



# Elektroprivreda

ČASOPIS ZAJEDNICE JUGOSLOVENSKE ELEKTROPRIVREDE • THE JOURNAL OF THE UNION OF YUGOSLAV  
ELECTRIC POWER INDUSTRY • REVUE DE L'UNION YOUGOSLAVE DE L'ELECTRICITE • ЖУРНАЛ ОБЪЕДИНЕННИЙ  
ЮГОСЛАВСКОГО ЭЛЕКТРОХОЗЯЙСТВА • ZEITSCHRIFT DES JUGOSLAWISCHEN ELEKTRIZITÄTSWIRTSCHAFT

Godina Year	LV	Oktobar–Decembar October–December	Broj No.	4
----------------	----	--------------------------------------	-------------	---

Sadržaj	Strana Page	Content
---------	----------------	---------

*Branislav A. Bošković*

**UVODNA REČ 3 DEAR READERS**

*Dragan P. Popović*

<b>AUTOMATIZOVANI PRORAČUN GRANIČNIH PRENOSNIH KAPACITETA ELEKTROENERGETSKIH INTERKONEKCIJA</b>	5	<b>AUTOMATIC CROSS-BORDER TRANSMISSION CAPACITIES ASSESSMENTS OF ELECTRIC POWER INTERCONNECTIONS</b>
---	---	--

*Zlatan Stojković, Dejan Medan, Maja Nikolić, Živko Stankić i Saša Oparnica*

<b>NEKI ASPEKTI PRIMENE PROGRAMA AUTOCAD U RAČUNARSKOM PROJEKTOVANJU</b>	18	<b>SOME ASPECTS OF AUTOCAD PROGRAM APPLICATION IN COMPUTER-AIDED DESIGN</b>
--	----	---

*Kosta Kostorić*

<b>PRIKLJUČENJE DISTRIBUIRANE PROIZVODNJE NA MREŽU</b>	27	<b>CONNECTION OF DISTRIBUTED GENERATION TO THE NETWORK</b>
--	----	--

*Tomislav Milanov*

<b>IZBOR VRSTE KABLOVA 110 kV NA KONZUMU TS 400/110 kV/kV BEOGRAD XX S OBZIROM NA UKUPNU KAPACITIVNU SNAGU KABLOVA</b>	32	<b>SELECTION OF TYPE OF 110 KV CABLES IN THE CONSUMPTION SUBSTATION 400/110 KV/KV BEOGRAD XX WITH RESPECT TO THE TOTAL CABLE CAPACITY</b>
--	----	---

*Milan R. Radovanović, Aleksandar D. Razumenić i Dragoslava D. Stojiljković*

<b>MODEL ZA PROCENU SAMOPALJENJA UGLJA NA SKLADIŠTU</b>	38	<b>MODEL FOR ESTIMATION OF COAL SELF- IGNITION IN STOCKPILE</b>
---	----	---

*Jelena Popović i Snežana Šarboh*

<b>ZAŠTITA PRONALAZAKA I INFORMACIONI SERVISI</b>	50	<b>PROTECTION OF INVENTIONS AND INFORMATION SERVICES</b>
---	----	--

*Branislav A. Bošković*

<b>OSTVARENJE ELEKTROENERGETSKOG BILANSA DRŽAVNE ZAJEDNICE SRBIJA I CRNA GORA U 2003. GODINI</b>	59	<b>REALIZATION OF THE POWER BALANCE OF THE STATE COMMUNITY SERBIA &amp; MONTENEGRO IN 2003</b>
--	----	--

*Stručna služba*

<b>DOKTORI NAUKA KOJI SU DOKTORIRALI IZ OBLASTI ENERGETIKE U PERIODU 2001–2003. GODINE</b>	73	<b>DOCTORS OF SCIENCE WHO HAVE RECEIVED THEIR DOCTORATE IN THE FIELD OF ENERGY IN THE PERIOD 2001–2003</b>
--	----	--

**IZDAVAČ:**  
**PUBLISHER:**

**ZAJEDNICA JUGOSLOVENSKE ELEKTROPRIVREDE**  
**UNION OF YUGOSLAV ELECTRIC POWER INDUSTRY**

11 000 Beograd, Balkanska 13

Telefon: 686-633, 643-823, 688-092, 687-199 (centrala)

Telefaks: 686-398

Internet strana: [www.eps.co.yu](http://www.eps.co.yu); [www.epcg.cg.yu](http://www.epcg.cg.yu); Elektronska pošta: [jugel@sezampro.yu](mailto:jugel@sezampro.yu)

**DIREKTOR I GLAVNI I ODGOVORNI UREDNIK**  
**DIRECTOR AND CHIEF EDITOR**

Branislav A. Bošković, dipl. ing.

**IZDAVAČKI SAVET**  
**PUBLISHING COUNCIL**

Branislav A. Bošković, dipl. ing., predsednik, Zajednica jugoslovenske elektroprivrede, Beograd;

Vladimir Vujović, dipl. ing., član, „Elektroprivreda Crne Gore” AD, Nikšić;

Dr Slobodan Ružić, dipl. ing., član, Ministarstvo za energetiku i rudarstvo u Vladi Republike Srbije, Beograd;

Radomir Naumov, dipl. ing., član, Elektrotehnički institut „Nikola Tesla”, Beograd;

Dr Duško Tubić, dipl. ing., član, JP „Elektroprivreda Srbije”, Beograd;

Branko Kotri, dipl. ing., član, „Elektroprivreda Crne Gore” AD, Nikšić.

**REDAKCIONI ODBOR**  
**EDITORIAL BOARD**

Vladimir Vujović, dipl. ing., predsednik, „Elektroprivreda Crne Gore” AD, Nikšić;

Dr Duško Tubić, dipl. ing., zamenik predsednika, JP „Elektroprivreda Srbije”, Beograd;

Prof. dr Miroslav Benišek, dipl. ing., član, Mašinski fakultet, Beograd;

Prof. dr Branislav Đorđević, dipl. ing., član, Građevinski fakultet, Beograd;

Prof. dr Jovan Nahman, dipl. ing., član, Elektrotehnički fakultet, Beograd;

Prof. dr Dragan Popović, dipl. ing., član, Elektrotehnički institut „Nikola Tesla”, Beograd;

Prof. dr Nikola Rajaković, dipl. ing., član, Elektrotehnički fakultet, Beograd;

Prof. dr Sreten Škuletić, dipl. ing., član, Elektrotehnički fakultet, Podgorica;

Dr Petar Vukelja, dipl. ing., član, Elektrotehnički institut „Nikola Tesla”, Beograd;

Dr Milivoje Cvetinović, dipl. mat., član, SAP, Beograd;

Mr Dragan Vlasisavljević, dipl. ing., član, JP „Elektroprivreda Srbije”, Beograd;

Mr Milan Gavrilović, dipl. ing., član, JP „Elektroprivreda Srbije”, Beograd;

Mr Gojko Dotlić, dipl. ing., član, „Elektroprivreda Srbije”, Beograd;

Mr Radmilo Ivanković, dipl. ing., član; Beograd;

Mr Miroslav Marković, dipl. ing., član, „Elektroprivreda Crne Gore” AD, Nikšić;

Mr Branko Stojković, dipl. ing., član, „Elektroprivreda Crne Gore” AD, Nikšić;

Gojko Vlasisavljević, dipl. ing., član, „Elektroprivreda Srbije”, Beograd;

Aleksandar Vlajčić, dipl. ing., član, „Elektroprivreda Srbije”, Beograd;

Milan Jakovljević, dipl. ing., član, „Elektroprivreda Srbije”, Beograd;

Mladen Serventi, dipl. ek., član, „Elektroprivreda Srbije”, Beograd;

Vojislav Škundrić, dipl. ing., član, „Elektroprivreda Srbije”, Beograd;

Momčilo Gojgić, dipl. prav., član, Zajednica jugoslovenske elektroprivrede, Beograd;

Lela Lončar, dipl. filolog, član, Zajednica jugoslovenske elektroprivrede, Beograd.

**TEHNIČKI UREDNIK**  
**TECHNICAL EDITOR**

Jovo Todorović dipl. teh.

**LEKTOR**

**LINGUISTIC REVIEW**

Lela Lončar, dipl. filolog

**TEHNIČKI CRTAČ**

**MAPS AND GRAPHICS**

Milanka Pejović,

teh. crtač

Časopis „Elektroprivreda” izlazi kvartalno.

The „Elektroprivreda” journal is issued quarterly.

Časopis „Elektroprivreda” se izdaje u 2003. godini uz finansijsku pomoć Ministarstva za nauku, tehnologiju i razvoj Republike Srbije

The „Elektroprivreda” journal is published in 2003 with financial support of Ministry for Science, Technology and Development of the Republic of Serbia

Štampa: „Kultura”, Beograd, Maršala Birjuzova 28

Printed by: „Kultura”, Beograd, Maršala Birjuzova 28

Tiraž: 1 000 primeraka

Circulation: 1,000 copies

## **Poštovani čitaoci**

*Sa željom da naš časopis i dalje pobuđuje vaše interesovanje i težnju da prati trendove stručnih časopisa, posebno sad kad se očekuje da postane časopis od nacionalnog interesa u oblasti kojom se bavi, obraćamo vam se sa par sugestija.*

*Očekujemo od vas da nam se povremeno javite sa dobronamernim sugestijama, posebno sa željom da pokrenemo zajedno kritičku rubriku radova koje objavljujemo, a svakako i sa pitanjima za autore ako ih ima, a nadamo se da ih ima. Napominjemo da se, prema praksi koja se primenjuje u poznatim svetskim stručnim časopisima, neće objavljivati afirmativni prilozi, kao ni prilozi van tematike kojom se bavi predmetni rad i uopšte naš časopis.*

*Vaš stav, ukoliko poštuje gore navedeno, objavićemo u narednom broju časopisa. Svakako, posle tog objavljivanja omogućićemo i autoru komentaranog rada da da odgovor na eventualno postavljena pitanja i potrebna objašnjenja, sve u meri i ukoliko on bude nalazio za shodno, a koji bi usledio u tom broju ili narednom, zavisno od toga kada će stići odgovor, stav autora, čime bi se završio komentar predmetnog rada.*

*Mislimo da će na ovaj način naš, a svakako i vaš časopis, postovani čitaoci, dobiti na kvalitetu, što nam je svima, verujem, cilj.*

*Ujedno vas pozivamo da nađete prostora u vašem slobodnom vremenu i napišete rad koji je u direktnoj ili indirektnoj vezi sa elektroprivrednom delatnošću kojom se bavite, i na taj način upoznate širu stručnu javnost sa problemima iz prakse na koje ste naišli i sa načinom na koji ste ih sa uspehom prevazišli, i tako pomognete svojim kolegama da eventualno slične probleme lakše reše. U praksi se sigurno često susrećete sa dosta teškim problemima koje mukotrpno rešavate, a da to drugi i ne znaju. Neka vam i to bude razlog da napišete rad, koji ćemo rado objaviti, svakako po propozicijama koje važe za časopis.*

*Smatramo da ovi predlozi neće ostati bez odjeka, jer višedecenijsko izlaženje (pri kraju smo šeste decenije izlaženja) našeg i vašeg časopisa to zaslužuje.*

*Unapred hvala svima koji će nas podržati u našoj želji da časopis postane još kvalitetniji, a sa-mim tim i prisutniji među vama.*

*S poštovanjem,*

*Glavni i odgovorni urednik  
Branislav A. Bošković*

## ***Dear readers,***

*It is our wish that our journal continues to arouse your interest and strives to follow the trends that should be applied in journals, especially now that it is to become a journal of national interest in the field that it deals with and we therefore address you with a few suggestions.*

*We herewith call you to write to us occasionally with well-intentioned suggestions, having a desire to initiate, together with you, a column intended for criticism on papers published in our journal. Your questions to authors, if any, would also be welcome and we hope that there are such questions. Please note that, in accordance with the practice applied in well-known international journals, we shall not publish any affirmative supplements, nor supplements referring to matters not covered in a referent paper nor in our journal.*

*Your opinion, provided it respects the aforesaid, will be published in the following issue of our journal. After publishing your comments, we shall certainly make it possible for the author of the commented paper to reply to all questions and give necessary explanations, to the extent he finds appropriate, and that would be published in the same or the following issue, depending on the time of arrival of the author's reply, thereby concluding the comments on the referent paper.*

*We hope that this will contribute to the quality of our common journal, dear readers, which I believe is the aims of all of us.*

*Your efforts to find time to write a paper directly or indirectly referring to your particular field of activities within the electric power industry would be very much appreciated, bearing in mind that a large number of our professional readership would be thus informed on the problems which you had come across in your practice and on the way you had successfully overcome them, and you would thereby help your colleagues in solving their similar problems. You have probably been facing many difficult problems in your practice which can be solved with great difficulty, but which many people are not aware of. Let that be one of the reasons for writing a paper on that subject, which we shall be glad to publish, of course according to the propositions applying to our journal.*

*We are sure that these suggestions will not be left without a response, due to the fact that almost six decades have passed since the first issue of our common journal was published which does us great credit.*

*A great appreciation is extended in advance to all those who will support us in our desire to contribute to an even higher quality of our journal and thus bring our journal closer to our dear readers.*

*Yours faithfully,*

*Editor-in-Chief  
Branislav A. Bošković*

---

Dragan P. Popović

# Automatizovani proračun graničnih prenosnih kapaciteta elektroenergetskih interkonekcija

Pregledni rad  
UDK: 621.315; 621.31

---

Rezime:

*U prvom delu ovoga rada izlažu se relevantni metodološki aspekti automatizovanog proračuna graničnih prenosnih kapaciteta i elektroenergetskih interkonekcija. Ovi proračuni su bazirani na nestandardnoj metodologiji za analize statičke sigurnosti, uz korišćenje svih njenih pogodnosti kod utvrđivanja graničnih prenosnih kapaciteta, uz puno respektovanje aktuelnih kriterijuma, standarda i prakse Udruženja evropskih operatera prenosne mreže.*

**Ključne reči:** metodologija, automatizovani proračun, prenosni kapaciteti, elektroenergetska interkonekcija, otvoreno tržište električne energije

---

Abstract:

*AUTOMATIC CROSS-BORDER TRANSMISSION CAPACITIES ASSESSMENTS  
OF ELECTRIC POWER INTERCONNECTIONS*

*The first part of this paper deals with relevant methodological aspects of automatic transmission capacity assessments of electric power interconnection. Those assessments are based on nonstandard methodology for steady-state security analyses, using all favourable properties of this methodology in cross-border assessments and respecting the actual criteria, standards and practice of European Transmission System Operators.*

**Key words:** methodology, automatic assessment, transmission capacities, electric power interconnection, open electricity market

---

## 1. UVOD

Procesi liberalizacije tržišta električne energije i konsekvantno tome, restrukturiranje elektroprivrednih kompanija (kao jednom od najznačajnijih, a reklo bi se i najsloženijih i najdelikatnijih segmenata procesa reformi energetskog sektora) uneli su veoma širok spektar novih metodoloških i praktičnih aspekata. To je naročito izraženo u pogledu novih zahteva i izazova u planiranju, eksploataciji i uprav-

ljanju, sada ne samo pojedinih elektroenergetskih sistema (EES-a), već i elektroenergetskih interkonekcija u celini, u kojima se oni nalaze.

Naravno, pomenuti procesi veoma su aktuelni i za Srbiju i njenu elektroprivredu. Planira se njihovo intenziviranje, koje neposredno sledi iz sledećih činjenica:

– Tokom 2004. godine očekuje se povezivanje Druge UCTE zone, u kojoj se nalazi i EES Srbije, sa glavnim delom UCTE mreže [1];

---

*Prof. dr Dragan P. Popović, naučni savetnik Instituta „Nikola Tesla”, 11 000 Beograd, Koste Glavinića 8a, e-mail: dpopovic@ieent.org*

- U toku je proces formiranja i uspostavljanja Regionalnog tržišta električne energije (REM - Regional Electricity Market), koji je započet potpisivanjem Deklaracije o namerama [2] i Memoranduma o razumevanju [3], u čemu su učestvovalе zemlje jugoistočne Evrope. Cilj je uspostavljanje REM-a u periodu do 2006. godine [4];
- Takođe, u toku je formiranje Regulatorne agencije za energetiku u Srbiji [5], sa osnovnim ciljem povećanja sveukupne efikasnosti u energetskom sektoru, harmonizacije propisa u oblasti energetike sa direktivama Evropske Unije (EU), kao i stvaranja uslova za regionalne integracije, odnosno pridruživanju Regionalnom tržištu električne energije na području jugoistočne Evrope.

Saglasno studiji [4] i programskim zadacima, predloženih od strane EU, planiraju se dva regionalna operatora sistema na području jugoistočne Evrope [1]. Jedan, za tehnička pitanja a drugi, za funkcionisanje tržišta električne energije. Kod operatora sistema, predviđenog za relevantna tehnička pitanja rada u zajedničkoj interkonekciji, između ostalog, potrebno je da se obavljaju sledeće aktivnosti:

- Provera globalne sigurnosti;
- Proračun neto prenosnih kapaciteta (NTC-Net Transfer Capacity [6,7]). Dnevno i nedeljno njihovo određivanje i harmonizacija dobijenih rezultata proračuna;
- Proračun zagušenja za sledeći dan (DAFC - Day Ahead Congestion Forecast [8]).

Dakle, u pomenutom kontekstu liberalizacije tržišta električne energije, problematika sigurnosti, odnosno pitanje utvrđivanja graničnih prenosnih kapaciteta u okviru realnih interkonekcija, dobija prvorazredni praktični značaj. Dakle, nakon proračuna prenosnih kapaciteta sledi nezaobilazna faza u kojoj se vrši upravljanje zagušenjem (Congestion Management), uz prethodno sprovedenu prognozu zagušenja (Congestion Forecast).

U otvorenom, deregulisanom tržištu, neophodno je, za razmatrana stanja, da se što tačnije utvrđuju granične prenosne mogućnosti, koje zadovoljavaju postavljena sigurnosna ograničenja, kako bi se dalje mogle da obavljaju potrebne finansijske transakcije. Znači, u uslovima otvorenog tržišta električne energije, neophodno je što tačnije utvrđivati koliko je moguće preneti snage između definisanih punktova u razmatranoj interkonekciji. Odnosno, potrebno je unapred znati koje su stvarne tehničke granice za analizirane razmene, respektujući niz postojećih različitih ograničenja koja su prisutna u eksploataciji elektroenergetskih sistema. Pri tome, zahteva se da dobijeni rezultati proračuna budu prikazani na jasan, jednostavan i pregledan način.

Stoga, problemu evaluacije prenosnih kapaciteta (ne retko se koristi i termin - prenosne mogućnosti) posvećen je veoma veliki broj radova, koje je nemoguće sve citirati u raspoloživom prostoru za ovaj rad. Umesto toga, radi ilustracije, navode se samo nekoliko referenci novijeg datuma [9–17], koje mogu da budu dovoljno indikativne u pogledu predmeta i sadržaja sprovedenih istraživanja na planu utvrđivanja prenosnih kapaciteta.

Do sada, u našoj praksi, proračune prenosnih kapaciteta (u daljem tekstu za ovaj pojam koristiće se oznaka NTC - Net Transfer Capacity), u okviru Druge UCTE sinhronе zone, vršio je EKC - Elektroenergetski Koordinacioni Centar, za potrebe svojih Osnivača - Elektroprivreda Srbije, Crne Gore, Makedonije i Republike Srpske [18].

Takođe EKC je aktivno uključen i u analize vezane za prognozu i eliminaciju zagušenja u okviru Druge UCTE sinhronе zone [19, 20]. Procedure, standarde i preporuke za upravljanjem zagušenjima u okviru unutrašnjeg tržišta električne energije u EU definiše ETSO-European Transmission System Operators (Udruženje evropskih operatora prenosne mreže) [21, 22]. Uz prethodno pomenute aktivnosti oko formiranja regionalnog tržišta električne energije, zahtev kompatibilnosti sa tržištem u EU uslovio je formiranje organizacije SETSO - South Eastern European Transmission System Operators. Ova organizacija, u kojoj su uključeni predstavnici elektroprivreda Srbije i Crne Gore i EKC-a, nalazi se pod okriljem ETSO, sa zadatkom konzistentne primene aktuelnih ETSO metodologija i standarda na području jugoistočne Evrope. U okviru SETSO formirane su dve podgrupe, od kojih se jedna bavi problematikom tranzita. Druga podgrupa (NACMPF - Network Access, Congestion Management and Power Flows), bavi se nastavkom razvoja procedura vezanih za upravljanjem zagušenja i proračunom prenosnih kapaciteta, uz respektovanje kriterijuma i standarda ETSO, ali i uz respektovanje specifičnosti svakog EES-a u regionu [19].

Takođe, proračun NTC-a zahteva razradenu proceduru razmene potrebnih podataka između učesnika [23, 24], kao i neophodnu efikasnu softversku podršku koja bi omogućavala automatizaciju pomenutih aktivnosti, a samim tim i skraćenje vremena potrebnog za njihovo obavljanje, što je od izuzetne praktične važnosti. Mnogi od tih aspekata su još u razradi u Drugoj UCTE sinhronоj zoni i bili su predmet pažnje SUDEL-ove radne grupe „Market Facilitation” [20], čije je poslove preuzela pomenuta asocijacija SETSO, sa svojim podgrupama.

Imajući u vidu prethodno rečeno, kao i činjenicu da će, u bliskoj budućnosti, restrukturirani deo EPS-a koji se odnosi na prenosni sistem (a koji bi

shodno direktivi EU bio odvojeno i nezavisno pred-uzete), vršiti proračune NTC-a, Elektroprivreda Srbije je pokrenula izradu Studije-Projekta, čiji bi finalni rezultat bio računarski program za automatizovani proračun NTC-a, uz puno respektovanje aktuelne prakse ETSO. Na toj studiji, čiji je naziv „Razvoj i praktična primena računarskog programa za automatizovan proračun prenosnih mogućnosti elektroenergetskih interkonekcija”, Institut „Nikola Tesla” intenzivno radi. Rezultati svih do sada realizovanih aktivnosti, koje su se odnosile na relevantne metodološke i praktične aspekte razvijenog softvera za automatizovani proračun graničnih prenosnih kapaciteta elektroenergetskih interkonekcija predmet su ovoga rada, koji je zbog obima relevantnih sadržaja organizovan u dva dela.

Prvi deo rada sastoji se od sedam poglavlja. Posle ovog prvog poglavlja, koje ima uvodni karakter i drugog poglavlja, u kome se daje lista upotrebljenih oznaka, u trećem poglavlju izlažu se aktuelne definicije (i njihovo tumačenje) prenosnih kapaciteta, date od strane ETSO. Četvrto poglavlje se bavi aktuelnom ETSO procedurom za proračun prenosnih kapaciteta. Peto poglavlje je centralno poglavlje ovog dela rada, jer se bavi metodološkim osnovama proračuna graničnih prenosnih kapaciteta, uz isticanje prednosti takvog prilaza u odnosu na prilaze do sada prisutne u praksi. Na kraju ovog dela rada, u šestom poglavlju daju se najvažniji zaključci, a u sedmom poglavlju, kraći popis korišćene literature.

U drugom delu rada, koji je u prirodnom i logičkom kontinuitetu sa ovim prvim delom, izlažu se relevantni praktični aspekti automatizovanog proračuna prenosnih kapaciteta. Mogućnosti i karakteristike razvijene metodologije, odnosno računarskog programa utvrđivane su na primeru automatizovanog proračuna NTC-a, u okviru Druge UCTE sinhronne zone.

