2004/1, 39 – 51  <b>FACTS COMPENSATION OF REACTIVE POWER FROM WIND POWER PLANTS</b>  <i>Nijaz Dizdarević, D. Sc – Mislav Majstrovic, D. Sc. – Srđan Žutobradić, D. Sc.</i>  Energetski institut "Hrvoje Požar", Savska cesta 163, 10000 Zagreb, Croatia</p> <p>In this paper the problem of FACTS regulation of voltage and reactive power compensation is presented in a distribution network with wind power plant connected.  Wind power plant has constant speed and constant frequency using asynchronous generator operated by not regulated wind turbine. The problem is analyzed based on short-term (10sek), mid-term (10min) and long-term (48 hours) time period of system variables reaction on different wind speed changes. Regarding different wind speed wind power plant injects different values of active and reactive power into distribution network whereby near consumers are subject to significant voltage changes.  In a conventional approach to the problem shunt compensation batteries situated in the node of asynchronous generator were used. In <i>FACTS</i> approach Unified Power Flow Controller – UPFC is used, which is situated in the node where wind power plant is connected to the distribution grid.  Using <i>FACTS</i> compensation presents an attempt to resolve technical questions of voltage regulation in the node of wind power plant connection and minimisation of reactive power interchange between wind power plant and distribution network.  (No. of References: 12, Fig.: 38 – original in Croatian)</p> <p style="text-align: right;"><i>Authors</i>  ISSN 0013-7448  ENJAAC 53/1/39 – 51/2004.</p>

ENERGIJA 1465

UDK 621.3.016.25:621.311.24

1. *FACTS Compensation of Reactive Power From Wind Plants*
- I. *Dizdarević, N. – Majstrovic, M. – Žutobradić, S.*
- II. Energetski institut "Hrvoje Požar", Savska cesta 163, 10000 Zagreb, Croatia

*Wind Power Plant*  
*FACTS*  
*UNFC*  
*Voltage Regulation*  
*Reactive Power Compensation*