## 2. LISTA UPOTREBLJENIH OZNAKA

- $N$  - ukupan broj, odnosno oznaka skupa svih čvorova razmatrane interkonekcije
- $NG$  - ukupan broj (skup) generatorskih čvorova ( $NG \hat{=} N$ )
- $NSV$  - ukupan broj (skup) generatora koji imaju statičku karakteristiku napon - reaktivna snaga ( $NSV \hat{=} NG$ )
- $NL$  - ukupan broj (skup) svih „neproizvodnih” čvorova ( $NL \hat{=} N; NL = N - NG$ )
- $M$  - ukupan broj (skup) regulacionih basena u zajedničkom sinhronom paralelnom radu
- $NAGC_j$  - ukupan broj (skup) generatora koji učestvuju u sekundarnoj regulaciji učestanosti i snaga razmene u „ $j$ ”-tom regulacionom basenu ( $NAGC_j \hat{=} NG; j \hat{=} M$ )

- $NAGC$  - ukupan broj (skup) generatora koji učestvuju u sekundarnoj regulaciji učestanosti i snaga razmene ( $NAGC = \sum NAGC_j$ )
- $\Delta f = f - f_0$  - odstupanje kvazistacionarne vrednosti jedinstvene učestanosti  $f$  od njene vrednosti u polaznom ustaljenom stanju  $f_0$
- $k_{pi}$  - primarna regulaciona konstanta  $i$ -tog agregata
- $P_{GOi}, Q_{GOi}$  - aktivna i reaktivna snaga  $i$ -tog generatora u polaznom ustaljenom stanju
- $V_{GOi}$  - napon na krajevima  $i$ -tog generatora u polaznom ustaljenom stanju
- $s_{Vi}$  - statizam primarne regulacije napona  $i$ -tog generatora
- $P_{Li}(V, f), Q_{Li}(V, f)$  - aktivna i reaktivna snaga potrošača, u  $i$ -tom čvoru, kao složene nelinearne funkcije od napona i učestanosti
- $P_i, Q_i$  - aktivna i reaktivna snaga injektiranja u  $i$ -tom čvoru
- $k_{si}^j$  - koeficijent participacije  $i$ -tog generatora u sekundarnoj regulaciji učestanosti i snaga razmene  $j$ -tog regulacionog basena
- $P_{Tj}, P_{TOj}$  - stvarni i programirani total razmene snaga  $j$ -tog regulacionog basena
- $B_j$  - sekundarna regulaciona energija  $j$ -tog basena
- $DEB_j$  - debalans aktivne snage  $j$ -tog regulacionog basena
- $ACE_j$  - regulaciona greška  $j$ -tog regulacionog basena
- $V, \mathbf{q}$  - moduo i ugao fazora napona  $\underline{V}$
- $\Delta P_r$  - debalans aktivne snage u referentnom čvoru (koji se proizvoljno bira)
- $B_{ij}$  - Susceptansa elemenata  $i$ - $j$

## 3. AKTUELNE DEFINICIJE PRENOSNIH KAPACITETA DATIH OD STRANE ETSO

Problematika vezana za prenosne kapacitete električnih mreža (njihove definicije i načine njihovog utvrđivanja), aktuelna je od momenta kada su prenosni sistemi počeli da se planiraju i da funkcionišu. Dakle, vremenski gledano, ova problematika je bila aktuelna daleko pre početka reformi energetskog sektora, odnosno procesa deregulacije tržišta električne energije i restrukturiranja elektroprivrednih kompanija. Međutim, pomenuti procesi reformi energetskog sektora zahtevali su širu, ali i precizniju sistematizaciju prenosnih kapaciteta, uz (po mogućstvu) davanje jednostavnih objašnjenja, kako bi to bilo jasno i komercijalnim učesnicima na tržištu električne energije. Kako će se to videti u narednom izlaganju, taj cilj, iako jasno definisan, nije bio lako i brzo realizovan, o čemu najbolje govore dosadašnja iskustva ETSO.

Definicije prenosnih kapaciteta, datih od strane ETSO, bile su najpre izložene u dokumentu [6], a zatim je sledio novi dokumenat [7], u kome su, na bazi do tada stečenih iskustava i novo nastalih potreba, izvršene odgovarajuće dopune i korekcije prethodno formulisanih definicija, uz potrebna razjašnjenja i objašnjenja. U cilju dobijanja šire slike o vrstama (i njihovim svojstvima) prenosnih kapaciteta, služe i sledeća dokumenta ETSO [21, 25, 26].

U dokumentu [6], u kome se po prvi put otvorilo pitanje preciznijih definicija prenosnih kapaciteta u uslovima liberalizovanog tržišta električne energije, bile su date sledeće njihove definicije:

- **NTC** (Net Transfer Capacity) - *neto prenosni kapacitet*, koji predstavlja najbolje procenjeni limit za total snage razmene između dva EES-a (regiona, pula, ili dve regulacione oblasti) u razmatranoj interkonekciji;
- **ATC** (Available Transfer Capacity) - *raspoloživi prenosni kapacitet*, koji predstavlja preostali prenosni kapacitet između dva dela interkonekcije, imajući u vidu već ugovorene razmene između njih.

Oba ova prenosna kapaciteta, koja se vezuju za dati vremenski period i specificirano stanje interkonekcije, definišu se preko sledećih relacija:

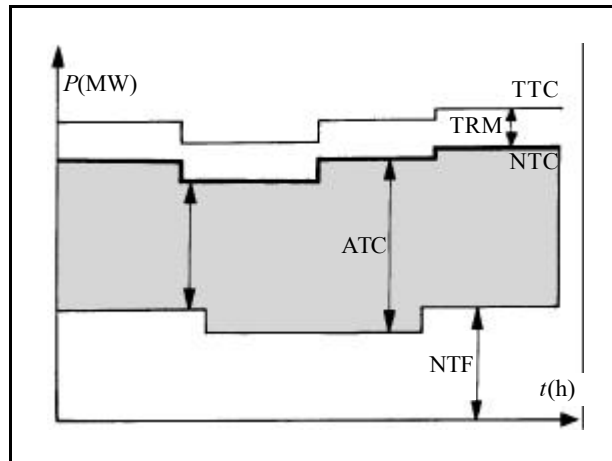
$$\text{NTC} = \text{TTC} - \text{TRM} \quad (1)$$

$$\text{ATC} = \text{NTC} - \text{NTF} \quad (2)$$

gde je:

- **TTC** (Total Transfer Capacity) - *ukupni prenosni kapacitet*, odnosno ukupni iznos snage koji može da se razmenjuje kontinualno između posmatranih EES-a, odnosno delova interkonekcije, a da ne bude ugrožena njena sigurnost, respektujući unapred zadate tehničke kriterijume i ograničenja.
- **TRM** (Transmission Reliability Margin) - *margina pouzdanosti prenosa*, koja je uvedena iz sledećih razloga:
  - obezbeđenje neophodne sigurnosne granice zbog regulacije, odnosno pomoćnih usluga (na primer, sekundarna regulacija učestanosti i snaga razmene),
  - uvažavanje nesigurnosti u pogledu analiziranog stanja EES-a i izbora scenarija, kao i u pogledu preciznosti podataka i primenjenih računarskih metoda i modela.
- **NTF** (Notified Transmission Flow) - *objavljeni tok snage*, odnosno *fizički tokovi snaga (tako je izvorno napisano u dokumentu [6])*, koji će nastati realizacijom postojećih ugovora o razmeni između posmatranih EES-a, odnosno delova interkonekcija.

Grafička interpretacija prethodno iznetih definicija prenosnih kapaciteta daje se na slici 1, koja je preuzeta iz [6].



Slika 1. Grafička interpretacija definicija prenosnih kapaciteta, datih u [6]

Na bazi iznetih definicija, u okviru ETSO vršeni su proračuni prenosnih kapaciteta dva puta godišnje, sa indikativnim njihovim vrednostima, ali ne obavezujućim, koje su se izlagale na ETSO veb sajtu. Međutim, u prethodno datim definicijama, veliku zabunu unelo je unošenje **NTF-a**, kao stvarnih, fizičkih tokova snaga između EES-a koji se posmatraju, u isti kontekst sa totalima snaga razmena. S toga je i neadekvatna grafička interpretacija, data na slici 1 (dakle, ne mogu se prenosni kapaciteti **TTC**, **TRM**, **NTC** i **ATC**, koji predstavljaju totale snaga razmene, stavljati „u istu ravan” sa **NTF**, koji je deklarisan kao fizički tok snage). Naravno, u pomenutom kontekstu i relacija (2) nema smisla (jer ne idu zajedno „babe i žabe”).

Iz pomenutih razloga, ali mnogo više iz razloga što je praksa u okviru asocijacije ETSO otvorila niz novih praktičnih aspekata, došlo je do nove, proširene i poboljšane verzije definicija prenosnih kapaciteta [7], koja je zamenila prethodni dokument [6]. Poboljšanja se ogledaju u sledećem:

- Napravljena je jasna razlika između programiranih vrednosti snaga razmene i fizičkih tokova snaga;
- Uvedena su poboljšanja u metodama za proračun prenosnih kapaciteta na planu harmonizacije procedura između Operatora prenosnih mreža (TSO - Transmission System Operator);
- Precizirane su definicije, vezane za vremenske periode posmatranja, odnosno uvedena je jasna razlika između faze planiranja (planning), koja je na godišnjem nivou i faze dodeljenih kapaciteta (allocation), koja može biti na nivou meseca, nedelje i dana;
- Omogućena je primenljivost novih definicija prenosnih kapaciteta za potrebe tzv. alokacionih procedura (allocation procedures [7]).

U novim definicijama, fundamentalne kategorije prenosnih kapaciteta (**TTC**, **TRM** i **NTC**) se nisu suštinski menjale. Samo su malo dopunjena (preci-



zirana) objašnjenja u vezi sa njima. Tu je najviše urađeno za granicu pouzdanosti prenosa **TRM** (inače, najkompleksnije kategorije prenosnih kapaciteta), za koju se navode sledeći razlozi nastajanja:

- Neplanirane varijacije fizičkih tokova snaga, koje su uzrokovane funkcionisanjem sekundarne regulacije učestanosti i snaga razmene;
- Vanredna, havarijska razmena snaga između TSO, nastala kao posledica neočekivanih debalansa snaga (gubici injektiranja, odnosno ispadi većih proizvodnih kapaciteta) u realnom vremenu;
- Netačnosti u podacima i merenjima.

Saglasno prethodnom, za **NTC** se daje sledeća nova i preciznija definicija:

- **NTC** (Net Transfer Capacity) - maksimalna vrednost programa razmene između dve oblasti, kompatibilna sa sigurnosnim standardima koji se primenjuju u obe oblasti i koja uzima u obzir tehničke nesigurnosti u budućim stanjima razmatrane interkonekcije.

U pomenutim definicijama, suštinska novina je uvođenje prenosnog kapaciteta **AAC**.

- **AAC** (Already Allocated Capacity) - *već dodeljeni kapacitet*, koji predstavlja ukupni iznos dode-

ljenih prenosnih prava, bilo da su to kapaciteti ili programi razmene, zavisno od primenjene alokacione metode (ili metode dodele kapaciteta).

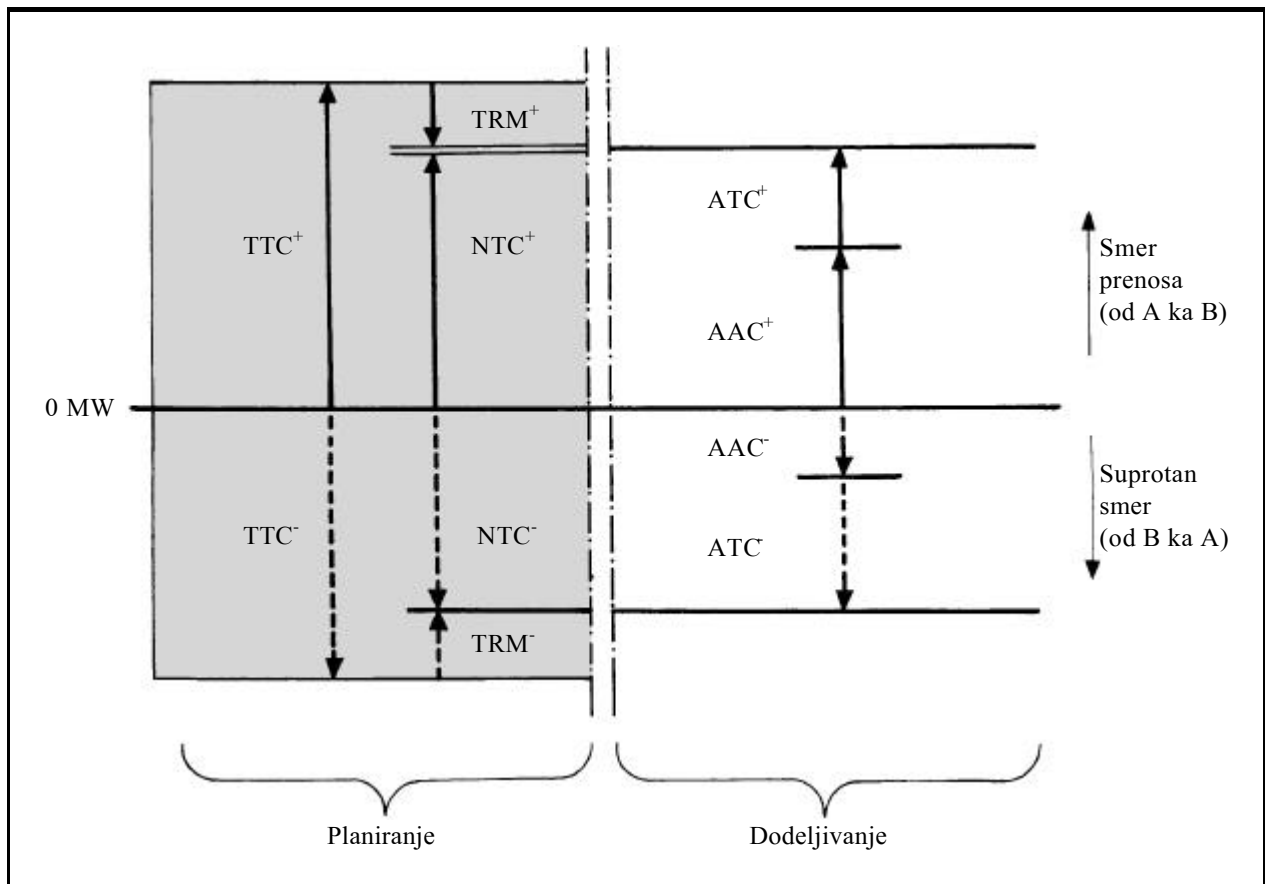
Konsekventno tome, umesto relacije (2), uvedena je sledeća relacija, koja sada na konzistentan način povezuje odgovarajuće prenosne kapacitete:

$$ATC = NTC - AAC \quad (3)$$

Samim tim, uvedena je inovirana (ili bolje rečeno, tačna) definicija za **ATC**:

- **ATC** (Available Transfer Capacity) - *raspoloživi prenosni kapacitet* - sada predstavlja deo **NTC-a**, koji ostaje raspoloživ posle svake faze alokacione procedure (ili procedure dodeljivanja kapaciteta), i kao takav je validan za buduće komercijalne aktivnosti i transakcije.

Na taj način otklonjena je konfuzija, koja je nastala neadekvatnim uvršćenjem prenosnog kapaciteta **NTF** „u istu ravan” sa **TTC**, **TRM** i **NTC** [6]. Naredna slika 2, koja je preuzeta iz [7], daje grafičku interpretaciju inoviranih definicija prenosnih kapaciteta. Dalji pomak, napravljen u dokumentu [7], je i u pogledu samog načina upotrebe inoviranih definicija prenosnih kapaciteta, koji se odnosi, kako za smer prenosa, tako i za posmatrani vremenski peri-



Slika 2. Grafička interpretacija definicija prenosnih kapaciteta, datih u [7]

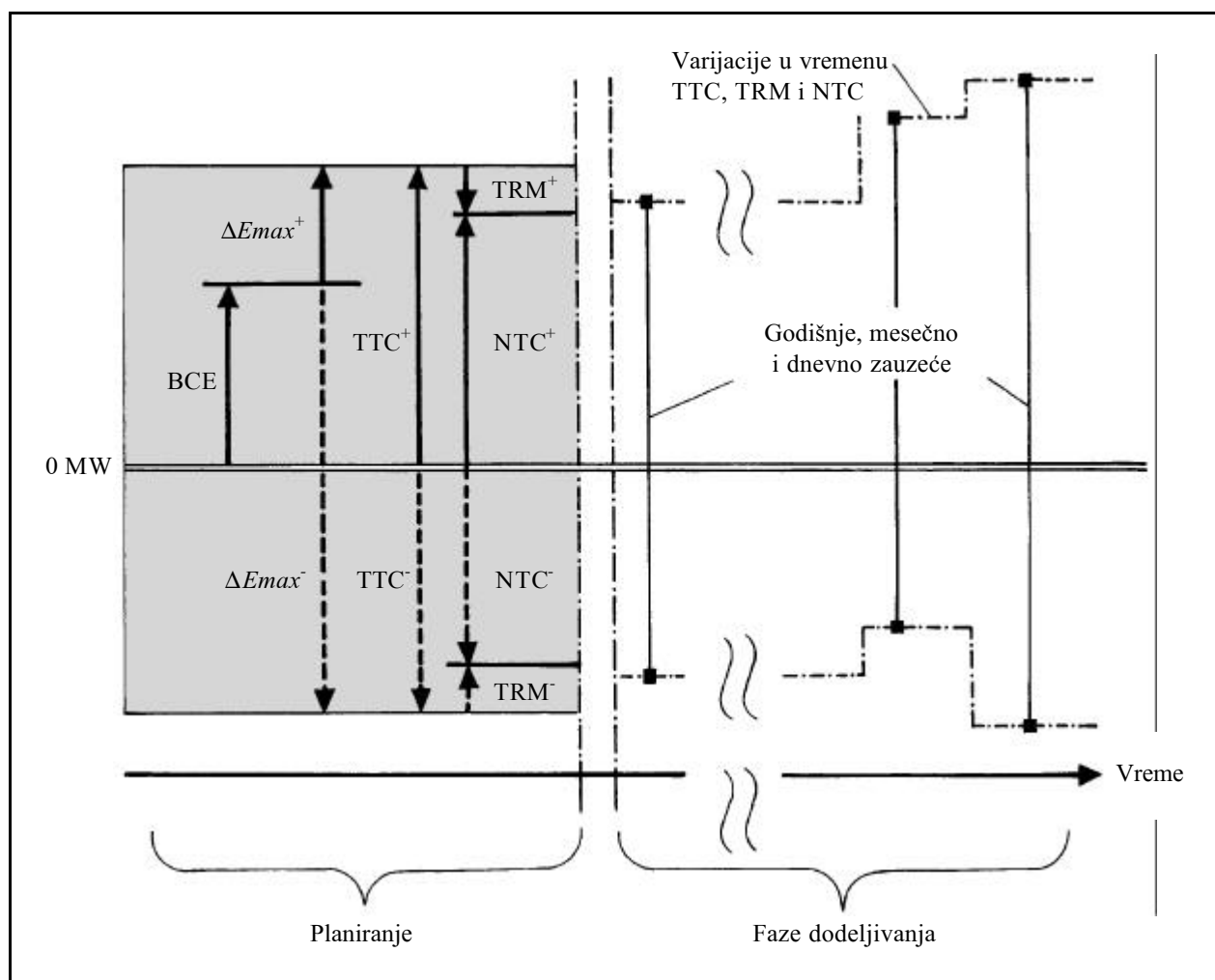
od za koji se vrši proračun. Za te svrhe, poslužiće naredna slika 3, takođe preuzeta iz [7].

Pre početka proračuna **TTC**, potrebno je da se utvrdi polazno stanje analizirane interkonekcije, ili, kako se to uobičajeno koristi kao termin - bazno stanje (base case). U takvom stanju, po pravilu, može da postoji neka ugovorena razmena između bilo koga para susednih EES-a u razmatranoj interkonekciji. Saglasno slikama 2 i 3, u slučaju EES-a A i B, za koje se proračunavaju prenosni kapaciteti, u baznom stanju postoji takva razmena, a čiji je iznos označen sa **BCE** (Base Case Exchange). Ujedno slika 3 nas uvodi u samu ETSO proceduru proračuna NTC-a, što će biti predmet narednog poglavlja rada.

Na slici 3 prisutna je veličina  **$\Delta E_{max}$** , koja predstavlja maksimalan iznos korekcija snaga generatora (u odnosu na polazno, bazno stanje) u stanju razmatrane interkonekcije, pri kome još nije došlo do narušavanja zadatih sigurnosnih ograničenja. To je moralo da se naglasi, jer u daljem tekstu ovog po-

glavlja biće reči o razlici između programiranih vrednosti razmena i stvarnih, odnosno fizičkih tokova snaga, čijem razjašnjenju znatno doprinosi upotreba pravog tumačenja veličine  **$\Delta E_{max}$** . Dakle, reč je o razrešenju problema za koji je postojala izvesna konfuzija, nastala uvršćenjem **NTF** u pogrešan kontekst. U tome će pomoći naredna slika 4, koja je preuzeta iz [7], na kojoj je na plastičan način pokazana ova razlika. Desna strana ove slike odnosi se na neto vrednosti fizičkih tokova snaga, odnosno na sumu stvarnih snaga koje teku po interkonektivnim vodovima između dva posmatrana EES-a ili oblasti.

Saglasno slici 4, uvedena je jedna nova kategorija prenosnog kapaciteta - **TTF** (Total Transfer Flow) - **ukupni prenosni tok snage**, koji predstavlja neto iznos fizičkih tokova snaga na graničnom preseku između posmatranih oblasti, koji odgovaraju programu razmene u iznosu **TTC**, respektujući pri tome postojanje razmene u baznom stanju. To praktično znači, u kontekstu proračuna **TTC**, da novo



Slika 3. Prenosni kapaciteti u fazi planiranja (planning) i fazi dodeljenog kapaciteta (allocation) [7]

uvarena kategorija **TTF** predstavlja fizički maksimum snage u preseku između posmatranih oblasti, koji je kompatibilan sa njihovim sigurnosnim standardima. Dakle, gledano u principu, **TTF** može da ima veću ili manju vrednost od **TTC**. Ujedno, on može da bude sastavljen od sledeće dve komponente:

– **NTF** (Notified Transmission Flow) - **objavljeni tok snage**. U pitanju je, dakle, ona ista kategorija prenosnog kapaciteta, koja je pomenuta na početku ovoga poglavlja. Međutim, s obzirom na konfuziju, stvorenu njenim ubacivanjem u pogrešan kontekst, u [7] data je sledeća njena sasvim precizna definicija: to su fizički tokovi snaga na svim interkonektivnim dalekovodima između razmatranih oblasti u baznom stanju, pre korekcija snaga generatora, koje će se vršiti tokom proračuna NTC-a. Ovi fizički tokovi snaga

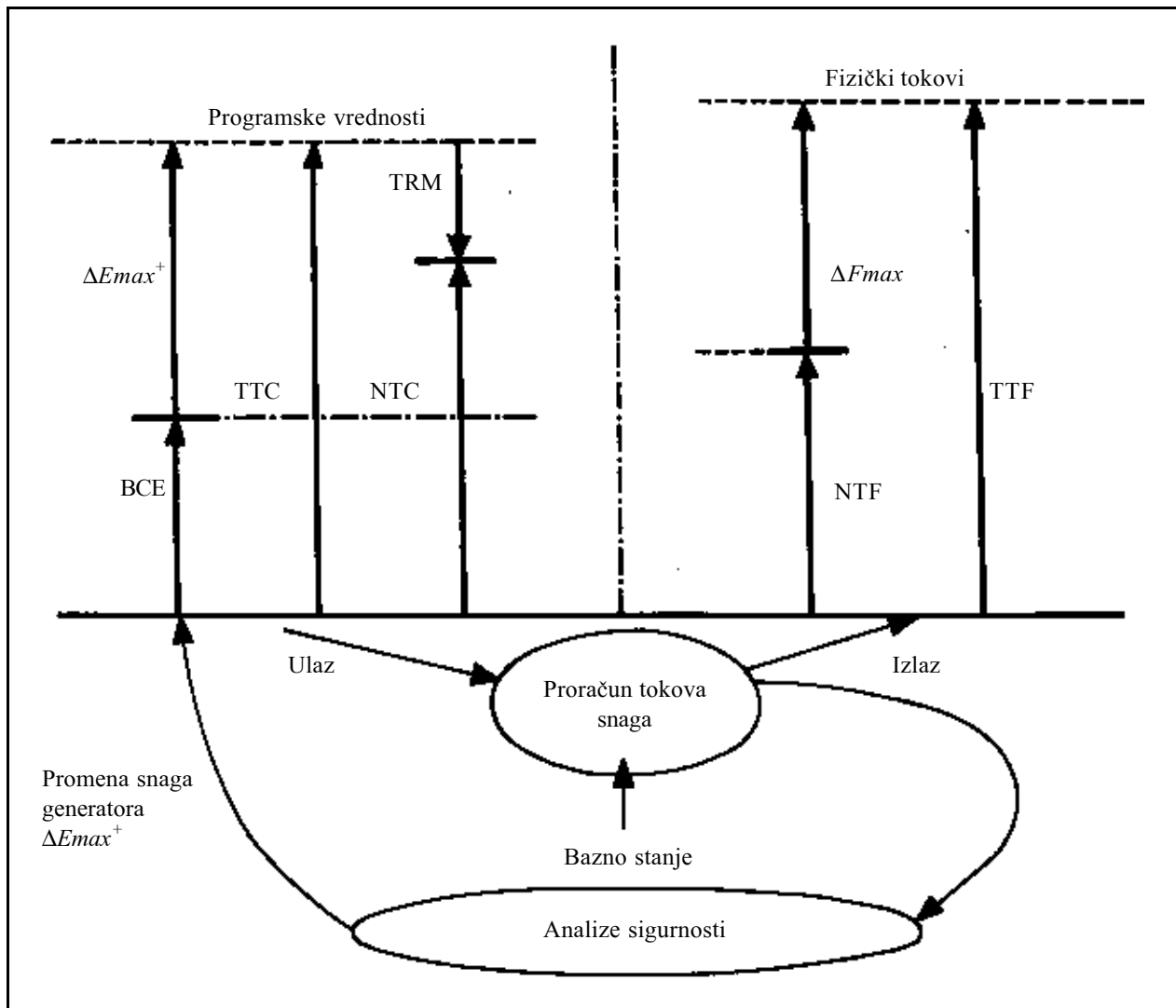
nastaju kao posledica prisustva **BCE** (razmene u baznom stanju) i tzv. slobodnih (paralelnih) tokova snaga (fizički tokovi snaga za nulti program razmene).

– **DFmax** (Physical flow) - fizički tokovi snaga na svim interkonektivnim dalekovodima između posmatranih oblasti, uzrokovani maksimalnom promenom snaga generatora **DEmax**, koji su učestvovali u proračunu NTC-a.

Imajući u vidu prethodno, **TTF** se može izraziti preko sledeće relacije:

$$\mathbf{TTF} = \mathbf{NTF} + \mathbf{DFmax} \quad (4)$$

Na taj način, prethodno pomenute inovacije, dopune i razjašnjenja vezana za prenosne kapacitete, koja su bila izneta u dokumentu [7], su u značajnoj meri doprinela da se olakšaju proračuni NTC-a, odnosno da se na jednostavniji i pregledniji način interpretiraju dobijeni rezultati.



Slika 4. Grafička interpretacija definicija prenosnih kapaciteta i fizičkih tokova snaga [7]

#### 4. ETSO PROCEDURA PRORAČUNA GRANIČNIH PRENOSNIH KAPACITETA

ETSO preporuke objavljene u dokumentima [7] i [21] direktno definišu način proračuna NTC-a. Taj način je ilustrovan prethodno datom slikom 3. Dakle, u formiranom tzv. baznom modelu (godišnjem, mesečnom, nedeljnom i dnevnom) mogu da postoje neke planirane razmene snaga između EES-a (ili oblasti) u razmatranoj interkonekciji. One predstavljaju najbolju estimaciju razmena u interkonekciji, odnosno predstavljaju već pomenute **BCE** (bazna razmena), i to na svakoj granici za koju se računa NTC. Veoma je važno da se ponovo napomene da **BCE** nije fizički tok snage na interkonektivnim vodovima između posmatranih sistema, nego prognozirani program razmene između tih sistema, što je u skladu sa postojećom praksom ugovaranja tranzitnih puteva za programe razmena.

Ostajući kod slike 3, uočava se da je pretpostavljena neka postojeća razmena **BCE** između EES-a A i B, i to u smeru  $A \rightarrow B$ . Ako se računa NTC u tom pravcu, u EES-u A se postepeno povećava proizvodnja sa diskretnim korakom (uobičajena vrednost je 50 MW), a u EES-u B se simultano smanjuje proizvodnja za isti iznos. Praksa ETSO-a je da se angažovana snaga i redosled angažovanja jedinica koje učestvuju u podizanju/spuštanju proizvodnje daju u odgovarajućim tabelama, koje se razmenjuju među učesnicima. Takođe, ETSO, u dokumentu [21] daje nekoliko modela participacije generatora, tokom proračuna NTC-a.

Dalje, pri svakom inkrementu razmene vrši se provera sigurnosti (za sada je to samo statička sigurnost, odnosno u pitanju su naponska i strujna ograničenja), saglasno, po pravilu, kriterijumu ( $n-1$ ). Opisani postupak se vrši sve dok ne nastupi jedna od sledećih situacija:

- Narušen kriterijum sigurnosti u EES-u A;
- Narušen kriterijum sigurnosti u EES-u B, koji je to i potvrdio;
- Iscrpljene mogućnosti za dalje „podizanje” snage u EES-u A.

Pri tome se uvažava mogućnost korektivne (dispečerske) akcije, a ako se otkrije narušavanje sigurnosnih kriterijuma u nekom drugom sistemu, ono se uvažava samo ako operator tog sistema u bilateralnom kontaktu potvrdi fizički smisao dobijenog rezultata.

Na taj način se dolazi do veličine **DEmax** u smeru  $A \rightarrow B$ . Kada se saberu **DEmax** i **BCE**, dobija se već objašnjena veličina **TTC**, koja, kako se to vidi, predstavlja totalni iznos snage koja može da se isporučiti iz EES-a A u EES B, a da još nije došlo do narušavanja sigurnosnih ograničenja. Dalje, saglasno relaciji (1), kada se od **TTC** oduzme **TRM**, dobija se tražena vrednost za **NTC**, odnosno:

$$TTC^{A \rightarrow B} = BCE + \Delta Emax^+ \quad (5)$$

$$NTC^{A \rightarrow B} = TTC^{A \rightarrow B} - TRM^{A \rightarrow B} \quad (6)$$

Proračun **NTC-a** za suprotni smer  $B \rightarrow A$ , radi se na analogan način, s tim što se tada bazna razmena **BCE** oduzima od **DEmax**, odnosno:

$$TTC^{B \rightarrow A} = \Delta Emax^- - BCE \quad (7)$$

$$NTC^{B \rightarrow A} = TTC^{B \rightarrow A} - TRM^{B \rightarrow A} \quad (8)$$

Međutim, prilika je da se još jednom naglasi i istakne da je najdelikatniji zadatak u ovim proračunima, adekvatna valorizacija prenosnog kapaciteta **TRM**. Kao što je to već rečeno, to je veličina koja predstavlja neophodnu rezervu u prenosnom kapacitetu, koja bi obezbedila nesmetani rad primarne regulacije učestanosti i sekundarne regulacije učestanosti i snaga razmene, kao i obavljanje eventualnih havarijskih isporuka. Ujedno, ona mora da uvažava netačnosti (koje su nažalost često neizbežne) u proračunu, vezane za nepreciznost ulaznih podataka i nepredvidljivost ponašanja sistema). Očigledno je da se veličina **TRM** (kao i ostali prenosni kapaciteti) asocira paru EES-a koji se posmatraju, kao i izabranom smeru razmene (gornji indeksi u prethodno datim izrazima (5)-(8)).

Takođe, prilika je i da se istakne da je tom pitanju, kao i samoj automatizaciji proračuna **NTC-a** (automatski rad računarskog programa do dostizanja veličine **DEmax**) data posebna pažnja u prilazu Instituta „Nikola Tesla”, o čemu će detaljnije biti reči u drugom delu ovoga rada.

#### 5. METODOLOŠKI OSNOVI PRORAČUNA GRANIČNIH PRENOSNIH KAPACITETA U PRILAZU INSTITUTA „NIKOLA TESLA”

##### 5. 1. Uvodne napomene

Osnovni metodološki i praktični aspekti analiza statičke sigurnosti, na kojima je baziran automatizovani proračun NTC-a, detaljno su izloženi u studiji [27] (njenom aneksu [28]) i korisničkom uputstvu [29], a dalja unapređenja ove metodologije i računarskog programa, u studiji [30]. Pomenuta studija [27], nakon izvršenih testiranja razvijenog programskog paketa na primeru postojeće elektroenergetske interkonekcije na prostorima Balkana, usvojena je od strane Elektroprivrede Srbije, na Stručnom savetu održanom 22. 02. 2000. godine. Stoga se u narednom izlaganju daje samo kraća rekapitulacija osnovnih aspekata razvijene unapređene metodologije za analize statičke sigurnosti elektroenergetskih interkonekcija.

## 5. 2. Tokovi snaga u karakterističnim postdinamičkim kvazistacionarnim stanjima

Za postdinamička kvazistacionarna stanja, nastala nakon poremećaja i dejstva primarne regulacije napona i učestanosti, važe sledeće jednačine balansa aktivnih i reaktivnih snaga [31]:

$$\Delta P_i = P_{GOi} - k_{pi} \Delta f - P_i, \quad i \in NG \quad (9)$$

$$\Delta Q_i = Q_{GOi} + Q_{Oi} \frac{V_{GOi} - V_{Gi}}{s_{Vi} V_{GOi}} - Q_i = 0, \quad i \in NSV \quad (10)$$

$$\Delta P_i = P_{Li}(V_i, f) - P_i = 0, \quad i \in NL \quad (11)$$

$$\Delta Q_i = Q_{Li}(V_i, f) - Q_i = 0, \quad i \in NL \quad (12)$$

koje moraju da zadovolje sledeća, tzv. „tvrda” ograničenja:

$$P_{Gmini} \leq P_{Gi} \leq P_{Gmaxi}, \quad i \in NG \quad (13)$$

$$Q_{Gmini} \leq Q_{Gi} \leq Q_{Gmaxi}, \quad i \in NG \quad (14)$$

Data ograničenja za snage generatora, za razliku od uobičajenih prilaza, nisu konstantne, unapred zadate veličine, već su funkcije aktuelnog stanja i parametara agregata.

Takav prilaz ograničenjima, preuzet je iz reference [32], a u referencama [27, 28, 31] je pokazano i objašnjeno kako su ona inkorporirana u metodologiju za analizu sigurnosti. Ne treba posebno da se naglašava koliko je to povećalo tačnost rezultata ovih analiza, a naročito kada je reč o rezultatima proračuna NTC-a. To se u prvom redu odnosi na vrednosti ograničenja za reaktivnu snagu generatora, koje opadaju sa porastom aktivne snage, i obrnuto. Znači, u svakom koraku proračuna NTC-a, operiše se sa stvarnim mogućnostima generatora u pogledu reaktivne snage.

U slučaju postdinamičkih kvazistacionarnih stanja, nastalih nakon dejstva sistema automatske sekundarne regulacije učestanosti i snaga razmene, i dalje su aktuelne jednačine balansa aktivnih snaga oblika (9), ali samo za generatore koji nisu uključeni u ovu regulaciju, kao i jednačine balansa snaga, oblika (10)-(12). Efekti sekundarne regulacije obuhvataju se preko sledećih jednačina:

$$\Delta P_i = P_{GOi} - k_{pi} \Delta f + k_{si}^{DEB_j} - P_i = 0, \quad i \in NAGC_j, \quad i \in M \quad (15)$$

$$ACE_j = P_{Ti} - P_{T0j} + B_j \Delta f = 0, \quad i \in M \quad (16)$$

gde je sa  $DEB_j$  označen nastali debalans aktivne snage u basenu „j” u kome je generator „j”.

Dakle, potrebno je naći takvo postdinamičko kvazistacionarno stanje u kome će se regulaciona greška  $ACE_j$  anulirati, naravno, ako u basenu gde je nastao debalans postoji dovoljna regulaciona rezerva. Međutim, ako te rezerve nema u dovoljnom iznosu za posmatrani debalans snage (što nije redak slučaj u praksi), dobiće se takođe stvarno postdinamičko stanje, u kome je realno preslikana (ne) mogućnost regulacije da u potpunosti eliminiše nastalu regulacionu grešku.

Prethodno date jednačine balansa (9)-(12), uz dalje striktno uvažavanje ograničenja (13) i (14), aktuelne su i za slučajeve, kada su nakon dejstva sekundarne regulacije bile neophodne dispečerske akcije (na primer, prethodno pomenuti slučaj nedostatka dovoljne regulacione rezerve), radi daljeg saniranja posledica analiziranog poremećaja (npr. „podizanje” snage na agregatima koji i dalje imaju odgovarajuću rotacionu rezervu, aktiviranje brzostartujućih agregata, redukcija potrošnje ako prethodne mere nisu bile dovoljno efikasne i dr.).

U tim uslovima, startuje se od kvazistacionarnog stanja, dobijenog nakon dejstva sekundarne regulacije (koje u potpunosti uvažava aktiviranje postojeće regulacione rezerve). Tada se vrše odgovarajuće korekcije aktivnih snaga generatora koji su unapred predviđeni u planiranim dispečerskim akcijama.

Na taj način obezbeđena je sukcesivnost odvijanja proračuna tokova snaga u karakterističnim postdinamičkim kvazistacionarnim stanjima, što je od značajnog praktičnog interesa. Takođe, veliki praktičan značaj ogleda se u mogućnostima razvijene metodologije u pogledu konsekventnog uvažavanja efekata primarne regulacije učestanosti i sekundarne regulacije učestanosti i snaga razmene. Time je, u velikoj meri omogućena preciznija kvantifikacija **TRM**, veoma važne kategorije prenosnog kapaciteta. Kako je to već bilo naglašeno, ona je uvedena, u prvom redu, da bi se obezbedila neophodna rezerva u prenosnom kapacitetu, kao garant nesmetanog rada primarne i sekundarne regulacije učestanosti i snaga razmene i obavljanja eventualnih havarijskih isporuka.

## 5. 3. Tehnika rešavanja formiranih nestandardnih modela tokova snaga

Prvi korak u razvoju tehnike rešavanja formiranih modela je primena standardne metode Newton-Raphsona, na jednačine balansa (9)-(12). Zatim, uvedena su odgovarajuća uprošćenja i pretpostavke kod formiranja odgovarajućih submatrica koeficijentata, čija je opravdanost objašnjena u [31].

Kao rezultat, razvijen je brzi postupak sa razdvajanjem varijabli tokom pojedine iteracije, odno-

sno postupak koji se svodi na sukcesivno iterativno rešavanje (saglasno subiteracionim indeksima  $k$  i  $l$ ) sledeća dva sistema raspregnutih jednačina:

$$\begin{matrix} P/V^k & H & F & (f) \\ P_r/V_r & & & \end{matrix} \quad (17)$$

$$DQ/V^l = L'DV^{l+1} \quad (18)$$

Submatrice koeficijenata  $H'$ ,  $F'$  i  $L'$  imaju konstantne vrednosti za nepromenjeno stanje grafa EES-a, odnosno

$$\begin{aligned} H'_{ii} &= V_n B_{ii}, & i \in (N/r) \\ H'_{ij} &= V_n B_{ij}, & i \in N; j \in (N/r) \\ F'_i &= \begin{matrix} k_{pi}/V_n, & i \in NG \\ 0, & i \in NL \end{matrix} \\ L'_{ii} &= \begin{matrix} Q_{GOi}(s_{Vi} V_{GOi}^2) B_{ii}, & i \in NSV \\ B_{ii}, & i \in NL \end{matrix} \\ L'_{ij} &= B_{ij}, & i, j \in (NSV \cup NL) \end{aligned} \quad (19)$$

Kako je to pokazano u [31], sistem raspregnutih jednačina (17) i (18) aktuelan je i za stanje nastalo nakon dejstva sekundarne regulacije učestanosti i snaga razmene, s tim da su tada u vektoru  $\Delta P/V$  prisutne, u skladu sa (15), koordinate vezane za regulacione elektrane, a sračunavanje vektora debalansa obavlja se izdvojeno preko izraza (16).

Dakle, tokom iterativne procedure rešavanja sistema jednačina (17) i (18), vrše se odgovarajuće korekcije vektora  $\Delta P/V$ , u cilju eliminacije nastale regulacione greške, naravno ako za to postoji dovoljna regulaciona rezerva. Ako te rezerve nema u dovoljnom iznosu, proračun se zaustavlja tek kada ona bude iscrpljena do kraja, čime se dobija realno postdinamičko kvazistacionarno stanje.

#### 5. 4. Dalja unapređenja metodologije za analize sigurnosti

Rad na studiji [27], kao i nastavak rada na problematici sigurnosti u okviru studije [30], omogućili su dalja unapređenja metodologije i proširenje mogućnosti njene praktične primene. Unapređenja analiza sigurnosti, koja su imala *metodološki karakter*, sastojala su se u sledećem:

- Razvijena je i testirana metodologija za autonomno određivanje tokova snaga u polaznim ustaljenim stanjima, za unapred zadate „vozne redove” izvora u razmatranoj interkonekciji [33];

- Pomenuta metodologija ima pouzdanu konvergenciju i obezbeđuje visoku tačnost proračuna. Objasnjeno je i pokazano da razvijeni postupak ima praktično iste karakteristike konvergencije kao poznati brzi raspregnuti postupak Stott-Alsaca;

- Takođe, razvijena je i testirana metodologija za određivanje polaznih ustaljenih stanja za niz specificiranih bilateralnih i multilateralnih programa razmene između EES-a u razmatranoj interkonekciji. Realizacija pomenutih programa razmene se obavlja automatski, sa algoritmom koji neposredno komunicira sa unapred pripremljenom listom izvora, predviđenih za realizaciju željenih razmena;

- Procedure iz prethodnih tačaka bazirane su na metodologiji proračuna tokova snaga u karakterističnim postdinamičkim kvazistacionarnim stanjima (uz minimalne modifikacije opisane u [33]), koja se koristila u prvobitnoj verziji programskog paketa STATIC za analize sigurnosti;

- Na taj način, omogućena je potpuna autonomnost („samopokretanje” proračuna), efikasnost i uniformnost analiza statičke sigurnosti, pri čemu je postignuta visoka tačnost kod razmatranja značajnih, po iznosu i dužini prenosnih puteva, tranzita snage;

- Ugrađena je mogućnost, kako indikacije dejstva, tako i analize efekata prvog stepena sistema automatskog frekventnog rasterćenja potrošača. Pri tome, u potpunosti je uvaženo aktuelno podešenje ovih sistema u EES-u Srbije, kao i u susednim EES-ima, koji se nalaze u sinhronom paralelnom radu;

- Takođe, ugrađena je mogućnost indikacije dejstva i analize efekata podfrekventne zaštite agregata u pumpnom pogonu, kao i svih ostalih agregata koji imaju takvu zaštitu. Pri tome, u potpunosti je uvažena aktuelna podešenost ove zaštite u razmatranoj interkonekciji;

- U slučaju elemenata sa indikacijom dejstva drugog stepena zaštite od preopterećenja tokom analiza sigurnosti, omogućeno je praćenje efekata njegovog ispada, u sastavu istog poremećaja, s tim da je ostvarena mogućnost daljeg praćenja toka eventualne dezintegracije EES-a, odnosno „kaskadnog” širenja poremećaja;

- Izvršeno je formiranje jedinstvenih statičkih ekvivalenata eksternog sistema [34, 35], koji uvažavaju efekte dejstva prethodno navedenih zaštita. Ostvarena je mogućnost formiranja nekoliko tipičnih stanja u EES-ima susednih zemalja i izbor željenog stanja za formiranje ekvivalenata;

- Razvijena je i testirana jedna deterministička metoda za rangiranje poremećaja po njihovoj kritičnosti, koja je bazirana na tri tipa specijalno formiranih indeksa sigurnosti (performance index) [36].

Pored navedenih, uvedena su i testirana sledeća poboljšanja:

- Poboljšana i ubrzana procedura za učitavanje i proveru ulaznih podataka;
- Omogućena je vrlo brza i pouzdana provera topologije mreže, na osnovu koje se pravi lista elemenata čiji ispadi dovode do izolovanog rada pojedinih delova EES-a;
- Omogućeno je da korisnik računarskog programa samostalno definiše naponska ograničenja za pojedine naponske nivoe, odnosno pojedinačne čvorove;
- Na vrlo fleksibilan način omogućen je izbor čvorova i/ili oblasti i njihovo prebacivanje iz jednog dela sistema u drugi (sistem od interesa, granični, eksterni), kao i izbor ekvivalenata;
- Omogućeno pamćenje sistema od interesa, graničnog i eksternog sistema i njihovo automatsko učitavanje pri ponovnom startovanju programa;
- Poboljšana i ubrzana procedura za formiranje statičkog ekvivalenta spoljnog sistema.

Prethodno navedena unapređenja omogućila su najpre punu autonomnost i uniformnost obavljanja analiza sigurnosti, uz značajno proširenje njihove efikasnosti, obuhvatanjem širih praktičnih aspekata i mogućih posledica razmatranih poremećaja. Zatim, omogućen je sofisticiran prilaz razmatranju niza bilateralnih i multilateralnih programa razmene u razmatranoj interkonekciji. Takođe, veliku upotrebnu vrednost imaju i ona unapređenja, koja su u funkciji preglednog i šireg sagledavanja efekata i posledica niza višestrukih poremećaja, koji mogu da dovedu do reagovanja protivhavarijske automatike EES-a.

Sa ovom unapređenom verzijom računarskog programa STATIC krenulo se u njegova dalja proširenja i unapređenja, koja su neposredno proizašla iz zahteva automatizacije proračuna NTC-a. A kako je to urađeno, pokazaće drugi deo ovoga rada, koji je u prirodnom i logičkom kontinuitetu sa ovim prvim delom.

## 6. ZAKLJUČCI

*U ovom prvom delu rada su izloženi relevantni metodološki aspekti jednog prilaza proračunu graničnih prenosnih kapaciteta elektroenergetskih interkonekcija. Takav prilaz u potpunosti respektuje zahteve, standarde i kriterijume Udruženja evropskih operatora prenosnih mreža (ETSO).*

*Za razliku od uobičajenih prilaza, baziranih na konvencionalnom modelu tokova snaga, u prilazu Instituta „Nikola Tesla” proračun prenosnih kapaciteta je baziran na nestandardnom modelu tokova snaga, koji, uz mogućnost „samopokretanja” analiza, omogućuje dalju sukcesivnu analizu niza karak-*

*terističnih postdinamičkih kvazistacionarnih stanja. Navedena u radu, dalja unapređenja ove metodologije omogućila su, uz punu autonomnost i uniformnost obavljanja analiza sigurnosti, značajno proširenje njihove efikasnosti, obuhvatanjem širih praktičnih aspekata i mogućih posledica razmatranih poremećaja.*

*Takođe, veliki praktičan značaj ogleđa se i u mogućnostima razvijene metodologije u pogledu konsekventnog uvažavanja efekata primarne regulacije učestanosti i sekundarne regulacije učestanosti i snaga razmene. Time je, između ostalog, u velikoj meri omogućena preciznija kvantifikacija **TRM**, veoma važne kategorije prenosnog kapaciteta, a koja je uvedena, u prvom redu, da bi se obezbedila neophodna rezerva u prenosnim kapacitetima, kao garant nesmetanog rada primarne i sekundarne regulacije učestanosti i snaga razmene i obavljanja eventualnih havarijskih isporuka.*

*Dalje, za razliku od uobičajenih prilaza, ograničenja za snage generatora nisu unapred zadate veličine, već su funkcije aktuelnog stanja i parametara agregata. Ne treba posebno da se naglašava koliko je to povećalo tačnost rezultata proračuna NTC-a. To se u prvom redu odnosi na vrednosti ograničenja za reaktivnu snagu generatora, koje opadaju sa porastom aktivne snage, i obrnuto. Znači, u svakom koraku proračuna NTC-a, operiše se sa stvarnim mogućnostima generatora u pogledu reaktivne snage.*

*Formirani jedinstveni statički ekvivalent spoljnog sistema (Unified External Network Equivalents), koji veoma efikasno i dovoljno tačno uvažava efekte primarne regulacije kako napona tako i učestanosti delova interkonekcije koji se ekvivalentiraju, uključujući i delove sopstvene mreže (koja se takođe ekvivalentira), u značajnoj meri može da racionalizuje proračun NTC-a u slučajevima kada nije potrebno da se iz tranzitnih razloga modeluje mreža nižeg naponskog nivoa (na primer 110 kV). Tada, ako se u njoj nalazi značajan broj generatora, obezbeđena je zahtevana tačnost proračuna NTC-a, jer se dovoljno tačno utvrđuje njihova participacija u primarnoj regulaciji napona i učestanosti, nakon razmatranih poremećaja.*

*U pomenutom kontekstu, potrebno je naglasiti da će, nakon povezivanja Druge UCTE sinhronne zone sa glavnim delom mreže UCTE i formiranja Regionalnog tržišta električne energije u jugoistočnoj Evropi, jedinstveni statički ekvivalent formiran u graničnim tačkama posmatranog regiona doprinositi znatno efikasnijem i bržem proračunu NTC-a, uz obezbeđenje željene tačnosti. Dakle, sa ekvivalentima ovoga tipa, i dalje bi postojala mogućnost za tačniju procenu prenosnog kapaciteta **TRM**, s obzi-*

rom na pomenuta njegova svojstva u pogledu uvažavanja efekata primarne regulacije.

## 7. LITERATURA

- [1] Tubić D., Mijailović S., Stojčevski D., POVEZIVANJE DRUGE UCTE SINHRONE ZONE SA GLAVNIM DELOM UCTE MREŽE, časopis „Elektroprivreda”, No 3, 2002, str. 5- 5
- [2] DECLARATION OF INTENT FOR THE ESTABLISHMENT OF A COMPETITIVE REGIONAL ELECTRICITY MARKET IN SOUTH EASTERN EUROPE, Ministerial Conference, Thessaloniki, 1999.
- [3] MEMORANDUM OF UNDERSTANDING FOR THE ESTABLISHMENT OF A COMPETITIVE REGIONAL ELECTRICITY MARKET (REM) IN SOUTH EASTERN EUROPE, Athens, 2000.
- [4] STUDY ON THE DEVELOPMENT OF A COMPETITIVE BALKAN ELECTRICITY MARKET, 1999.
- [5] Vuković G., Maksimović P., PROJEKAT REGULATORNE AGENCIJE ZA ENERGETIKU, 26 savetovanje JUKO CIGRE, Banja Vrućica, 25-30. maj 2003, referat 38. 02.
- [6] DEFINITION OF TRANSFER CAPACITIES, European Transmission System Operators (ETSO), Florence, November, 1999.
- [7] DEFINITIONS OF TRANSFER CAPACITIES IN LIBERALISED ELECTRICITY MARKETS, Final Report, ETSO, Aril, 2001.
- [8] MODULAR DAY-AHEAD CONGESTION FORECAST AS A FIRST STEP OF A CONGESTION MANAGEMENT PROCESS, ETRANS, 2001.
- [9] Ilic M., Galiana F., Fink L., POWER SYSTEMS RESTRUCTURING, ENGINEERING AND ECONOMICS, Kluwer Academic Publishers, 1998.
- [10] Ejebe G. C. et al., AVAILABLE TRANSFER CAPABILITY CALCULATIONS, IEEE Trans. on Power Systems, Vol. 13, No. 4, November 1998, pp. 15212-1527.
- [11] Gravener M. H., Nwankpa C., AVAILABLE TRANSFER CAPABILITY AND FIRST ORDER SENSITIVITY, IEEE Trans. on Power Systems, Vol. 2, No. 2, May 1999, pp. 512-518.
- [12] Popović D. P., Dobrijević Đ. M., AN IMPROVED METHODOLOGY FOR SECURITY ASSESSMENT OF POWER SYSTEMS IN CONDITIONS OF A DEREGULATED ENVIRONMENT, International Symposium-Bulk Power System Dynamics and Control V, August 26-31, 2001, Onomichi, Japan, Paper No 10
- [13] Balaurescu R., FAST ESTIMATION OF TTC, Black Sea El -Net Regional Meeting, Suceava, Romania, 10-14 June, 2001, paper I. 3. 1
- [14] Marannino P. et al., ASSESSING THE TRANSMISSION TRANSFER CAPABILITY SENSITIVITY TO POWER SYSTEM PARAMETERS, 14 PSCC Conference, Sevilla, Spain, June 24-28, 2002.
- [15] Lammintausta M., Hirvonen R., Lehtonen M., TRANSMISSION CAPACITY ASSESSMENT BY USING SIMPLE PROBABILISTIC PLANNING, IEEE Bologna Power Tech, Bologna, June 23-26, 2003, paper 18-24
- [16] ANALYSIS OF ELECTRICITY NETWORK CAPACITIES AND IDENTIFICATION OF CONGESTION, IAEW and CONSENTEC, Final Report, Aachen, December 2001.
- [17] Dobson I. et al., ELECTRIC POWER TRANSFER CAPABILITY: CONCEPTS, APPLICATIONS, SENSITIVITY AND UNCERTAINTY, University of Wisconsin, Madison WI USA, July 11, 2001
- [18] Vuković M., Ivković-Ivandečić M., Biuković P., ANALIZA NTC PRORAČUNA: ISKUSTVA EKC-a, 25 savetovanje JUKO CIGRE, Herceg Novi, 16-20. septembar 2001, referat 38. 06.
- [19] Vujasinović Z., Filipović N., MODELOVANJE I ANALIZA PREOSNE MREŽE JUGOISTOČNE EVROPE KAO MODULI PROCESA UPRAVLJANJA ZAGUŠENJIMA, 26 savetovanje JUKO CIGRE, Banja Vrućica, 25-30. maj 2003, referat 39. 02.
- [20] Vujasinović Z., Popović D. P., DOSADAŠNJA ISKUSTVA I NOVI ZAHTEVI KOD PROGNOZE ZAGUŠENJA I PRORAČUNA GRANIČNIH PREOSNIH MOGUĆNOSTI U OKVIRU DRUGE UCTE SINHRONE ZONE”, časopis „Elektroprivreda”, br. 3, 2002, str. 28 - 33
- [21] PROCEDURES FOR CROSS-BORDER TRANSMISSION CAPACITY ASSESSMENTS, ETSO, October, 2001.
- [22] EVALUATION OF CONGESTION MANAGEMENT METHODS FOR CROSS-BORDER TRANSMISSION, ETSO, Florence Regulators Meeting, November, 1999.
- [23] UCTE WG Operation & Security, SG Network Models & Forecast Tools, LOAD FLOW AND CONGESTION FORECAST, 2002.
- [24] UCTE DATA EXCHANGE FORMAT FOR LOAD FLOWS AND THREE PHASE SHORT CIRCUIT STUDIES (UCTE-DEF), Version 01, 2003.
- [25] A NOTE ON TRANSMISSION RELIABILITY MARGIN EVALUATION, ETSO, February 2000
- [26] NTC/ATC USER'S GUIDE-TECHNICAL VERSION, ETSO, February 2000.
- [27] RAZVOJ APLIKACIONOG PROGRAMSKOG PAKETA ZA ANALIZU STATIČKE SIGURNOSTI U STUDIJSKOM MODU, Institut „Nikola Tesla”, Beograd, 1999.



- [28] METODOLOŠKI ASPEKTI STUDIJSKIH ANALIZA STATIČKE SIGURNOSTI ELEKTROENERGETSKIH SISTEMA, Institut „Nikola Tesla”, Beograd, januar 2000.
- [29] PROGRAMSKI PAKET ZA STUDIJSKE ANALIZE STATIČKE SIGURNOSTI ELEKTROENERGETSKIH SISTEMA (RAČUNARSKI PROGRAMI INTERF, STATIC I RANG), KORISNIČKO UPUSTVO, Institut „Nikola Tesla”, Beograd, februar, 2000.
- [30] UNAPREĐENJE APLIKACIONOG PROGRAMSKOG PAKETA ZA ANALIZU STATIČKE SIGURNOSTI I NJEGOVO POVEZIVANJE SA PROGRAMSKIM PAKETOM ZA KRATKOROČNO PLANIRANJE RADA EES EPS-a, Institut „Nikola Tesla”, Beograd, 2001.
- [31] Popović D. P., AN EFFICIENT METHODOLOGY FOR STEADY-STATE SECURITY ASSESSMENT OF POWER SYSTEMS, Int. Journal of Electrical Power and Energy Systems, Vol. 10, No. 2, April 1988, pp. 110-116.
- [32] Lukašov E. S. i dr., DUGOTRAJNI PRELAZNI PROCESI U ELEKTROENERGETSKIM SISTEMIMA (knjiga na ruskom), Izd. „Nauka”, Novosibirsk, 1985.
- [33] Popović D. P., ODREĐIVANJE TOKOVA SNAGA U POLAZNIM USTALJENIM STANJIMA U ANALIZAMA SIGURNOSTI ELEKTROENERGETSKIH SISTEMA, časopis „Elektroprivreda”, br. 2, 2000, str. 13-26.
- [34] Popović D. P., Dobrijević Đ., Mijušković N., Vlajsavljević D., JEDINSTVENI EKVIVALENT EKSTERNIH ELEKTROENERGETSKIH SISTEMA U ANALIZAMA STATIČKE SIGURNOSTI, časopis „Elektroprivreda”, br. 3, 1999, str. 5-18.
- [35] Dobrijević Đ. M., Popović D. P., Mijušković, N. A., Vlajsavljević D. J., AN UNIFIED EXTERNAL NETWORK EQUIVALENT IN STEADY-STATE SECURITY ASSESSMENT OF BALKAN INTERCONNECTION, Black Sea EL-NET Regional Meeting, 10-14. june 2001, Suceava, Romania, paper No. I. 2. 2.
- [36] Popović D. P., Dobrijević Đ. M., UNAPREĐENJA APLIKACIONOG PROGRAMSKOG PAKETA ZA ANALIZE STATIČKE SIGURNOSTI ELEKTROENERGETSKIH SISTEMA, 25 savetovanje JUKO CIGRE, Herceg Novi, 16-20. septembar 2001, referat 39. 01.

Rad je primljen u uredništvo 03. 10. 2003. godine



**Dragan P. Popović** rođen je 1943. godine u Beogradu, gde je završio osnovnu školu i gimnaziju. Diplomirao je 1965. godine na Energetskom odseku, magistrirao 1981. godine na smeru Elektroenergetski sistemi, a doktorsku tezu odbranio maja 1984. godine, sve na Elektrotehničkom fakultetu u Beogradu. Po diplomiranju, zaposlio se u Elektrotehničkom Institutu „Nikola Tesla”, gde se i sada nalazi na radnom mestu višeg savetnika u centru „Elektroenergetski sistemi”. Godine 1997. izabran je u najviše naučno-istraživačko zvanje naučni savetnik. Kao autor (pretežno) ili koautor do sada je objavio preko 140 naučnih i stručnih radova i razvio je veći broj računarskih programa za analizu relevantnih statičkih i dinamičkih stanja elektroenergetskih interkonekcija.

---

Zlatan Stojković, Dejan Medan,  
Maja Nikolić, Živko Stankić i Saša Oparnica

# Neki aspekti primene programa AUTOCAD u računarskom projektovanju

Stručni rad  
UDK: 621.311.17; 621.316.98

---

## Rezime:

U članku su prikazane neke mogućnosti primene AutoCAD-a u računarski podržanom projektovanju visokonaponskih postrojenja i objekata. Na primeru turbo generatora prikazan je najsofisticiraniji postupak prostornog (3D) modelovanja. Korišćenje komande Massprop je prikazano na primeru proračuna momenta inercije sabirnica u obliku U-profila. Proračuni zona zaštite od atmosferskog pražnjenja za nadzemni vod i objekat urađeni su primenom programa AutoLISP. Ovaj softverski alat, zajedno sa programima Visual LISP i Visual Basic for Applications, proširuje mogućnost primene AutoCAD-a. Postupak definisanja atributa i bloka, kao i povezivanje grafičkih objekata iz AutoCAD-a sa bazom podataka, ilustrovani su na primeru 110 kV visokonaponskog postrojenja.

**Ključne reči:** projektovanje pomoću računara, modelovanje, baza podataka

---

## Abstract:

### SOME ASPECTS OF AUTOCAD PROGRAM APPLICATION IN COMPUTER-AIDED DESIGN

The paper presents some possibilities of AutoCAD application to computer-aided design of high voltage substations and buildings. Solid modeling, as the most sophisticated type of 3D modeling, is illustrated on the example of turbogenerator. The next example shows the use of the Massprop command to calculate the moment of inertia of U - suburb. The calculations of lightning shielding areas for the overhead transmission line and building are made by applying AutoLISP program. This software tool, together with Visual LISP and Visual Basic for Applications programs, extends capability of AutoCAD application. The procedure of attribute and block definition, as well as the connectivity of AutoCAD graphical objects with database, are illustrated on the example of 110 kV high voltage substation.

**Key words:** computer-aided design, modeling, database

---

Dr Zlatan Stojković, vanredni profesor, Dejan Medan, student i Saša Oparnica, student  
– Elektrotehnički fakultet 11 120 Beograd, Bulevar kralja Aleksandra 73  
Maja Nikolić, dipl. ing. – Entel A.D., 11 070 Novi Beograd, Bulevar Mihaila Pupina 12  
Živko Stankić, dipl. ing. – VP 9513, 11 000 Beograd

## 1. UVOD

Program AutoCAD predstavlja moćan softverski alat za računarsko projektovanje. Neke od prednosti ovog programa su:

- Mogućnost izrade tehničke dokumentacije u različitim oblastima.
- Prostorno (3D) modelovanje koje uključuje realistično prikazivanje površina i tela, kao i mogućnost proračuna fizičkih karakteristika modela.
- Programiranje pomoću AutoLISP-a, Visual LISP-a i Visual Basic for Applications (VBA), čime je omogućena automatizacija postupka izrade tehničke dokumentacije.
- Dinamičko povezivanje podataka, što omogućava obostranu komunikaciju AutoCAD-a sa drugim programskim alatima.
- Pristupanje spoljnim bazama podataka.

U radu su prikazani neki aspekti naprednog korišćenja AutoCAD-a u računarskom projektovanju elektroenergetskih postrojenja i objekata. Prvi primer prikazuje efikasnu tehniku 3D modelovanja najsloženijih objekata, kao što je turbogenerator. Proračun fizičkih karakteristika 3D modela je ilustrovan na primeru momenta inercije sabirnica u obliku U-profila. Primenom programa urađenih u AutoLISP-u automatizovani su postupci projektovanja gromobranske zaštite elektroenergetskih postrojenja i objekata posebne namene. Postupak izrade specifikacije elektroenergetske opreme na osnovu formirane grafičke dokumentacije detaljno je opisan u slednjem, petom primeru.

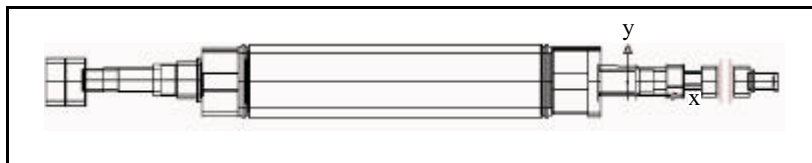
## 2. PRIMERI PRIMENE AUTOCAD-a

### 2.1. 3D model turbogeneratora

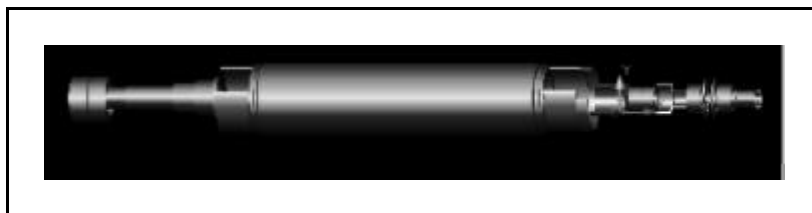
AutoCAD može da generiše tri tipa 3D objekata: žičane modele, površine i puna tela. Žičani modeli liče na modele napravljene od žice. Ovi modeli nemaju ni stvarnu površinu ni osobine čvrstih tela. Međutim, veoma su korisni za formiranje oblika koji se mogu pretvoriti u površine ili puna tela. Površine, za razliku od žičanih modela, mogu da sakriju objekte u pozadini. Posebno su korisni za formiranje neobično oblikovanih objekata. Puna tela su oblici koji svojom celom zapreminom zauzimaju prostor. Puna tela se mogu kombinovati i na taj način dobiti najsloženiji objekti i informacije o njihovim fizičkim osobinama.

Trodimenzionalno modelovanje pomoću AutoCAD-a omogućava efikasnu izradu tehničke dokumentacije najsloženijih objekata, kao i uvođenje tako formiranih modela u neki od specijalizovanih programa za proračune u 3D prostoru. Primer koji sledi predstavlja trodimenzionalan model turbogeneratora. Zbog ograničenog prostora, biće prikazan samo detalj formiranja vratila sa rotorom, kao i kompletan model turbogeneratora, posmatran iz dve različite tačke. Opis komandi za izradu 3D modela u AutoCAD-u se može naći u referentnim priručnicima [1–3].

Prvi korak u formiranju 3D modela vratila sa rotorom se sastoji u crtanju konture u  $XY$  ravni (slika 1). AutoCAD omogućava crtanje samo planarnih 2D crteža u ravni  $XY$ . Za crtanje punih tela koristi se paleta alatki Solids i „okretanje” koordinatnog sistema u cilju pristupa crtežu sa različitih strana. Ova manipulacija koordinatnim sistemom se vrši komandom UCS (User Coordinate System), čime se definiše korisnički koordinatni sistem. U cilju vizuelizacije modela, može se izvršiti njegovo senčenje ili rasterizacija. Senčenje se zasniva na jednom podrazumevanom izvoru svetlosti koji osvetljava model. AutoCAD ovaj izvor automatski postavlja iza posmatrača. Komanda za senčenje je Shade, i uključuje različite opcije. Na slici 2 je prikazan model vratila sa rotorom turbo-generatora osenčen primenom komande Shade → Gouraud Shaded. Ova opcija formira glatko osenčenje između pojedinih površina, što daje realniju sliku, posebno na ovalnim površinama.



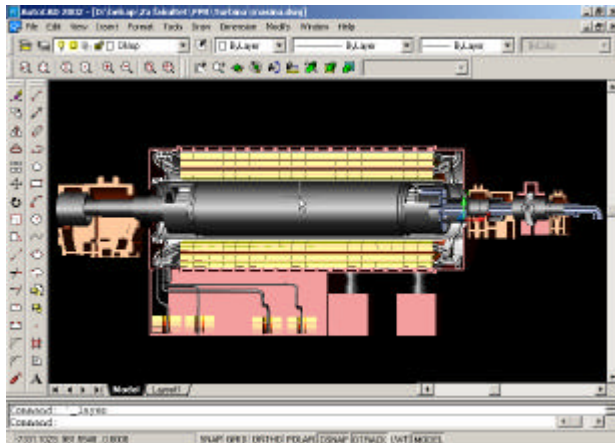
Slika 1. Kontura vratila sa rotorom turbogeneratora u  $XY$  ravni



Slika 2. Model vratila sa rotorom turbogeneratora nakon senčenja

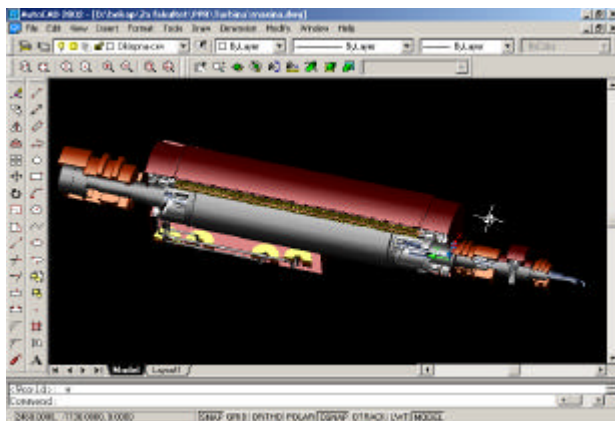
Druga opcija koja se koristi u vizuelizaciji 3D modela je rasterizacija (Rendering). Ova opcija omogućava realističniji prikaz 3D crteža formiranjem senki, providnih objekata, kao i dodavanjem pozadine i mapiranjem 2D slika na površine 3D modela.

Rezultat kompletnog postupka 3D modelovanja turbogeneratora je prikazan na slici 3. Pri formiranju ovog modela korišćene su sve prednosti AutoCAD-a u organizovanju crteža pomoću različitih slojeva, boja i linija.



Slika 3. 3D model turbogeneratora

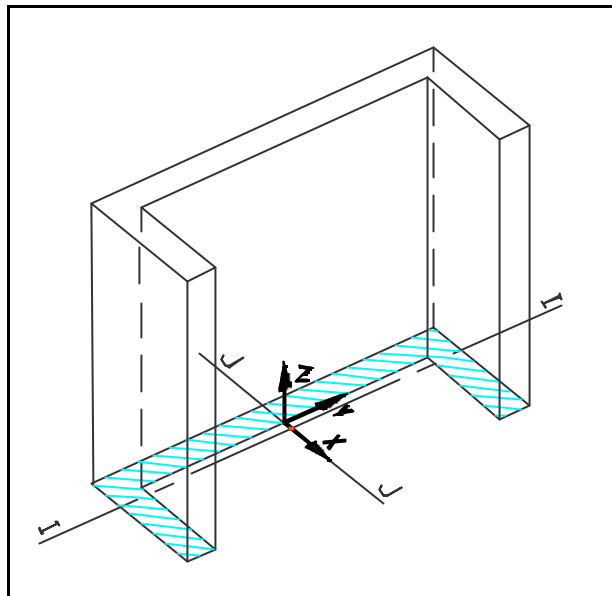
Prikazan model se može posmatrati iz različitih tačaka, što se postiže komandom *Vpoint*. Rezultat primene ove komande je ilustrovan na slici 4.



Slika 4. 3D model turbogeneratora posmatran iz druge tačke

## 2.2. Proračun momenta inercije sabirnica

Za potrebe mehaničkog proračuna sabirnica važno je odrediti moment inercije za dati raspored i profil provodnika. Mehaničke karakteristike odgovarajućih profila sabirnica se određuju prema izrazima datim u [5]. Međutim, umesto sprovođenja navedenog proračuna, moment inercije se može neposredno odrediti na osnovu crteža sabirnica urađenog u AutoCAD-u i primene komande *Massprop*. Algoritam proračuna je opisan na primeru sabirnica u obliku *U*-profila (slika 5).



Slika 5. 3D model sabirnica u obliku *U*-profila

Legenda na slici 5 ima sledeće značenje: *X, Y, Z* - Globalni koordinatni sistem (WCS - World Coordinate System), *I-I* - osa minimalnog momenta inercije, *J-J* - osa maksimalnog momenta inercije.

Procedura za proračun momenta inercije sabirnica se generalno sastoji iz sledećih koraka:

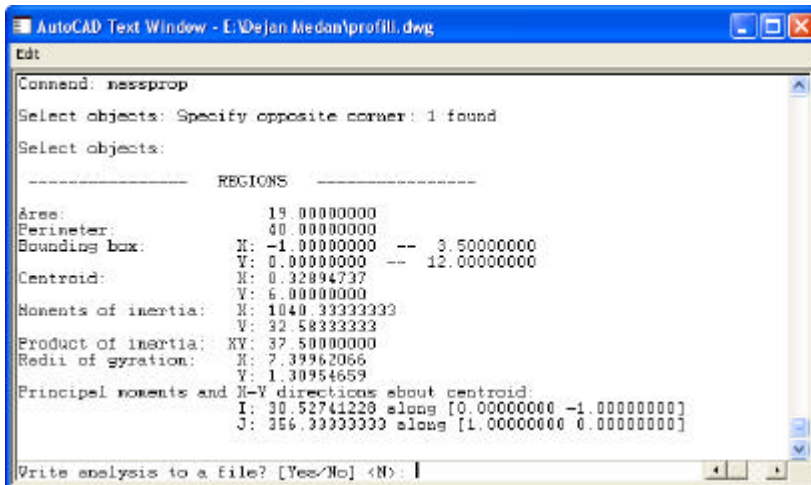
- Formirati 3D model sabirnica primenom komandi opisanih u tački 2.1. Za formiranje preseka 3D modela (Section Plane) izabrati ravan *XY*.
- Izdvojiti presek za koji je potrebno izračunati moment inercije (šrafiran presek na slici 5).
- Primeniti komandu *Massprop* na definisan presek.

Rezultati primene navedenog algoritma za profil *U12* su prikazani na slici 6.

Prilikom crtanja je potrebno koristiti odgovarajuće jedinice. U ovom slučaju su jedinice zadate u cm. Iz ovog razloga, moment inercije očitana sa slike 6 (Principal moment), iznosi  $I=30,527 \text{ cm}^4$ . Prikazan postupak omogućava proračun momenta inercije složenih profila bez direktne primene Štajnerove teoreme od strane korisnika [1]. Potrebno je premetiti korisnički koordinatni sistem (UCS) u određeno težište i primeniti komandu *Massprop*.

## 2.3. PRORAČUN ZONE ZAŠTITE OD PRODORA ATMOSFERSKOG PRAŽNJENJA MIMO ZAŠTITNOG UŽETA

Zaštitno uže dalekovoda ima ulogu sprečavanja direktnih atmosferskih pražnjenja u fazne provodnike. Postoje dva metoda za proračun zone zaštite. Prvi metod se zasniva na proračunu zaštitnog ugla. To je ugao koji zaklapa vertikalna linija, postavljena kroz centar zaštitnog užeta, sa linijom koja spaja



Slika 6. Rezultati proračuna razmatranog profila U12 primenom komande Massprop

centre faznog provodnika i zaštitnog užeta. Prema važećim preporukama, maksimalna vrednost ovog ugla iznosi  $30^\circ$ . Drugi metod se zasniva na elektrogeometrijskom modelu. Zona zaštite prema ovom metodu je definisana udarnim rastojanjem  $R_{ud}$  (m), koje se proračunava primenom izraza:

$$R_{ud} = k \cdot Z^n \quad (1)$$

gde je  $I$  - amplituda struje glavnog pražnjenja (kA),  $k$  - empirijska konstanta u opsegu 6 do 10,  $n$  - empirijska konstanta sa vrednostima iz opsega 0,65 do 0,8.

Za određivanje zone zaštite važna su tri udarna rastojanja: do faznog provodnika, do zaštitnog užeta i do zemlje. U praksi se najčešće usvajaju identična udarna rastojanja do faznog provodnika i do zaštitnog užeta, čime se dobijaju kritičniji rezultati [6]. Udarno rastojanje do zemlje iznosi od 64 % do 100 % udarnog rastojanja do faznog provodnika.

AutoCAD nudi više mogućnosti za automatizaciju proračuna zone zaštite. Odgovarajući program se može formirati primenom Visual LISP-a, jezika Visual Basic for Applications (VBA) i AutoLISP-a.

Visual LISP (VLISP) omogućava pribavljanje i menjanje bilo kog AutoCAD-ovog objekta pomoću AutoCAD-ovog Active X interfejsa. VLISP ima lako upotrebljiv grafički interfejs za izradu koda, otklanjanje grešaka i testiranje programa.

Visual Basic for Applications (VBA) je programski jezik i pro-

gramsko okruženje koje sadrže mnogi Microsoftovi programi. VBA omogućava jednostavno pribavljanje, izradu i rad sa objektima, koji su organizovani u biblioteke. Pomoću VBA mogu se napraviti i okviri za dijalog u AutoCAD-u.

AutoLISP predstavlja uprošćenu verziju jezika veštačke inteligencije (LISP). Liste predstavlja ju osnove strukture programiranja u AutoLISP-u. AutoCAD smešta sve podatke o objektima u listu, pri čemu se ona sastoji iz više manjih lista. Liste se upotrebljavaju za modifikovanje objekata (entiteta) u AutoCAD-ovoj bazi podataka. Principi formiranja AutoLISP programa su prikazani u [4].

U ovom radu je proračun zone zaštite od prodora groma mimo zaštitnog užeta urađen primenom programa AutoLISP, čiji deo je prikazan na slici 7. Važno je napomenuti da se u AutoLISP-u podaci mogu uneti kroz interaktivni rad, definisanjem brojnih vrednosti ili direktnim očitavanjem koordinata sa crteža. Upravo je ovaj drugi način korišćen u navedenom programu.

Nakon aktiviranja programa od korisnika se zahteva očitavanje koordinata tačaka vešanja zaštitnog užeta i faznog provodnika. Sledi izbor metoda za određivanje zone zaštite, i, konačno, proračun zone zaštite. U slučaju korišćenja metoda zaštitnog ugla, korisnik dobija informaciju da li zaštitni ugao ima vrednost unutar maksimalno dozvoljene vrednosti.

```

Zona - Notepad
File Edit Format View Help
PRORACUN I ISCRTAVANJE ZONE ZAŠTITE ZA STUB SA DVA ZAŠTITNA UZETA I VISINOM OD 15m PRIMENOM
ELEKTROGEOMETRIJSKOG METODA ILI RUSKOG METODA

(defun c:zstub ()
  : Potrebne informacije sa crteza
  (setq vph1 (getpoint "\nizaberite levu tacku vešanja zaštitnog užeta: "))
  (setq vph2 (getpoint "\nizaberite desnu tacku vešanja zaštitnog užeta: "))
  (setq prov1 (getpoint "\nizaberite levu tacku vešanja faznog provodnika: "))
  (setq prov2 (getpoint "\nizaberite desnu tacku vešanja faznog provodnika: "))
  (setq gnd1 (85.5 113.4184))
  (setq gnd2 (130.5 113.4184))

  : Empirijske konstante
  (setq k 7)
  (setq a 0.8)

  : Izbor metoda
  (initget "Rus Usa")
  (setq izbor (getword "\nkoji pristup želite? [Rus/Usa] <R>: "))
  (if (null izbor)
    (setq izbor "R")
  )

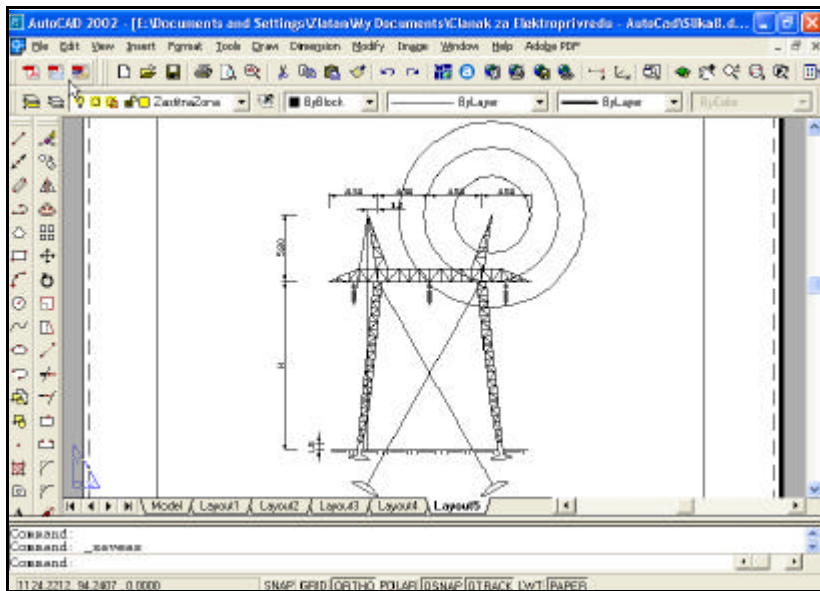
  : Formiranje sloja koji će koristiti rutina
  (command "LAYER" "New" "zaštitnazona")
  (command "color" "50" "zaštitnazona")
  (command "Lweight" "0.3" "zaštitnazona")
  (command "set" "zaštitnazona" "")

  : Ruski i elektrogeometrijski pristup
  (if (or (= izbor "R") (= izbor "r"))
    (progn

```

Slika 7. Deo AutoLisp programa za proračun zone zaštite od prodora groma mimo zaštitnog užeta

Ilustracija ovog programa je data na primeru jednog ugaono-zateznog stuba sa dva zaštitna užeta (slika 8). Na istom crtežu su prikazani rezultati proračuna zone zaštite prema oba metoda. Zaštitni ugao je određen za levo zaštitno uže, dok su primenom elektrogeometrijskog metoda određene zone zaštite desnog zaštitnog užeta za niz vrednosti amplitude struje glavnog pražnjenja.

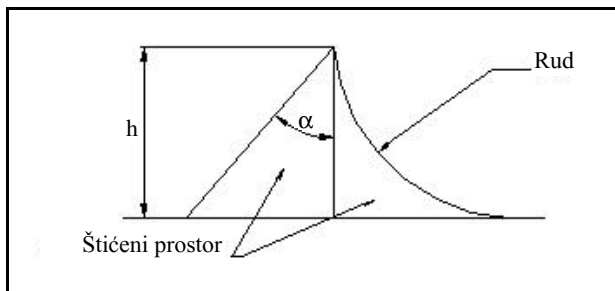


Slika 8. Određivanje zone zaštite ugaono-zateznog stuba prema metodu zaštitnog ugla i elektrogeometrijskom modelu

#### 2.4. Projektovanje gromobranske zaštite elektroenergetskih postrojenja i objekata

Pod zonom zaštite prihvatnog sistema podrazumeva se zona u kojoj se sa malom verovatnoćom može dogoditi direktno atmosfersko pražnjenje. U projektantskoj praksi se uglavnom koriste metod zaštitnog ugla i metod kotrljajuće sfere.

Prvi metod se zasniva na određivanju ugla između vertikalne linije, postavljene kroz osu štapne hvataljke, i izvodnice kupe, koja definiše zonu zaštite (slika 9). Predložena vrednost ugla iznosi između

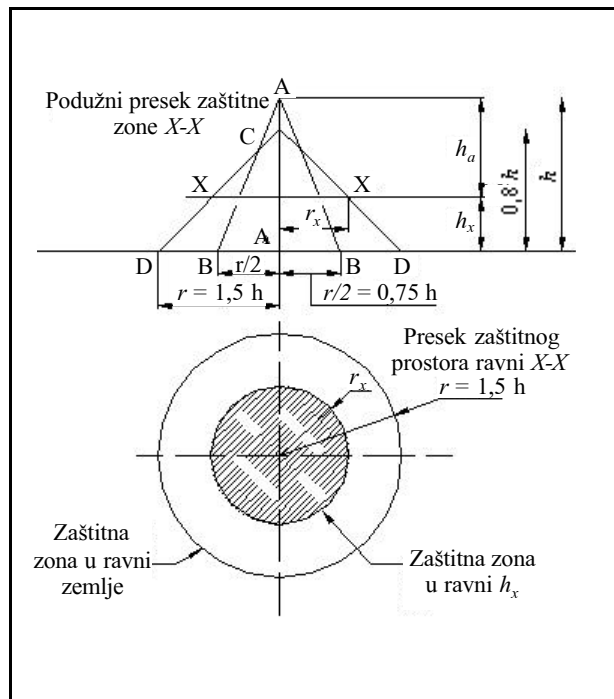


Slika 9. Zona zaštite štapne hvataljke određena metodom zaštitnog ugla i metodom kotrljajuće sfere

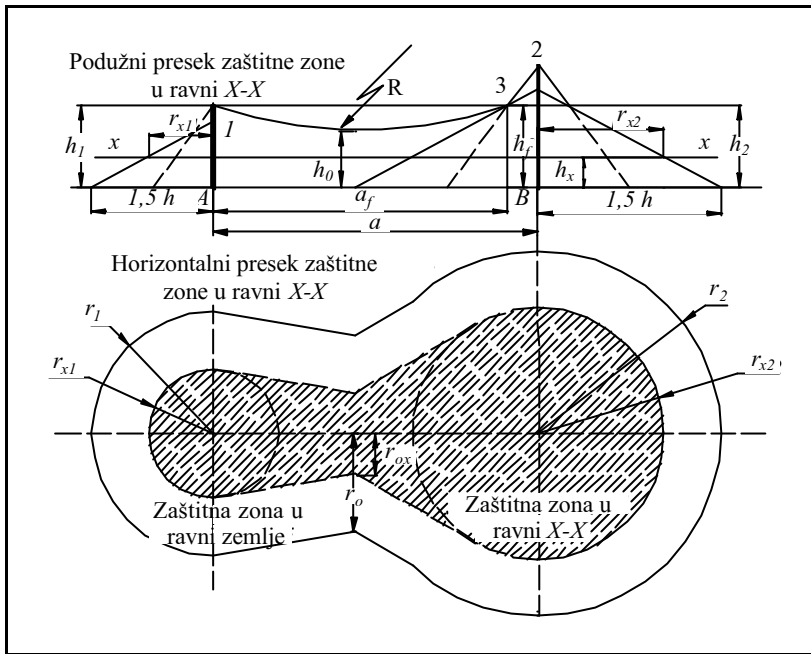
$30^\circ$  i  $60^\circ$ . Kotrljajuću sferu definiše poluprečnik jednak udarnom rastojanju za određenu struju groma, definisanu nivoom zaštite objekta. Zaštitna zona se dobija kao geometrijsko mesto tačaka u kojima sfera dodiruje horizontalnu podlogu pri rotiranju oko štapne hvataljke, tako da sfera stalno dodiruje i hvataljku. Udarno rastojanje izračunava se prema (1), pri čemu je, shodno [8],  $k=10$  i  $n=0,67$ .

Postupci za projektovanje gromobranske zaštite elektroenergetskih postrojenja i objekata su definisani Jugoslovenskim standardima [7,8]. Ovaj postupak je ilustrovan na primeru određivanja zone zaštite jedne štapne hvataljke visine  $h$  (slika 10). Zona zaštite predstavlja kupu sa spoljnom stranom u vidu izlomljene linije i osnovom kupe poluprečnika  $r = 1,5 h$ . Ovaj postupak, zasnovan na linearnoj aproksimaciji granica zaštitne zone, često se koristi u praksi.

Horizontalni presek  $X-X$  zone zaštite na visini štice objekta  $h_x$  predstavlja krug sa poluprečnikom zaštite  $r_x$ , dok je  $h_a$  aktivna visina gromobrana. Izlomljena linija koja je ovako obrazovana predstavlja granicu zone zaštite, a obrtanjem oko ose hvataljke  $A-A$  dobija se pro-



Slika 10. Izlomljena kupa kao zona zaštite jedne štapne hvataljke



Slika 11. Zona zaštite za dve štapne hvataljke različitih visina

stor izlomljene kupe, koji predstavlja zonu zaštite objekta od atmosferskog pražnjenja. Za izračunavanje poluprečnika zone zaštite  $r_x$  i visine  $h_o$ , koriste se sledeći izrazi:

– Ako je  $h \leq 60$  m, tada je:  

$$h_x < 0,67 \times h, r_x = 1,5 \times (h - 1,25 \times h_x) \quad (2)$$

– Ako je  $h > 60$  m, tada je:  

$$h_x > 0,67 \times h, r_x = 0,75 \times (h - h_x) \quad (3)$$

Prikazan postupak se koristi i za određivanje zone zaštite za dve ili više štapnih hvataljki. Na slici 11 je prikazana zona zaštite za dve štapne hvataljke različitih visina  $h_1$  i  $h_2$ .

Širina šticenog prostora  $r_{ox}$  ispod visine  $h_o$  i visina šticenog prostora dobijaju se iz izraza:

– Za  $h \leq 30$  m :  

$$h_x \leq 0,67 \times h, r_{ox} = 1,5 \cdot (h_o - 1,25 \times h_x) \quad (4)$$

– Za  $h > 30$  m :  

$$h_x > 0,67 \cdot h, r_{ox} = 0,75 \cdot (h_o - h_x) \quad (5)$$

Projektovanje zone zaštite za slučaj većeg broja hvataljki je automatizovano formiranjem odgovarajućeg AutoLISP programa. Primenom ovog programa formirana je zona zaštite objekta specijalne namene za slučaj sedam štapnih hvataljki (slika 12).

ELEKTROPRIVREDA, br. 4, 2003.

## 2.5. Izrada specifikacije elektroenergetske opreme na osnovu formirane grafičke dokumentacije

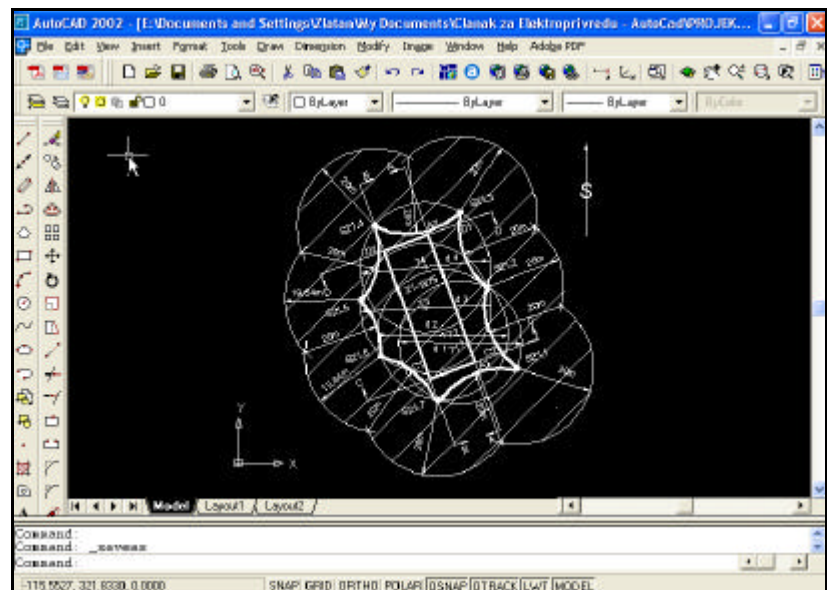
Postupak izrade specifikacije elektroenergetske opreme zahteva formiranje bloka sa atributima. Blokovi su grupe elemenata povezane u jedinstvenu celinu. Njihova uloga je da crtanje tipskih elemenata ili elemenata koji se često ponavljaju ubrza i svede na jednostavan unos iz prethodno pripremljene baze, odnosno biblioteke simbola.

Atributi omogućavaju da se informacije sačuvaju u obliku teksta i da se kasnije koriste u programima za obradu baza podataka (Database managers), za tabelarno izračunavanje i za obradu teksta. Na taj način u crtežu se čuvaju podaci praktično o svakom objektu. Atributi se dodaju blokovima i sadrže podatke koji blok dodatno opisuju.

Atributi se mogu koristiti umesto tekstualnih objekata kada se isti tekst sa manjim izmenama unosi na više mesta u crtežu. Ovim se pojednostavljuje postupak upisivanja podataka.

Definisanje blokova sa atributima je ilustrovano na primeru revitalizacije, rekonstrukcije i modernizacije jednog razvodnog postrojenja 110 kV. Radi se

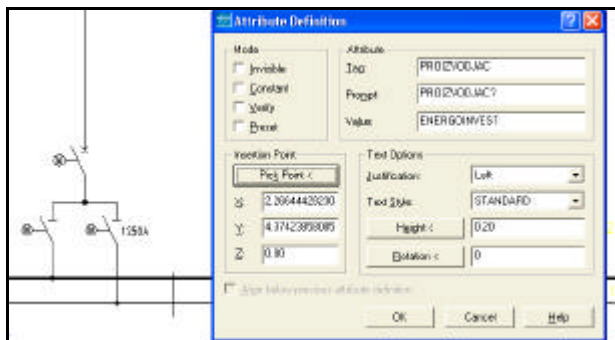
na primeru revitalizacije, rekonstrukcije i modernizacije jednog razvodnog postrojenja 110 kV. Radi se



Slika 12. Zona zaštite objekta specijalne namene, određena primenom AutoLISP programa za slučaj sedam štapnih hvataljki

o klasičnom postrojenju za spoljašnju montažu koje sadrži dva sistema glavnih sabirnica i četrnaest aktivnih polja. Projektom je predviđena zamena kompletne visokonaponske opreme u svim poljima.

Na primeru visokonaponskog prekidača je ilustrovan postupak formiranja bloka sa atributima. Definisanje atributa visokonaponskog prekidača se vrši komandom ATTDEF (Attribute Definition) (slika 13).

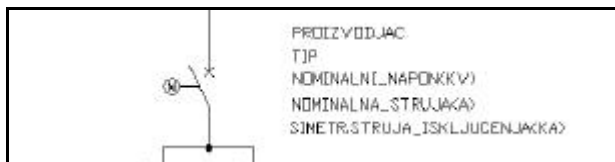


Slika 13. Okvir za dijalog definisanja atributa visokonaponskog prekidača (Attribute Definition)

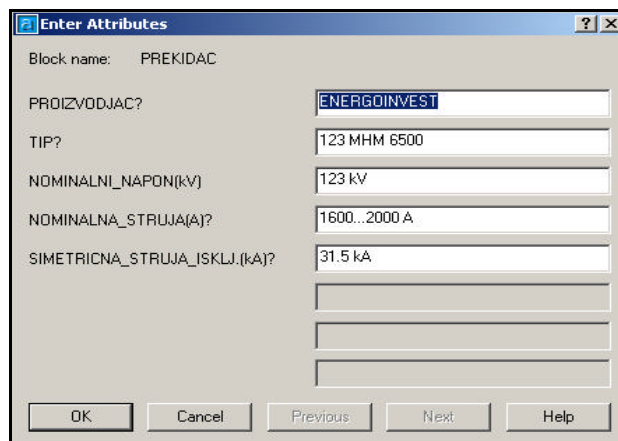
Sa slike 13 se može zaključiti da su u odeljku Attribute unete sledeće vrednosti:

- Tag : PROIZVODJAC
- Prompt : PROIZVODJAC?
- Value : ENERGOINVEST

Ponavljanjem komande ATTDEF i unošenjem podataka za tip, nominalni napon, nominalnu struju i simetričnu struju isključenja, kao i korišćenjem komande Make Block sa palete Draw, formira se blok sa atributima, kao na slici 14.



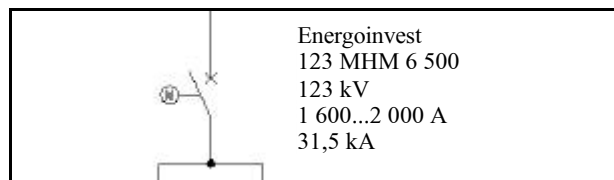
Slika 14. Blok sa atributima visokonaponskog prekidača



Slika 15. Okvir za dijalog Enter Attributes

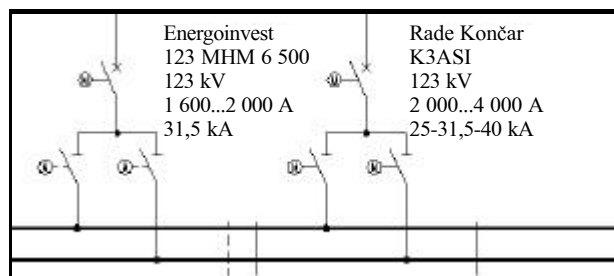
Unos blokova sa atributima se vrši komandom Insert Block. Za attribute definisane na slici 14 unose se odgovarajući podaci (slika 15).

Za prelaz sa opšteg bloka na blok sa konkretnim parametrima visokonaponskog prekidača proizvodnje Energoinvest potrebno je u okviru za dijalog Block Definition potvrditi simbol prekidača i pet atributa. Nakon zatvaranja ovog okvira, blok stiće definisane attribute prikazane na slici 16.



Slika 16. Blok visokonaponskog prekidača proizvodnje Energoinvest sa definisanim atributima

Ponavljanjem prikazanog postupka mogu se definisati atributi visokonaponskih prekidača u ostalim poljima. Na slici 17 je prikazan izgled dela jednofazne šeme razvodnog postrojenja 110 kV nakon unosa dva bloka visokonaponskih prekidača sa atributima.



Slika 17. Izgled dela jednofazne šeme razvodnog postrojenja 110 kV nakon unosa dva bloka visokonaponskih prekidača sa atributima

Izdvajanjem podataka iz tako definisanih atributa formiraju se odgovarajuće baze podataka. U verziji AutoCAD 2002, moguće je raditi sa čarobnjakom Attribute Extraction, pomoću koga se izdvajaju i izvoze informacije koje sadrže atributi. Tako izdvojene informacije mogu da se upotrebe u programima za izradu tabela i rad sa bazama podataka [9].

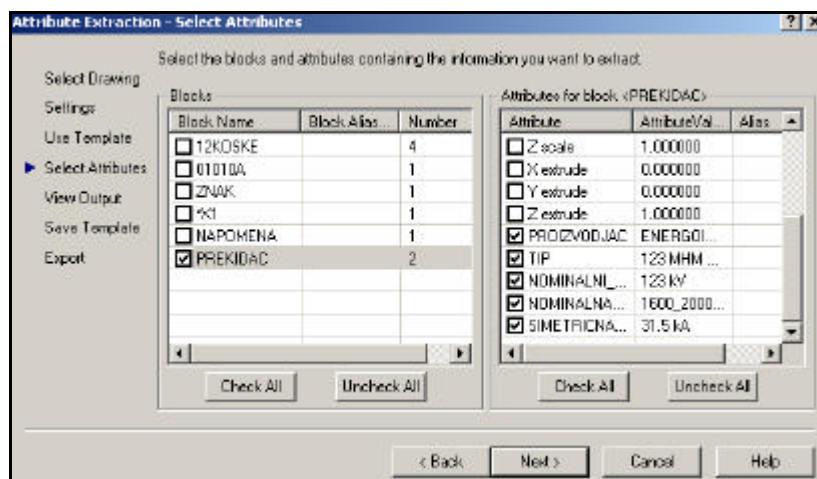
Komandom Tools → Attribute Extraction moguće je izdvojiti konfiguracije koje sadrže attribute prikazane na slici 17. Na slici 18 je prikazan prozor Select Attributes čarobnjaka Attribute Extraction. Za blok pod imenom PREKIDAC potvrđeni su odgovarajući atributi.

Izborom opcije Save Template sa slike 18 dobija se mogućnost izvoženja datoteke sa atributima. Pri tome su na raspolaganju sledeći tipovi datoteka:



- CSV (Comma delimited) (\*.csv): ispisuje sve vrednosti atributa sa zarezima između njih. Većina tabela i baza mogu da uvezu ovaj format.
- Tab delimited File (\*.txt): kao i datoteka tipa CSV, s tim što će se između svake vrednosti atributa nalaziti razmak.
- Microsoft Excel (\*.xls): formira tabelu u Excelu.
- Microsoft Access Database (\*.mdb): formira datoteku baze podataka u Accessu.

Za izabran tip Microsoft Excel dobija se izlazna datoteka u xls formatu, kao na slici 19.



Slika 18. Prozor Select Attributes čarobnjaka Attribute Extraction

Block Name	Count	X insertion	Y insertion	PROZVOĐIJAČ	TIP	NOMINALNI NAPON(V)	NOMINALNA STRUJA(A)	SIMETRICNA STRUJA (KA)
PREKIDAC	1	88,26361	88,31539	ENERGONVEST	123 MHM6000	123 kV	1600...2000 A	31.5 kA
PREKIDAC	1	70,26361	88,31539	RADE KONACAR K3ASI	123 kV	2000...4000 A		25-31.5 kA

Slika 19. Izlazna datoteka u Excelu kao rezultat izdvajanja atributa visokonaponskih prekidača

### 3. ZAKLJUČAK

U radu su prikazani neki aspekti primene AutoCAD-a u računarskom projektovanju elektroenergetskih postrojenja i objekata. Rad sa 3D modelima, proračuni karakteristika nacrtanih objekata, mogućnosti programiranja i povezivanja sa drugim aplikacijama, uključujući i programe za rad sa bazama podataka, ukazuju na prednosti AutoCAD-a, koji se s pravom smatra najmoćnijim softverskim alatom u ovoj oblasti. Njegova primena doprinosi automatizaciji izrade projektne dokumentacije, čime se postiže povećanje produktivnosti.

### 4. ZAHVALNOST

Prvi autor zahvaljuje Fondaciji „Alexander von Humboldt”, Bon, SR Nemačka, na celokupnoj podršci njegovom naučno-istraživačkom radu. Zahvalnost dugujem i firmi „Osa - računarski inženjering”, Beograd, koja je omogućila donaciju programa AutoCAD 2002 Elektrotehničkom fakultetu Univerziteta u Beogradu. Prof. dr Dragan Petrović sa Elektrotehničkog fakulteta u Beogradu je ustupio deo dokumentacije o turbogeneratoru, na čemu zahvaljujem.

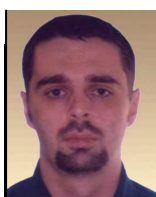
Ministarstvo za nauku, tehnologiju i razvoj Republike Srbije je, u okviru Tehnološkog projekta ETR.6.04.0033.B, omogućilo donaciju računarske opreme, bez koje ovaj članak ne bi mogao da bude urađen.

### 5. LITERATURA

- [1] USER'S GUIDE AUTOCAD 2002, Autodesk, 2001.
- [2] E. Finkelstein: AUTOCAD 2002 BIBLIJA, Mikro knjiga, Beograd, 2002.
- [3] H. J. Engelke: 3D - KONSTRUKTION MIT AUTOCAD 2002, Volumen-Modellieren für Einsteiger, Hanser Verlag München Wien, 2002.
- [4] G. Omura: THE ABC 'S OF AUTOLISP, SYBEX, Inc., San Francisco, 2001.
- [5] J. Nahman, V. Mijailović: VISOKONAPONSKA POSTROJENJA, Monografija, Beopres, Beograd, 2000, str. 80-82.
- [6] M. Savić, Z. Stojković: TEHNIKA VISOKOG NAPONA - ATMOSFERSKI PRENAPONI, Monografija; II izdanje, Elektrotehnički fakultet, Beograd, 2001, str. 399-401.
- [7] JUS.N.B4.802: Gromobranske instalacije: POSTUPCI PRI PROJEKTOVANJU, IZVOĐENJU, ODRŽAVANJU, PREGLEDIMA I VERIFIKACIJAMA, 1997.
- [8] JUS IEC 1024-1-1 : Gromobranske instalacije: ODREĐIVANJE NIVOA ZAŠTITE, 1996.
- [9] Z. Stojković: PROJEKTOVANJE POMOĆU RAČUNARA U ELEKTROENERGETICI - PROGRAMSKI ALATI, Monografija, II izdanje, Elektrotehnički fakultet - Akademska misao, Beograd, 2003, str. V-1 - V-73.



**Zlatan Stojković** (1960) je diplomirao (1984), magistrirao (1991) i doktorirao (1995) na Elektrotehničkom fakultetu Univerziteta u Beogradu. Osam godina je radio kao projektant u Energoprojekt - Hidroinženjering A.D. Od 1993. godine radi na Elektrotehničkom fakultetu Univerziteta u Beogradu, gde je izabran u zvanje asistenta (1993), docenta (1995) i vanrednog profesora (2001). Na redovnim i poslediplomskim studijama Elektrotehničkog fakulteta Univerziteta u Beogradu izvodi nastavu iz predmeta Projektovanje pomoću računara u elektroenergetici, Tehnika visokog napona, Primena programskih alata u elektroenergetici i Visokonaponska merenja u elektroenergetici. Kao stipendista Fondacije „Alexander von Humboldt”, Bon, SR Nemačka, boravio je u Institutu za visok napon i elektroenergetske sisteme Univerziteta u Karlsruheu, SR Nemačka, u toku 1997/98. i 2002. godine. Autor i koautor je dve monografije nacionalnog značaja i oko pedeset naučnih i stručnih radova. Nagrađen je za pet radova objavljenih na nacionalnim konferencijama. Učestvovao je u realizaciji oko trideset studija i projekata. Recenzent je renomiranih međunarodnih časopisa IEEE i IEE. E-mail: zstojkovic@etf.bg.ac.yu



**Dejan Medan** (1975) je apsolvant Elektrotehničkog fakulteta Univerziteta u Beogradu. Od 1999. godine je zaposlen na Internet servisu Građevinskog fakulteta u Beogradu (ISTF), gde radi kao pomoćni administrator mreže na poslovima instaliranja i servisiranja opreme. Od 2000. godine je honorarni saradnik Projektnog biroa firme „Panprojekt” na poslovima server-administratora i izrade projektne dokumentacije. Posebna interesovanja pokazuje za oblast primenjene matematike. Pred završetkom je diplomskog rada iz predmeta Projektovanje pomoću računara u elektroenergetici. Koristi Microsoft Office paket, Visual Studio 6.0 i softverske alate AutoCAD, Solid Works, Matlab, MathCAD. Programira u programima C i Visual Basic 6.0. E-mail: meda@galeb.etf.bg.ac.yu



**Maja Nikolić** (1978) je rođena u Beogradu, gde je završila osnovnu školu, gimnaziju, kao i nižu i srednju muzičku školu. Na Elektrotehnički fakultet Univerziteta u Beogradu - energetski odsek se upisala 1997. godine. Diplomski rad iz predmeta Projektovanje pomoću računara u elektroenergetici je odbranila 2003. godine sa najvišom ocenom. Stručnu praksu je obavila u Energoprojekt - Entel A.D, gde je i zaposlena od novembra 2003. godine. Koristi programe Pascal, Fortran, C, Asembler 8086, PLM 51, Matlab, AutoCAD, kao i operativni sistem MS Windows family. Govori engleski i nemački jezik. E-mail: maja2001yu@yahoo.com



**Živko Stankić** je rođen 30. 05. 1958. godine u Tuzli. Srednju elektrotehničku školu i elektrotehnički fakultet - energetski smer je završio u Tuzli. Diplomirao je 1982. godine. Po odsluženju vojnog roka primljen je u aktivnu vojnu službu. Radio je kao profesor elektrotehničkih predmeta u Centru vojnih škola i Vazduhoplovnom nastavnom centru u Sarajevu. Napisao je skriptu „Hemijski izvori električne energije” i „Praktikum za izvođenje laboratorijskih vežbi iz osnova elektrotehnike”. Pripremio je i „Zbirku zadataka iz osnova elektrotehnike”, ali zbog ratnih dejstava, ista nije izdata. Oblast njegovog interesovanja je projektovanje gromobranske zaštite objekata posebne namene za vojsku SCG.



**Saša D. Oparnica** je rođen 11. 08. 1976. godine u Vršcu. Nakon završene osnovne škole u Alibunaru, upisao je 1991. godine Srednju elektrotehničku školu „Nikola Tesla” u Pančevu, smer energetika. Po završetku srednje škole, upisao je 1995. godine Rudarsko-geološki fakultet Univerziteta u Beogradu, odsek rudarstvo, a godinu dana kasnije i Elektrotehnički fakultet Univerziteta u Beogradu, odsek energetika. Kompjuterska grafika predstavlja oblast njegovog posebnog interesovanja. Napredne tehnike AutoCAD-a i njene primene predstavlja temu diplomskog rada urađenog u okviru predmeta Projektovanje pomoću računara u elektroenergetici. E-mail: osasa@panet.co.yu

---

Kosta Kosorić

# Priključenje distribuirane proizvodnje na mrežu

Stručni rad  
UDK: 621.311.1

---

Rezime:

U radu je prodiskutovan problem definisanja distribuirane proizvodnje i priključenja distribuirane proizvodnje na mrežu. Pažnja je posvećena kako negativnim, tako i pozitivnim aspektima priključenja distribuirane proizvodnje. Detaljnije je objašnjen uticaj distribuirane proizvodnje na padove i varijacije napona, gubitke, kvalitet električne energije, struje kratkih spojeva, i regulacionu grešku sistema.

**Ključne reči:** distribuirana proizvodnja, gubici, kvalitet električne energije, regulaciona greška

---

Abstract:

## CONNECTION OF DISTRIBUTED GENERATION TO THE NETWORK

In this paper the problem of distributed generation definition and connecton of distributed generation to the network is discussed. Negative aspects of connecting distributed generation to the network as well as positive aspects are stated. The influence of distributed generation on voltage variations, losses, power quality, short circuit currents and area control error is explained in detail.

**Key words:** distributed generation, losses, power quality, area control error

---

## 1. UVOD

Distribuirana proizvodnja će po mnogim analizama u bliskoj budućnosti postati mnogo značajniji izvor energije u elektroenergetskim sistemima nego što je sad. Distribuirana proizvodnja se uglavnom zasniva na obnovljivim izvorima energije, pa zbog toga postaje sve popularnija zbog zanemarljivog zagađenja okoline. Sa deregulacijom elektroenergetskog sektora i uvođenjem takmičarskih principa, igrači na tržištu električne energije nisu u poziciji da ulažu u velike proizvodne objekte sa dugim vremenom otplate, pa se radije odlučuju za manje proizvodne kapacitete priključene na distributivnu mrežu.

Rezultati studije koju je izveo *Electric Power Research Institute* (EPRI) pokazuju da će do 2010. godine, od ukupne nove instalisane električne snage, 25 % biti u distribuiranoj proizvodnji [1]. Zbog specifičnosti ovih proizvodnih objekata i njihovog značajnog udela, njihov uticaj na elektroenergetski sistem će postati veoma značajan.

## 2. DEFINICIJA DISTRIBUIRANE PROIZVODNJE

U literaturi se veliki broj pojmova vezuje za distribuiranu proizvodnju. Distribuirana proizvodnja je relativno nov pojam koji je stekao veliku popular-

---

Kosta Kosorić, dipl. ing. - Elektroenergetski koordinacioni centar, 11 000 Beograd, Vojvode Stepe 412

nost i još uvek nema jasnu definiciju. Često se koriste izrazi disperzovana, ugrađena (embedded) ili distribuirana proizvodnja za isti tip proizvodnje. Takođe, postoje i različite definicije u odnosu na instalisanu snagu jedinica distribuirane proizvodnje. Tako se na različitim mestima na svetu distribuiranom proizvodnjom smatraju elektrane različitih graničnih snaga: do 25 MW, do 50 MW, do 100 MW. Međutim, u Švedskoj se pod distribuiranom proizvodnjom zakonom definišu jedinice snage manje od 1,5 MW, što se uglavnom odnosi na vetrogeneratore, ali se tako farma vetrogeneratora sa preko 100 MW instalisane snage takođe smatra distribuiranom proizvodnjom, zbog toga što je sačinjena od jedinica snage manje od 1,5 MW. Na Novom Zelandu se distribuiranom proizvodnjom smatraju generatorske jedinice do 5 MW, zbog toga što zakon zabranjuje distributivnim kompanijama da na distribuiranoj mreži imaju jedinice veće od 5 MW. U Engleskoj se distribuiranom proizvodnjom smatraju jedinice manje od 50 MW, zato što one nisu obavezne da svoju energiju prodaju preko tržišta električne energije. Postoji termoelektrana toplana u Berlinu, električne snage od 300 MW, priključena na jaku distributivnu mrežu 110 kV i 35 kV naponskog nivoa, što je ekstremni slučaj. Tako, instalisana snaga jedinica distribuirane proizvodnje može varirati od nekoliko kW do 300 MW.

Definisanje distribuirane proizvodnje preko naponskog nivoa nije pogodno. Podela pri kojoj se prenosnom mrežom smatraju dalekovodi 220 kV i više nije dobra, jer ponekad distributivne kompanije poseduju dalekovode 220 kV, a i prenosne kompanije mogu posedovati 110 kV dalekovode. Distribuirana proizvodnja treba da bude blizu potrošača. Zbog distribuirane proizvodnje u vreme malog opterećenja, distributivna mreža može čak predavati energiju prenosnoj mreži. Najprikladnija opšta definicija bi bila:

- Distribuirana proizvodnja je svaki izvor električne energije koji je priključen direktno na distributivnu mrežu, ili je sa potrošačeve merne strane [2].

Po instalisanoj snazi, distribuirani izvori se mogu podeliti na:

Mikro	< 5 kW
Male	5 kW < 5 MW
Srednje	5 MW < 50 MW
Velike	50 MW < 300 MW

Proizvodne tehnologije koje se koriste u distribuiranoj proizvodnji su raznolike i većina ih koristi obnovljive izvore energije kao što su: vetar, vodeni pad, biomasa, toplota i svetlost sunca, energija plime i oseke okeana i geotermalna energija. Ovi izvori se sastoje od više malih jedinica, od kojih je sva-

ka nezavisna i lako se i brzo instalira. Kvar jedne jedinice ne utiče na rad ostalih i nove jedinice se mogu lako naknadno dodavati i na taj način se uvećavati instalisana snaga. Farme vetrogeneratora mogu imati i preko 100 nezavisnih jedinica na relativno malom prostoru. Instalirana električna snaga jedinica na alternativna goriva varira u velikom opsegu, što znači da su one veoma prilagodljive primarnom izvoru energije koju koriste. Tipični su sledeći opsezi instaliranih snaga proizvodnih jedinica:

Mikro hidro	25 kW - 1 MW
Male hidro	1 - 100 MW
Biomasa	0,1 - 20 MW
Vetrogeneratori	200 W - 3 MW
Gorivne ćelije	< 2 MW
Toplotna energija sunca	1 - 10 MW

Veoma važan vid korišćenja distribuirane proizvodnje je i kombinovana proizvodnja toplote i električne energije koji se troše lokalno.

### 3. PRIKLJUČENJE NA DISTRIBUTIVNU MREŽU

Nema generalnih pravila i preporuka za priključenje distribuirane proizvodnje kojih se sva elektroprivredna preduzeća pridržavaju. Pošto su pravila za priključenje često komplikovana i zbunjujuća, mnoge zemlje su razvile sopstvena pravila i preporuke prilagođene njihovim elektroenergetskim sistemima. Pravila za priključenje nove distribuirane proizvodnje se u različitim zemljama veoma razlikuju međusobno. Zbog raznolikosti opcija priključenja i stanja izgrađenosti i oblika distributivnih mreža, svaka mreža zahteva posebne detaljne analize po pitanju priključenja distribuiranog izvora.

Distributivne mreže, za razliku od prenosnih, nisu projektovane za priključenje proizvodnje. Priključenje distribuirane proizvodnje ima uticaj na snage kratkog spoja, relejnu zaštitu, gubitke, napone i kvalitet električne energije. Uticaj distribuirane proizvodnje zavisi od snage jedinica, njihovog broja, lokacija u mreži i tehnologije primenjene za proizvodnju električne energije. Za generatore snaga većih od nekoliko MW, koriste se sinhroni generatori (dizel agregati, gasne turbine, biomasa, toplotna energija sunca). Za generatore srednje i male veličine (snage manje od nekoliko MW, što je tipično za vetrogeneratore) uglavnom se koriste asinhroni generatori koji su jeftiniji nego sinhroni generatori, ali imaju lošije karakteristike po pitanju proizvodnje i regulacije reaktivne snage. Da bi se nadoknadio nedostatak proizvodnje reaktivne snage određenih tipova distribuirane proizvodnje, koriste se baterije kondenzatora i energetske pretvarači.

#### 4. PADOVI NAPONA

Za razliku od prenosnih mreža, gde je reaktansa dalekovoda mnogo veća od njegove otpornosti ( $X/R > 5$ ), kod distributivnih mreža je otpornost dalekovoda jednaka ili veća od reaktanse. U prenosnoj mreži, zbog toga na padove napona preovlađuje uticaj tokova reaktivnih snaga, dok u distributivnoj mreži na napone značajno utiču tokovi i reaktivne i aktivne snage. Distribuirana proizvodnja zato, kao proizvođač uglavnom aktivne snage, ima značajan uticaj na naponske prilike u distributivnoj mreži. Zbog radialnog karaktera distributivne mreže, naponi su najniži na krajevima mreže, a takođe su i varijacije napona najveće na krajevima dalekovoda. Varijacije napona su izraženije ako je potrošnja koncentrisana na krajevima mreže i javljaju se kada se menja struja koja teče dalekovodima, tj. kada se menja aktivno i reaktivno opterećenje u mreži. Regulacija napona u distributivnim mrežama se najčešće vrši uključivanjem baterija kondenzatora ili podešavanjem pozicija na transformatoru sa promenljivim prenosnim odnosom. Kada u distributivnoj mreži postoji proizvodnja, pristup regulacije napona sa menjanjem prenosnog odnosa transformatora u transformatorskoj stanici nije pogodan, jer takav pristup podrazumeva stalan pad napona duž vodova. Ako u distributivnoj mreži postoji proizvodnja, tada, polazeći od glavne transformatorske stanice, promena napona ne mora uvek biti opadajuća, već se može javiti i rast napona.

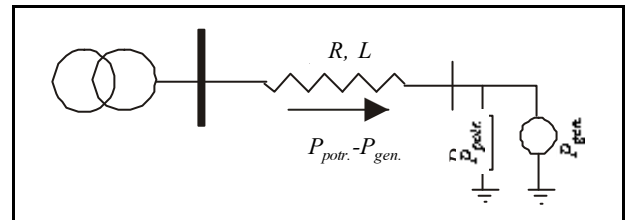
Ako distribuirana proizvodnja radi koordinisano sa opterećenjem, tj. ako povećava svoju proizvodnju kako se povećava i lokalno opterećenje, ili je pak konstantna u vremenu, tada će se tok struje po vodu koji povezuje glavnu transformatorsku stanicu i opterećenje sa distribuiranom proizvodnjom smanjiti u odnosu na slučaj bez distribuirane proizvodnje i tako će se smanjiti varijacije između maksimalnog i minimalnog napona. Međutim, ako distribuirana proizvodnja radi nezavisno od opterećenja, što je slučaj kod stohastičkih izvora kao što su vetrogeneratori, varijacije napona se mogu povećati jer će napon pri malom opterećenju i velikom generisanju biti povećan. Ako vetrogeneratori generišu snagu u mrežu za vreme niskog opterećenja, ali ne i za vreme vršnog, tada će oni uticati na povećanje varijacija napona. Dakle, distribuiranom proizvodnjom naponi se mogu po potrebi uvećati, ali se mogu povećati i varijacije napona u mreži.

Ako se koriste generatorske jedinice koje imaju mogućnost proizvodnje i regulacije reaktivne snage, kao što su sinhroni generatori ili dvostrano napajani asinhroni motori, tada se distribuirana proizvodnja može koristiti za regulaciju napona u mreži i može

se ostvariti konstantna vrednost napona regulisanjem proizvodnje reaktivne snage. To predstavlja i značajno generisanje reaktivne snage u blizini potrošača na distributivnom nivou. Trenutno, većina distribuiranih izvora radi sa konstantnim faktorom snage i korišćenje ovakvih jedinica, koje bi mogle zameniti klasične regulatore napona u distributivnoj mreži, je u razvoju.

#### 5. GUBICI

Distribuirana proizvodnja smanjuje gubitke u distributivnoj i prenosnoj mreži, zato što svojim generisanjem u lokalnu potrošnju smanjuje tok snage po vodu koji povezuje potrošački čvor sa transformatorskom stanicom (slika 1). Tok snage po vodu distributivne mreže biće  $P_{potr.} - P_{gen.}$ , gde je  $P_{potr.}$  koncentrisana snaga potrošnje, a  $P_{gen.}$  generisanje distribuirane proizvodnje. Da nema distribuiranog generisanja, ta energija bi morala biti uzeta iz prenosne mreže, tako da su smanjeni i gubici u prenosnoj mreži. Pored toga, distribuirana proizvodnja svojim generisanjem smanjuje opterećenje glavne transformatorske stanice, što doprinosi smanjenju radne temperature transformatora, a samim tim produžavanju životnog veka transformatora i lakšem održavanju. Distribuirana proizvodnja može odložiti ugrađivanje dodatnih transformatora i ojačavanje distributivne mreže usled povećanja potrošnje, tako da su finansijske koristi od distribuirane proizvodnje višestruke.



Slika 1.

#### 6. KVALITET ELEKTRIČNE ENERGIJE

Jedan od problema koje distribuirana proizvodnja nosi sa sobom je i problem kvaliteta električne energije. Veoma je značajno da svaka nova jedinica distribuirane proizvodnje priključena na mrežu bude posmatrana i kontrolisana SCADA sistemom, da bi se izbeglo smanjenje kvaliteta električne energije i pouzdanosti i uvećanje nestabilnosti. Najveći uticaj distribuirane proizvodnje na kvalitet električne energije je na naponske flikere i harmonike. Naponski flikeri stvaraju osećaj oscilovanja osvetljenja, a najčešći uzrok toga su brze va-

riječ opterećenja. Ali, i distribuirana proizvodnja može doprineti stvaranju naponskih flikera u distributivnim mrežama, usled startovanja nove veće jedinice, nagle varijacije generisanja jedinice i loše interakcije između distribuirane proizvodnje i opreme za regulaciju napona. Vetrogeneratori mogu stvarati naponske flikere u mreži zbog većih varijacija brzine vetra, a samim tim i generisanja. Flikeri se mogu smanjiti ako se smanje struje startovanja jedinice korišćenjem savremenih pretvarača za vezu sa mrežom.

Harmonike u mrežu unose pretvarači preko kojih je distribuirana proizvodnja povezana na mrežu. Harmonici uvećavaju gubitke, mogu oštetiti osetljivu opremu i smanjiti životni vek motora, transformatora i baterija kondenzatora. Amplituda i red harmonika koje unose DC/AC pretvarači zavise od primenjene tehnologije, ali se od razvoja poluprovodničkih materijala i moderne tehnologije energetske elektronike očekuje rešavanje problema kvaliteta električne energije vezanih za distribuiranu proizvodnju.

## 7. UTICAJ NA KRATKE SPOJEVE

Distribuirana proizvodnja utiče na uvećanje struja kratkog spoja u distributivnoj mreži. Uticaj koji distribuirana proizvodnja ima na struje kratkog spoja je veoma složen i zavisi od mnogo faktora kao što su: tehnologija distribuirane proizvodnje, položaj u mreži, radno stanje, interfejs preko koga je generator priključen na mrežu, itd. Problem se javlja zbog toga što se struje kratkog spoja razlikuju za različite kombinacije priključenosti distributivnih generatora na mrežu. Ako je neki generator aktivan, to će uzrokovati drugačije struje kratkog spoja nego kada je on isključen, a to stvara probleme oko podešenja relejne zaštite i njene selektivnosti.

## 8. UTICAJ DISTRIBUIRANE PROIZVODNJE NA REGULACIONU GREŠKU EES-a

Uporedo sa trendom proizvodnje električne energije iz obnovljivih izvora, naročito uz pomoć vetra, javlja se i nezanemarljiv problem u regulisanju elektroenergetskog sistema (EES-a). Jedna od glavnih prepreka na putu ka većim instalacijama snage u vetru u postojećim sistemima je stohastičko ponašanje snage generisane pomoću vetra. Usled nepredvidivosti brzine vetra, tj. nepredvidivosti energije koju nosi vetar, generisana snaga jednog generatora i cele farme vetrogeneratora je nepredvidiva na isti način. Tako se elektroenergetski sistemi sa velikom količinom energije generisane pomoću vetra suočavaju sa narastajućim pro-

blemima nepredvidivosti tokova snaga i održavanja male regulacione greške. Sa promenom brzine vetra javljaju se i oscilacije generisane snage, što je veoma neprijatno za operatore prenosnog sistema. Najkritičnije stanje je ono pri kome brzina vetra prevazilazi maksimalno dozvoljenu brzinu, tako da se turbina koči (prestaje da se okreće). U ovom slučaju, nema generisanja od strane vetrogeneratora i ako se to desi kod većine instalisanog kapaciteta u vetrogeneratorima, neophodno je da se aktivira brza aktivna rezerva. Za EES sa nekoliko većih farmi vetrogeneratora ovaj slučaj je ekvivalentan nepredvidivom ispadu nekoliko termo blokova.

Kada se javi iznenadni nedostatak aktivne snage iz gore navedenih razloga, sistem će u prvim trenucima posle poremećaja absorbirati ovaj deficit iz susednih sistema, dok se deficit proizvodnje koji je prouzrokovao regulacionu grešku ne nadoknadi iz sopstvene rezerve. U radu [3] izvedene su analize ponašanja regulacione greške za različite strukture proizvodnih kapaciteta u elektroenergetskim sistemima i pokazano je da regulacione oblasti sa velikim procentom električne energije proizvedene pomoću izvora sa stohastički zavisnom izlaznom snagom, kao što su vetrogeneratori, imaju velikih problema sa regulacionom greškom oblasti. Problemi su posebno veliki za oblasti sa samo termo proizvodnjom i proizvodnjom iz farmi vetrogeneratora, zato što su termo jedinice nepogodne za brze promene proizvodnje. U [3] je pokazano da pored raspoložive brzine uvećanja proizvodnje sistema, takođe i geometrijski raspored vetrogeneratora u farmi vetrogeneratora ima veoma veliki uticaj na energiju regulacione greške. Veliki procenat snage sistema instalisane u farmama vetrogeneratora zahteva dodatnu rotacionu rezervu i rezerve u regulaciji za kompenzovanje neželjenih odstupanja oblasti. Ova rezerva je deo instalisanih kapaciteta, koja se ne koristi za proizvodnju, a taj deo mora biti znatno veći u slučaju EES-a sa velikim procentom proizvodnje električne energije iz farmi vetrogeneratora.

## 9. ZAKLJUČAK

*Trend sve većeg uvođenja distribuirane proizvodnje u distributivnu mrežu donosi mnoge povoljnosti, ali i mnoge probleme. Pored navedenih pozitivnih aspekata uvođenja distributivne proizvodnje, njena najveća prednost je što je u najvećoj meri zasnovana na obnovljivim izvorima energije, čija ekonomska isplativost postaje sve veća. Od novih proizvodnih telekomunikacionih i upravljačkih tehnologija se očekuje da umanje komplikacije i probleme koje donosi distribuirana proizvodnja.*

## 10. LITERATURA

[1] INTERACTION BETWEEN DISTRIBUTED GENERATION AND THE DISTRIBUTION NETWORK, Thomas Ackerman, Valerz Knyazkin

[2] DISTRIBUTED GENERATION - DEFINITION, Thomas Ackerman

[3] WIND CHANGES INFLUENCE ON CONTROL OF POWER SYSTEMS WITH HIGH PERCENTAGE OF WIND POWER, K. Kosorić, A. Katančević, IEEE 2003 General Meeting, Toronto

---

Rad je primljen u uredništvo 12. 11. 2003. godine



***Kosta Kosorić** je rođen 1978. godine. Diplomirao je na Elektrotehničkom fakultetu u Beogradu 2002. godine, gde je trenutno student postdiplomskih studija. Od 2002. godine zaposlen je u Elektroenergetskom Koordinacionom Centru (EKC) - Beograd. Oblasti interesovanja: tržište električne energije, regulacija sistema, distribuirana proizvodnja.*

# Izbor vrste kablova 110 kV na konzumu TS 400/110 kV/kV Beograd XX s obzirom na ukupnu kapacitivnu snagu kablova

Stručni rad  
UDK: 621.315.21

---

## Rezime:

Radom se iznose tri varijante raspjeta kablovske mreže 110 kV na konzumu perspektivne TS 400/110 kV/kV Beograd XX koja treba da bude izgrađena na konzumu JP „Elektrodistribucije Beograd” (JP EDB) u planskom periodu do 2005. godine. Raspletom su prikazane ukupne kapacitivne snage kablovskih vodova 110 kV koji će biti izgrađeni na njenom konzumu do 2020. godine. Predlaže se izbor vrste kablova, kako bi se u TS 400/110 kV/kV Beograd XX izbegao kapacitivni režim i uvođenje dodatnih otočnih reaktora za regulaciju faktora snage.

**Ključne reči:** mreža 110 kV, kapacitivne snage kablova, faktor snage, otočni reaktori

---

## Abstract:

### SELECTION OF TYPE OF 110 kV CABLES IN THE CONSUMPTION SUBSTATION 400/110 kV/kV BEOGRAD XX WITH RESPECT TO THE TOTAL CABLE CAPACITY

The paper presents three variants of solution design of 110 kV cable network in the consumption of the former substation 400/110 kV/kV Beograd XX which should be constructed within the consumption of Public Enterprise „Elektrodistribucija Beograd” (JP EDB) in the planned period up to the year 2005. The solution design emphasizes the total capacitance power of 110 kV cable lines to be constructed within its consumption up to 2020. Selection of type of cables is proposed in order that the capacitance regimen and introduction of additional insular reactors for regulation of the power factor would be avoided in TS 400/110 kV/kV Beograd XX.

**Key word:** solution design of 110 kV high-voltage network, capacitance cable capacities 110 kV, capacity factor in the network 110 kV, insular reactors for reactive load regulation

---

## 1. UVOD

Beogradski elektroenergetski čvor se veoma intenzivno razvijao do današnjih dana; prva TS 110/35 kV/kV stavljena je u pogon 1953. godine (TS Beograd II, 2x20 MVA), prva TS 220/110 kV/kV oko 1960. godine (TS Beograd III, 2x150 MVA), a prva

TS 400/220 kV/kV oko 1970. godine (TS Beograd VIII, 2x400 MVA). Na prvu TS 400/110 kV/kV se čeka još od daleke 1980. godine (TS Beograd XX) i malo je verovatno da će, posle započete izgradnje, biti stavljena u pogon do 2005. godine.

Sve mreže u ovom periodu su izgrađivane planski, kroz dugoročne i srednjoročne planske progra-



me i godišnje planove rada. U tom smislu su najznačajniji konceptijski planski programi iz 1957. i 1977. godine; naknadnim planskim programima akcentat je stavljen na strogo zacrtavanu dinamiku izgradnje mreža svih napona.

Sa aspekta regulacije ukupnih reaktivnih snaga u elektrodistributivnoj mreži, najznačajniju ulogu imaju kablovski vodovi 110 kV.

Prvi kablovski vodovi 110 kV su izgrađeni oko 1970. godine i napajali su TS 110/35 Beograd VI vlasništvo „Elektroistoka” (kablovima holandske i japanske proizvodnje), da bi oko 1980. godine EDB počela sa izgradnjom svoje kablovske mreže 110 kV (sa kablovima italijanske proizvodnje); oko 1990. godine uvode se u mrežu i kablovi 110 kV domaćeg proizvođača, da bi oko 1995. godine bio stavljen u pogon i najsavremeniji visokokapacitivni kabl 110 kV japanskog proizvođača. Ukupna dužina kablovskih vodova 110 kV je danas oko 35 km.

S obzirom na činjenicu da su kablovski vodovi 110 kV „raspoređeni” dinamikom izgradnje mreže na tri konzuma postojećih TS 220/110 kV/kV na gradskom konzumu EDB (TS Beograd III, TS Beograd XVII i TS Beograd V), to njihov uticaj na ukupna reaktivna opterećenja u mrežama na konzumu izvora 220/110 kV/kV nije imao za posledicu ulazak u prekompenzovan režim, premda, da su izgrađeni koncentrisano na konzumu jedne od TS 220/110 kV/kV, verovatno bi njihova ukupna reaktivna snaga od cca 38 Mvar zahtevala uvođenje i dodatnih reaktora u TS 220/110 kV/kV. Međutim, i pored toga, značajno je da je faktor snage na početku ovih kablovskih vodova 110 kV uvek iznad vrednosti 0,98 i to i u zimskim i letnjim uslovima (u vreme velikih i malih opterećenja mreže). Znajući to, itekako je značajno da se u fazi izgradnje TS 400/110 kV/kV Beograd XX, već sada, razmotre performanse svih kablovskih vodova 110 kV na njenom konzumu, te, s jedne strane, dovede faktor snage u mreži na visoku vrednost, a, s druge strane izbegne nepoželjan kapacitivan režim mreže koji zahteva uvođenje dodatnih reaktora u TS 400/110 kV/kV Beograd XX [8,10].

Problem nije tako jednostavan, jer oba ova aspekta zahtevaju uvođenje uljnih visokokapacitivnih kablova strane proizvodnje sa kapacitivnom snagom od cca 2 Mvar/km za „kratke” kablovske vodove, a kablove od umreženog polietilena (domaćeg proizvođača) sa kapacitivnom snagom reda 0,9 Mvar/km za dugačke deonice. Na taj način se omogućava da se na konzumu svake TS 110/10 kV/kV u potpunosti kompenzuje najveći deo reaktivne snage i energije. Zato je potrebno uzeti u obzir zacrtanu dinamiku izgradnje mreže i adekvatnu varijantu izgradnje mreže.

## **2. MOGUĆE VARIJANTE OBLIKOVANJA MREŽE KOJE UTIČU NA REDUKOVANJE UKUPNE DUŽINE MREŽE 110 kV NA KONZUMU TS 400/110 kV/kV BEOGRAD XX**

U ovom poglavlju rada biće izneseni osnovni principi izgradnje mreže 110 kV koji imaju značajan uticaj na nivo sigurnosti u mrežama i ukupnu dužinu mreže. U tom smislu postoje osnovni modeli, sa poveznim i prstenastim vodovima, kojima se, zavisno od odnosa propusne snage vodova 110 kV i nazivne snage prijemnih TS 110/10 kV/kV, mogu napajati jedna ili dve ili više TS 110/10 kV/kV svakim od vodova. Takođe, postoje i složeni modeli mreža kojima se, radi redukovanja ukupne dužine mreže ili zbog zahteva da se rezervira i tzv. „dvostruki kvar” u mreži (princip sigurnosti „ $n-2$ ”), obično „upetljava” mreža, najpre putem dva napojna kabla do prvih TS 110/10 kV/kV a potom i putem postavljanja i „međuveza” između pravaca sa magistralnim vodovima.

Prema konceptijskim principima za izgradnju mreže 110 kV, na konzumu JP EDB mreža 110 kV se može izgrađivati na dva načina: ili putem poveznih i prstenastih vodova 110 kV kojima se napajaju po dve TS 110/10 kV/kV, ili putem „poveznih pravaca” koji se sastoje iz udvostručenih prvih deonica mreže (prve deonice su sa dva kabla 110 kV) i kojima se napaja do četiri TS 110/10 kV/kV. Na ovim principima su obrazovane varijante raspleta mreže 110 kV na konzumu perspektivne TS 400/110 kV/kV Beograd XX, a koje su date u stručnom radu autora objavljenog na savetovanju o kablovima pri JUKO CIGRE 2002. godine [6].

Kao što je napomenuto u ovom radu, osnovna varijanta ima za cca 20% veću dužinu ukupne perspektivne mreže 110 kV nego varijanta sa udvostručenim prvim deonicama mreže. To znači da i ukupna kapacitivna snaga takve mreže ima viši nivo i da je, zbog toga, sasvim logično da kompletna mreža 110 kV bude izgrađena kablovima od umreženog polietilena; u drugoj varijanti je mreža značajno kraća (za cca 15-20 km), te je poželjno da „kratke deonice” budu izgrađene uljnim visokokapacitivnim kablovima 110 kV. Na taj način bi se, samo izborom vrste kablova 110 kV u mreži, omogućio isti nivo kretanja faktora snage na sabirnicama 110 kV u perspektivnoj TS 400/110 kV/kV Beograd XX.

## **3. UKUPNA REAKTIVNA OPTEREĆENJA TS 220/110 kV/kV BEOGRAD III I BEOGRAD XVII**

U ovom poglavlju biće izneseni zaključci iz analize izveštajnih listi dežurnih uklopničara u TS

Tabela 1.

## Ukupna reaktivna opterećenja TS 220/110 kV/kV Beograd III i Beograd XVII

		Beograd III				Beograd XVII			
		Januar 2000.		Juli 2000.		Januar 2000.		Juli 2000.	
		Q <sub>min</sub> (Mvar)	Q <sub>max</sub> (Mvar)	Q <sub>min</sub> (Mvar)	Q <sub>max</sub> (Mvar)	Q <sub>min</sub> (Mvar)	Q <sub>max</sub> (Mvar)	Q <sub>min</sub> (Mvar)	Q <sub>max</sub> (Mvar)
Prva nedelja u mesecu	radni dan	143	170	150	171	70	92	28	65
	subota	140	165	148	165	80	120	26	35
	nedelja	140	155	140	160	100	100	18	35
Druga nedelja u mesecu	radni dan	150	152	62	71	63	140	20	50
	subota	165	180	74	70	65	130	25	44
	nedelja	162	190	72	65	110	135	32	36
Treća nedelja u mesecu	radni dan	162	170	58	91	52	110	25	59
	subota	173	165	62	80	56	80	25	37
	nedelja	165	162	61	74	56	85	21	27
Četvrta nedelja u mesecu	radni dan	150	175	59	100	35	57	20	55
	subota	152	162	70	75	33	65	22	39
	nedelja	152	140	65	70	37	65	20	38

220/110 kV/kV Beograd III i Beograd XVII koje su vođene u periodu od 1990. do 2000. godine.

Naime, analizom dnevnih izveštaja o aktivnim i reaktivnim opterećenjima transformatora 220/110 kV/kV, zaključuje se da se minimalno godišnje reaktivno opterećenje ovih TS 220/110 kV/kV kreće u granicama od 33 do 100 Mvar a maksimalno reaktivno opterećenje u granicama od 57 do 190 Mvar.

Pripadajuća reaktivna opterećenja TS 110/35 kV/kV se kreću u granicama od 10 do 40 Mvar, a TS 110/10 kV/kV u granicama od 5 do 25 Mvar.

Sa aspekta izbora vrste kablova 110 kV za konzum perspektivne TS 400/110 kV/kV Beograd XX treba da bude merodavno minimalno godišnje reaktivno opterećenje svake od TS 110/X kV/kV, jer se, zbog međusobnog uticaja reaktivnih opterećenja svake prijemne TS 110/X kV/kV redukuje ukupno reaktivno opterećenje izvora 220/110 kV/kV (zbog tzv. „faktora jednovremenosti” na nivou mreže 110 kV).

U prilogu su uređene tabele minimalnih i maksimalnih dnevnih reaktivnih opterećenja za mesec januar i juli u 2000. godini za TS 220/110 kV/kV Beograd III i Beograd XVII.

#### 4. PRERASPODELA AKTIVNIH I REAKTIVNIH SNAGA POTROŠAČA SA UKLAPANJEM TS 400/110 kV/kV BEOGRAD XX U MREŽU

Beogradski elektroenergetski čvor se danas napaja preko tri TS 220/110 kV/kV lociranih na konzumu JP EDB (Beograd III - 350 MVA, Beograd V - 800 MVA i Beograd XVII - 750 MVA) kao i iz TS X/110 kV/kV sa konzuma susedne elektrodistribuci-

je Pančevo (Beograd VII - 94,5 MVA; Kaluderica - 31,5 MVA) i termoelektrane Kolubara (Beograd X - 63 MVA, Barič - 63 MVA i Mladenovac - 63 MVA). Izgradnja TS 400/110 kV/kV Beograd XX imaće uticaj samo na raspodelu opterećenja između TS 220/110 kV/kV Beograd III i Beograd XVII. Dosađnji razvoj optimalnog konzuma TS 400/110 kV/kV Beograd XX sa prognozom do 2010. godine je prikazan u priloženoj tabeli 2 [9]; optimalni konzum čine postojeće TS 110/35 kV/kV Beograd I i Beograd VI kao i TS 110/10 kV/kV Beograd I, Slavija, Kalemegdan i Bogoslovija.

Kao što priložena tabela kazuje, u toku 2000. godine prognozirano vršno opterećenje TS 400/110 kV/kV je oko 475 MW (prognoze su urađene 1991. godine), dok je ostvareno vršno opterećenje u toku zimskog perioda 2000/2001. godine tek za nijansu nešto manje. Urađenim prognozama nisu tretirana maksimalna i minimalna reaktivna opterećenja postojećih i perspektivnih TS X/110 kV/kV na konzumu JP EDB.

Međutim, uvidom u postojeća reaktivna opterećenja postojećih TS 220/110 kV/kV Beograd III i Beograd XVII, kao i pripadajućih TS 110/35 kV/kV i 110/10 kV/kV, može explicite da se kaže da će minimalno reaktivno opterećenje perspektivne TS 400/110 kV/kV Beograd XX iznositi oko 40 Mvar, a maksimalno oko 120 Mvar već u prvoj godini stavljanja u pogon ove TS (oko 2005. godine). U prognoziranim periodima do 2010. i 2020. godine treba očekivati porast i minimalnog i maksimalnog reaktivnog opterećenja TS 400/110 Beograd XX.

Ukupna kapacitivna snaga postojećih kablovskih vodova 110 kV od TS 400/110 kV/kV Beograd

XX do TS 110/35 kV/kV Beograd VI i TS 110/10 kV/kV Bogoslovija, Kalemegdan i Slavija iznosi oko 36 Mvar, te u prvim godinama pogona perspektivne TS 400/110 kV/kV Beograd XX ne treba očekivati „prekompenzovan režim” ove TS, odnosno faktor snage na sabirnicama 110 kV u kapacitivnom području; To znači da u prvim godinama pogona u TS 400/110 kV/kV Beograd XX nisu potrebni reaktori za „regulaciju faktora snage”, odnosno regulaciju reaktivnih opterećenja.

Međutim, u prognoziranim periodima do 2010. i 2020. godine na optimalnom konzumu TS 400/110 kV/kV Beograd XX očekuje se izgradnja perspektivnih TS 110/10 kV/kV Centar, Dorćol, Tehnički fakultet, Zeleni Venac, Viline Vode, VI Beogradska gimnazija, Stari Đeram, ..., itd., te izgradnja adekvatne kablovske mreže 110 kV. Kako se očekuje porast minimalnog reaktivnog opterećenja optimalnog konzuma TS 400/110 kV/kV Beograd XX sa sadašnjih cca 40 Mvar na nešto veću vrednost, i kako će ukupna dužina perspektivne kablovske mreže 110 kV iznositi preko 80 km, sa kapacitivnom snagom kablovskih vodova 110 kV u rasponu od 0,9 (Mvar/km) do 2 (Mvar/km), to je očigledno da izboru kapacitivne snage kablovskih vodova 110 kV (pojedinačno za svaku perspektivnu TS 110/10 kV/kV i ukupno za kompletnu mrežu sa glavnim i rezervnim kablovskim vodovima 110 kV) treba prići krajnje pažljivo.

##### 5. PREDLOG IZBORA VRSTE KABLOVA 110 kV NA KONZUMU PERSPEKTIVNE TS 400/110 kV/kV BEOGRAD XX I POSTOJEĆE TS 220/110 kV/kV BEOGRAD XVII

Predlog izbora vrste kablova 110 kV na konzumu perspektivne TS 400/110 kV/kV Beograd XX i

postojeće TS 220/110 kV/kV Beograd XVII je dat u tri varijante raspjeta, a u priloženim tabelama 3 i 4.

Prva varijanta ima ukupnu dužinu kablovske mreže 110 kV (sa postojećim i perspektivnim vodovima 110 kV) oko 68 km, i to samo na konzumu TS 400/110 kV/kV Beograd XX. S obzirom na ukupnu dužinu mreže, koja je najveća u ove tri varijante, izabran je kabl tipa XHP 48A (FKS), 3x(1x1 000) mm<sup>2</sup>, Al, za sve perspektivne vodove 110 kV. Ukupna kapacitivna snaga mreže na konzumu TS 400/110 kV/kV Beograd XX je oko 72 Mvar. Minimalno reaktivno opterećenje svih TS 110/X kV/kV na njenom konzumu trebalo bi da bude veće od ove vrednosti.

Druga varijanta ima ukupnu dužinu kablovske mreže 110 kV (sa postojećim i perspektivnim vodovima 110 kV) oko 59,8 km, i to samo na konzumu TS 400/110 kV/kV Beograd XX. Ukoliko se perspektivna kablovska mreža bude izgrađivala na isti način kao u prvoj varijanti, kablovima 110 kV tipa XHP 48 A (FKS), 3x(1x1 000) mm<sup>2</sup>, Al, za sve perspektivne vodove 110 kV, ukupna kapacitivna snaga mreže na konzumu TS 400/110 kV/kV Beograd XX je oko 57 Mvar. Međutim, ukoliko se za kratke kablovske deonice (do cca 3-4 km) izabere papirno-uljni kabl (npr. proizvođača „Sumitomo”), onda ukupna kapacitivna snaga mreže na konzumu TS 400/110 kV/kV Beograd XX iznosi cca 79,2 Mvar.

Ovim predlogom izbora vrste kablova 110 kV na konzumu perspektivne TS 400/110 kV/kV Beograd XX razmatrana je i treća varijanta raspjeta sa šest TS 110/10 kV/kV na svakom od pravaca povezne mreže, pri čemu su prve dve deonice izgrađene sa dva kabla [9], prema kojoj je ukupna dužina kablovske mreže 110 kV (sa postojećim i perspektivnim vodovima 110 kV) oko 35 km. Ukoliko se za sve perspektivne vodove 110 izabere kabl XHP 48A (FKS), 3x(1x1 000) mm<sup>2</sup>, Al onda je ukupna kapacitivna snaga mreže na konzumu TS 400/110 kV/kV Beograd XX oko 34 Mvar, a ukoliko se za kratke ka-

Tabela 2. Karakteristike optimalnog konzuma perspektivne TS 400/110 kV/kV Beograd XX (3x300 MVA)

Parametri	Ostvareno			Prognoza	
	1971.	1981.	1991.	2000.	2010.
Stanovnika	320 200	321 600	331 000	348 000	379 000
Domaćinstva	108 700	110 900	125 000	130 000	140 000
Stanova sa centralnim grejanjem	28 900	32 000	38 800	47 000	56 000
Stanova bez centralnog grejanja	92 000	94 000	96 500	98 000	100 000
Veliki potrošači (MW)			92		
Veliki potrošači (MWh/god)			227 000		
Zaposlenost			388 200	405 000	421 000
Vršno opterećenje (MW)	135	230	382	475	590
Specifično opterećenje(W/stanovniku)	420	715	1 150	1 365	1 550

blovske deonice (do cca 3-4 km) izabere papirno-uljni kabl (npr. proizvođača „Sumitomo”), onda ukupna kapacitivna snaga mreže na konzumu TS 400/110 kV/kV Beograd XX iznosi takođe 34 Mvar, jer se

novi kratki kablovi 110 kV polažu samo na konzumu TS Beograd XVII. Ova varijanta nije u skladu sa koncepcijom izgradnje mreže 110 kV na konzumu JP EDB.

Tabela 3.

Izbor vrste kablova prema prvoj varijanti raspeta perspektivne mreže  
- svi perspektivni kablovi tipa XHP 48A, FKS-

Naziv prvog čvora Beograd	Naziv drugog čvora Beograd	Dužina voda (km)	Vrsta kablovskog voda i proizvođač	Ukupna kapacitivna snaga kabla (Mvar)
Beograd XX	Beograd VI	4,664	3x(1x300) mm <sup>2</sup> Cu Sumitomo, postojeći	7,50
Toplana	Beograd VI	5,862	3x(1x300) mm <sup>2</sup> Cu NKF kabl, Holandija, postojeći	8,47
Beograd XX	Bogoslovija	cca 4,5	3x(1x1 000) mm <sup>2</sup> Al XHP 48A, FKS	4,05
Beograd XX	Kalemegdan	cca 7,4	3x(1x1 000) mm <sup>2</sup> Al XHP 48A, FKS	6,66
Kalemegdan	Slavija	5,3	3x(1x500) mm <sup>2</sup> Cu C3HLBIE, Pireli	7,58
Beograd XVII	Slavija	4,915	3x(1x500) mm <sup>2</sup> Cu C3HLBIE, Pireli	7,03
Bogoslovija	Stari Đeram ili Obilić	cca 2,3	3x(1x1 000) mm <sup>2</sup> Al XHP 48A, FKS	2,07
Stari Đeram ili Obilić	Beograd XVII	cca 2	3x(1x1 000) mm <sup>2</sup> Al XHP 48A, FKS	1,80
Beograd XX	Tehnički fakultet	4,437	3x(1x1 000) mm <sup>2</sup> Al XHP 48A, FKS	3,99
Tehnički fakultet	Neimar	1,524	3x(1x1 000) mm <sup>2</sup> Al XHP 48A, FKS	1,37
Beograd XVII	Neimar	3,921	3x(1x1 000) mm <sup>2</sup> Al XHP 48A, FKS	3,50
Beograd XX	VI Muška gimnazija	3,49	3x(1x1 000) mm <sup>2</sup> Al XHP 48A, FKS	3,10
VI Muška gimnazija	Olimp	cca 3	3x(1x1 000) mm <sup>2</sup> Al XHP 48A, FKS	2,70
Beograd XVII	Olimp	cca 2	3x(1x1 000) mm <sup>2</sup> Al XHP 48A, FKS	1,80
Beograd XX	Centar	cca 4,7	3x(1x1 000) mm <sup>2</sup> Al XHP 48A, FKS	4,23
Centar	Stari Đeram ili Obilić	cca 2,3	3x(1x1 000) mm <sup>2</sup> Al XHP 48A, FKS	2,07
Stari Đeram ili Obilić	Beograd XVII	cca 2	3x(1x1 000) mm <sup>2</sup> Al XHP 48A, FKS	1,80
Beograd XX	Beograd I	0	zanemarljivo	0,00
Beograd I	Viline vode	cca 4	3x(1x1 000) mm <sup>2</sup> Al XHP 48A, FKS	3,60
Beograd XX	Viline vode	cca 4	3x(1x1 000) mm <sup>2</sup> Al XHP 48A, FKS	3,60
Beograd XX	Dorćol	cca 5	3x(1x1 000) mm <sup>2</sup> Al XHP 48A, FKS	4,50
Dorćol	Toplana	Cca 6	3x(1x1 000) mm <sup>2</sup> Al XHP 48A, FKS	5,40
Toplana	Beograd V	2x3,9	2x490/65 mm <sup>2</sup> , nadzemni	0,375
Beograd XVII	Konjarnik	2x0,508	3x(1x1 000) mm <sup>2</sup> , uljni	2,032
Ukupno konzum TS Beograd XX		68,48	konzum TS Bgd XX je senčen	72,89

Uporedni pregled dužine mreže i ukupne kapacitivne snage kablova 110 kV na konzumu TS 400/110 kV/kV Beograd XX

Vrsta mreže	Vrsta kablova	Ukupna dužina mreže 110 kV	Ukupna kapacitivna snaga svih kablova 110 kV
-o-o-	Svi kablovi tipa 3x(1x1 000) mm <sup>2</sup> Al XHP 48A, FKS	68,48 km	72,83 Mvar
==o-o-o-o==	Svi kablovi tipa 3x(1x1 000) mm <sup>2</sup> Al XHP 48A, FKS	49,80 km	57,10 Mvar
==o-o-o-o==	Kratki kablovi papirno-uljni, niskog pritiska, npr. „Sumitomo”	49,80 km	79,20 Mvar
==o==o-o-o-o==o==	Svi kablovi tipa 3x(1x1 000) mm <sup>2</sup> Al XHP 48A, FKS	35,00 km	34,00 Mvar
==o==o-o-o-o==o==	Kratki kablovi papirno-uljni, niskog pritiska, npr. „Sumitomo”	35,00 km	34,00 Mvar

## 6. ZAKLJUČCI

Radom su date tri varijante izbora vrste kablova 110 kV na konzumu perspektivne TS 400/110 kV/kV Beograd XX.

Izbor vrste kablova zavisiće od dinamike izgradnje mreže 110 kV i TS 110/10 kV/kV na ovom delu konzuma JP EDB, kao i od perspektivnog ukupnog minimalnog reaktivnog opterećenja konzuma TS 400/110 kV/kV Beograd XX (odnosno od minimalnog reaktivnog opterećenja svake TS 110/10 kV/kV pojedinačno).

Autor rada za realizaciju sada predlaže prvu varijantu predloga raspleta datoj u tabeli 3, premda, zbog minimizacije ukupne dužine mreže 110 kV i finansijskih troškova vezanih za realizaciju, može itekako da bude prihvatljiva treća varijanta predloga data u tabeli 4.

## 7. LITERATURA

- [1] Prof. dr M. Čalović, A. Sarić dipl. ing., EKSPLOATACIJA ELEKTROENERGETSKIH SISTEMA, Knjiga, Beograd, 1999. godine
- [2] Luka Stanišić, dipl. ing., MOGUĆNOSTI I IDEJNA REŠENJA ZA PRELAZAK TS 35/10 kV/kV U TS 110/10 kV/kV NA GRADSKOM PODRUČJU EDB, Časopis „Elektrodistribucija”, god. 15, (1987), br. 3, str. 135-142
- [3] Tomislav Milanov, dipl. el. ing., PRILOG KONCEPCIJI OBLIKOVANJA VISOKONAPONSKE, DISTRIBUTIVNE I PRENOSNE MREŽE, Časopis „Elektroprivreda”, br. 9-10 (1991), str. 354-360
- [4] Tomislav Milanov, dipl. el. ing., METODA I RAČUNARSKI PROGRAM ZA ENERGETSKO VREDNOVANJE, MAKROLOKACIJE IZVORA U ELEKTRODISTRIBUTIVNOJ MREŽI, Časopis „Elektrodistribucija”, god. 23 (1995), br. 1
- [5] Tomislav Milanov, dipl. el. ing., KAPACITIVNOSTI I KAPACITIVNE SNAGE KABLOVSKIH VODOVA U MREŽAMA NA KONZUMU JP EDB, JUKO CIGRE 2000, R 5-05
- [6] Tomislav Milanov, dipl. el. ing., Dušan Milanov, programer, RASPLET VISOKONAPONSKE ELEKTRODISTRIBUTIVNE MREŽE 110 kV NA GRADSKOM PODRUČJU BEOGRADA ZA PLANSKI PERIOD DO 2020. GODINE, JUKO CIGRE, 2002, R III-19
- [7] JP EPS, JP „Elektroistok”, DNEVNI IZVEŠTAJI DEŽURNIH UKLOPNICARA U TS 220/110 kV/kV NA KONZUMU JP EDB U PERIODU OD 1980. DO 2000. GODINE
- [8] Prof. dr M. Čalović, REGULACIJA ELEKTROENERGETSKIH SISTEMA, Tom 1 i Tom 2, Beograd, 1997. godina
- [9] Tomislav Milanov, dipl. el. ing., BAZE PODATAKA RAZVIJENE ZA POTREBE PLANIRANJA ELEKTRODISTRIBUTIVNE I PRENOSNE MREŽE NA KONZUMU JP „ELEKTRODISTRIBUCIJA-BEOGRAD”, JUKO CIGRE 1999, I 37-01, Vrnjačka banja
- [10] S. E. Haque, N. H. Malik, W. Shepherd, OPERATION OF A FIXED CAPACITOR - THYRISTOR CONTROLLED REACTOR (FC-TCR) POWER FACTOR COMPENSATOR, IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems, Vol. PAS-104, No. 6, June 1985, p. p. 1385-1390

Rad je primljen u uredništvo 01. 09. 2003. godine



**Tomislav Milanov**, rođen je u Beogradu, 03. 11. 1951. godine. Diplomirao je 1975. godine na Elektrotehničkom fakultetu u Beogradu. Zaposlen u preduzeću „Elektrodistribucija Beograd” od januara 1976. godine i obavlja poslove u operativnoj energetici dispečerskog centra i Sektora za tehnički razvoj i istraživanje. Objavio oko 50 stručnih radova u časopisima „Elektroprivreda” i „Elektrodistribucija”, kao i na savetovanjima JUKO CIGRE i JUKO CIRED. Oženjen je i ima dvoje punoletne dece.

ELEKTROPRIVREDA, br. 4, 2003.

---

Milan R. Radovanović,  
Aleksandar D. Razumenić i Dragoslava D. Stojiljković

# Model za procenu samopaljenja uglja na skladištu

Stručni rad  
UDK: 622.826; 622.822.2

---

## Rezime:

Pojave samozagrevanja i samopaljenja su izuzetno važne pri skladištenju uglja, jer mogu da dovedu do pogoršanja kvaliteta uglja i čitavog niza problema, pa čak i do prekida rada termoenergetskih postrojenja. Ove pojave se posebno proučavaju kod niskokaloričnih ugljeva koji pokazuju veću sklonost ka samopaljenju. U radu je dat pregled postojećih modela i za izabrani model izvršena je analiza uticaja karakteristika skladišta, karakteristika okoline i karakteristika uglja na pojavu samopaljenja.

**Ključne reči:** ugalj, samozagrevanje, samopaljenje, skladištenje, modeliranje

---

## Abstract:

### MODEL FOR ESTIMATION OF COAL SELF-IGNITION IN STOCKPILE

The phenomena of self-heating and self-ignition are very important during the coal storage in stockpile. They can have the influence on decrease of coal quality and cause some problems in the thermal power plant operation. These phenomena are the subject of numerous investigations, especially for low rank coals due to their higher tendency to self-ignition. In this paper, the review of models is presented and for the accepted model the influence of the stockpile, atmospheric conditions and coal characteristics on the self-ignition are analyzed.

**Key words:** coal, self-heating, self-ignition, stockpile, model

---

## 1. UVOD

Nesmetan i kontinualan rad termoenergetskih postrojenja uslovljen je neprekidnim snabdevanjem ugljem, koji se prethodno skladišti na deponijama. Skladištenje uglja vrši se na otvorenom prostoru, tako što se ugalj nasipa na već postojeći i to u obliku kupe ili prizme, sa strmim nagibima stranica. U procesu skladištenja uglja, izuzetno su važne pojave samozagrevanja i samopaljenja, koje mogu da izazovu

pogoršanje kvaliteta uglja i čitav niz problema, pa čak i prekid u radu termoenergetskih postrojenja.

Pojave samozagrevanja i samopaljenja se uglavnom proučavaju na niskokaloričnim ugljevima, jer oni pokazuju veliku sklonost ka samopaljenju. Mehanizam pojave samozagrevanja i samopaljenja je, principijelno isti za sve vrste goriva. Pojave samozagrevanja i samopaljenja moguće je proučavati kroz eksperimentalna ispitivanja i odgovarajuće matematičke modele.

---

Prof. dr Milan R. Radovanović, Aleksandar D. Razumenić, dipl. ing. i docent dr Dragoslava D. Stojiljković  
– Mašinski fakultet, 11 000 Beograd, 27. marta 80

Pojava samopaljenja je u ovom radu razmatrana kroz kraći pregled postojećih matematičkih modela i za izabrani model izvršena je analiza uticaja pojedinih veličina na pojavu samopaljenja. Ovaj rad ima za cilj samo da ukaže na složenost pojave samopaljenja, kao i da se kroz odabrani model odrede najvažnije uticajne veličine.

## 2. POJAVA SAMOPALJENJA I UTICAJNE VELIČINE

Samozagrevanje uglja je posledica složenih niskotemperaturnih reakcija između reaktivnih mesta u uglju i atmosferskog kiseonika. Oksidacija uglja je egzotermna reakcija i oslobođena toplota, ukoliko se ne odvođi, akumulira se u uglju, što dovodi do porasta njegove temperature. Porast temperature uglja utiče na intenziviranje samog procesa oksidacije, što opet dovodi do povećanja oslobođene toplote. Pojava je autokatalitička. Nastavkom ovog procesa, dolazi do dostizanja kritične temperature u sloju uglja i ugaj se spontano pali.

Uslov za pojavu samopaljenja uglja je da je nastala količina toplote veća od odvedene, odnosno

$$\frac{dq_n}{dt} > \frac{dq_o}{dt}$$

gde je  $q_n$  toplota koja nastaje, a  $q_o$  toplota koja se odvođi iz sloja uglja.

Brzina nastajanja toplote, a samim tim i brzina oksidacije uglja, zavisi od niza uticajnih veličina: temperature ( $T$ ), vremena ( $t$ ), protoka vazduha ( $V$ ), koncentracije kiseonika u vazduhu ( $C_{O_2}$ ), količine apsorbovanog kiseonika ( $O_{2S}$ ), sastava uglja - fizičkih i hemijskih osobina ( $F$ ) i poroznosti sloja uglja ( $e$ ):

$$\frac{dq_n}{dt} = f(T, t, V, C_{O_2}, O_{2S}, F, e)$$

Na brzinu odvođenja toplote, pored temperature, vremena i protoka - brzine strujanja vazduha, utiču i specifični toplotni kapacitet uglja ( $C_p$ ) i koeficijent provođenja toplote ( $I$ ), pa se može postaviti sledeća zavisnost:

$$\frac{dq_o}{dt} = f(T, t, V, C_p, I)$$

Veličine koje utiču na pojave samozagrevanja i samopaljenja mogu se klasifikovati u tri grupe i to:

- karakteristike skladišta (dužina, visina, poroznost),
- karakteristike okoline (temperatura okoline, brzina vetra) i
- karakteristike uglja (vrsta uglja, sadržaj vlage, sastav mineralnih materija, veličina komada).

## 2.1. Karakteristike skladišta i okoline

Eksperimentalno razmatranje uticaja oblika otvorenog skladišta i okoline na proces samozagrevanja i samopaljenja je veoma skup i dugotrajan proces, jer je neophodno obezbediti velike količine uglja, konstantnost merenja raznih parametara koji utiču na proces samozagrevanja, kao i izradu pomoćnih sredstava.

Jedan od retkih eksperimentalnih radova koji razmatra uticaj karakteristika skladišta i okoline biće ukratko predstavljen u nastavku. Karakteristike uglja korišćenog pri ispitivanjima prikazane su u tabeli 1 [4].

Tabela 1.

Osnovne karakteristike uglja korišćenog pri ispitivanjima (za apsolutno suhu masu) [4]

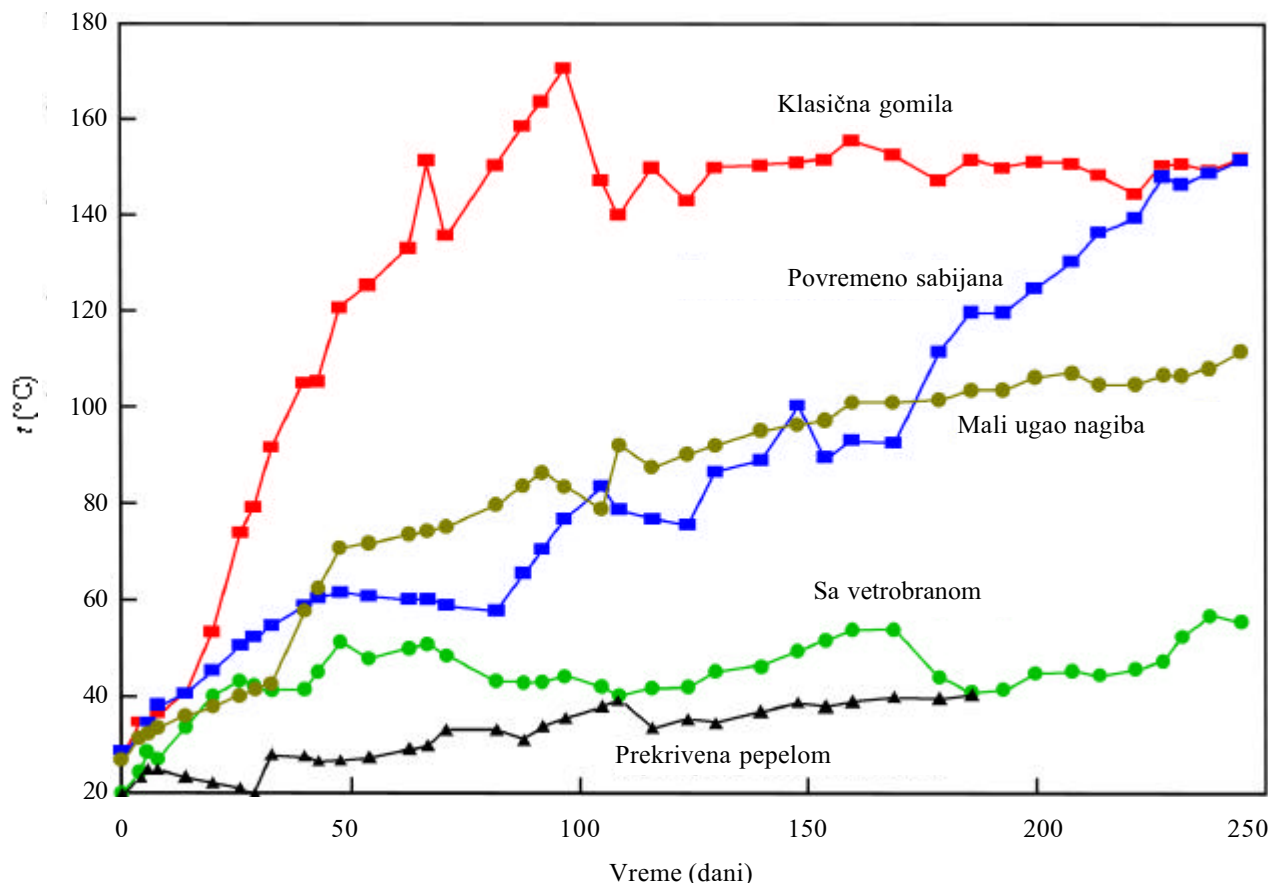
Sadržaj volatila	33 %
Pepeo	31 %
Fiksni ugljenik	36 %
Piritni sumpor	3,6 %
Sulfatni sumpor	0,39 %
Gornja toplotna moć	19 700 kJ/kg

Eksperimentalna ispitivanja vršena su u termoelektrani Endesa, u Teruelu, Španija. Tom prilikom je formirano pet gomila uglja sa po 2 000 - 3 000 t svaka, od kojih je jedna bila klasična - kontrolna, a na ostalim su bili praćeni različiti uticaji na porast temperature nastale usled samozagrevanja.

Sonde od nerđajućeg čelika sa termoparom i otvorima za uzorkovanje (na 3, 1,5 i 0,6 m od ukupne dužine) su postavljene u gomile uglja radi merenja temperature i uzimanja uzoraka gasova ( $O_2$ ,  $CO_2$ ,  $CO$  i  $CH_4$ ). Ova merenja su omogućila dobijanje podataka o temperaturi i koncentraciji gasova i njihovoj promeni sa vremenom. Na ovaj način bilo je moguće registrovati početak i razvoj procesa oksidacije i samozagrevanja. Eksperiment je vršen tokom 250 dana. Rezultati dobijeni tokom ispitivanja prikazani su na slici 1 [4].

Ispitivanja oblika skladišta pokazala su da su klasično formirana skladišta, sa velikim uglom nagiba stranica ( $>45^\circ$ ), mnogo rizičnija od eksperimentalne gomile sa malim uglom nagiba stranice ( $20 - 25^\circ$ ) koja je bila okrenuta u smeru preovlađujućeg vetra.

Skladište koje je bilo povremeno sabijano, sa ciljem da se smanji poroznost sloja uglja, što dovodi do manjeg protoka vazduha kroz ugaj je dalo efekat uočljiv za sve vreme vršenja sabijanja, dok je kasnije prosečna temperatura porasla na nivo klasične



Slika 1. Uticaj načina skladištenja na pojavu samozagrevanja uglja [4]

gomile. Loša strana sabijanja je to što se sprečava odvod nastale toplote samozagrevanjem, tako da se na duži vremenski period dobri početni efekti gube.

Ukoliko se koriste vetrobrani, kao sredstvo za smanjenje uticaja vetra na gomilu uglja, ugalj pokazuje veoma slabe znake samozagrevanja, pa samim tim i spontanog paljenja.

Najbolji efekat se postiže prekrivanjem gomile mešavinom pepela i vode, u formi retkog maltera. Ovako izvedena skladišta, sa povremenim vlaženjem pepela ne pokazuju tendenciju ka samozagrevanju, te su se pokazala kao „hladne gomile”.

Tokom skladištenja uglja, osim toplotnih gubitaka koji se javljaju kao posledica isparavanja vlage i volatila i spontanog sagorevanja, javljaju se i ma-

seni gubici (tabela 2) kao posledica više faktora od kojih su najznačajniji: odnošenje prouzrokovano kišom i oduvavanje sitnijih čestica uglja vetrom. Iz tabele 2 može se zaključiti da uskladišteni ugalj prekriven pepelom daje i po ovom kriterijumu najbolje rezultate.

## 2.2. Karakteristike uglja

Najznačajnija osobina koja utiče na sklonost uglja ka samozagrevanju je starost uglja. Kako je starost uglja u direktnoj vezi sa sadržajem gorivih isparivih materija i vrstom uglja, to se može sklonost ka samozagrevanju posmatrati u zavisnosti od ovih karakteristika. Antraciti imaju mali sadržaj gorivih

Tabela 2.

Različite vrste gubitaka (%) u zavisnosti od načina skladištenja [4]

	Klasična gomila	Povremeno sabijana	Mali ugao nagiba	Sa vetrobranom	Prekrivena pepelom
Maseni	12,5	7,1	4,8	0,9	1,6
Toplotni	7,6	-	14,2	4,8	0,6
Totalni	19,5	4,5	18,5	6,1	3,1



isparivih materija (2 - 9 % na čistu gorivu masu [1]) i zbog toga su oni pogodni za skladištenje, jer ne pokazuju sklonosti ka samozagrevanju. Kameni ugljevi imaju nešto veću količinu gorivih isparivih materija (10 - 45 % na čistu gorivu masu [1]), te se različito ponašaju pri skladištenju. Neke vrste pokazuju sklonost ka samopaljenju, a neke ne. Mrki ugljevi i ligniti kao najmlađi ugljevi imaju visok sadržaj gorivih isparivih materija (mrki preko 40%, ligniti 60 % [1]) i zato pokazuju sklonost ka spontanom sagorevanju.

Uticaj vlage na proces samozagrevanja i samopaljenja je veoma složen i nije do kraja razjašnjen [8]. Ako se posmatra samo proces oksidacije, onda vlaga sprečava taj proces, jer smanjuje broj reaktivnih mesta, i sprečava pristup kiseonika drugim reaktivnim mestima. Oslobođena toplota pri oksidaciji uglja se troši na isparavanje vlage, tako da se znatno smanjuje količina akumulirane toplote u uglju. S druge strane, pri laboratorijskim ispitivanjima je uočena pojava da su niskokalorični ugljevi sa 5 - 10 % vlage mnogo više skloni oksidaciji nego sasvim suvi uzorci, što se objašnjava činjenicom da higroskopska vlaga verovatno katalitički deluje na stvaranje reaktivnih mesta gde se dešava oksidacija.

Uticaj mineralnih materija na proces samozagrevanja moguće je utvrditi samo eksperimentalnim ispitivanjima [5]. Prema do sada izvršenim ispitivanjima utvrđeno je da od 11 neorganskih materija, koje su bile predmet istraživanja,  $FeS_2$ ,  $KAc$ ,  $NaAc$  i  $CaCO_3$  doprinose spontanom sagorevanju. Kao neutralne su se pokazale  $NaNO_3$  i  $NH_4Cl$ . Mineralne materije kao što su  $KCl$ ,  $NaCl$ ,  $CaCl_2$  i  $Mg(Ac)_2$  sprečavaju samozagrevanje uglja.

Veličina komada, odnosno granulacija, je jedna od veoma bitnih veličina za proces oksidacije uglja. Manja granulacija znači i veću površinu uglja izloženu uticaju kiseonika, što ubrzava oksidaciju. Osim toga, veća površina, takođe znači i veću površinu za izdvajanje gorivih isparivih materija, te će i taj proces biti izraženiji. S druge strane, manja granulacija omogućuje i bolju kompaktnost gomile uglja, što smanjuje protok vazduha kroz gomilu, odnosno mogućnost samozagrevanja, pa time i samopaljenja. Krupnija granulacija obezbeđuje više prostora za protok vazduha, ali i manju površinu za oksidaciju i isparavanje gorivih isparivih materija, tako da je i u ovom slučaju manja mogućnost samopaljenja. Najveću sklonost ka samozagrevanju i samopaljenju ima srednja granulacija uglja, kao i mešavina različitih granulacija [6].

U nastavku će biti dat kratak pregled postojećih matematičkih modela koji opisuju pojavu samopaljenja.

### 3. PREGLED POSTOJEĆIH MATEMATIČKIH MODELA

Eksperimentalna istraživanja samopaljenja uglja na skladištima u realnim uslovima su veoma skupa i dugotrajna. Osim toga, eksperimenti su ograničeni na mogućnost promene malog broja uticajnih veličina, kao i održavanja određenih uticajnih veličina konstantnim, sa ciljem ispitivanja pojedinih uticajnih faktora. Iz navedenih razloga, učinjeni su pokušaji da se ova problematika sagleda odgovarajućim matematičkim modelima za skladištenje uglja i na taj način utvrde najvažniji parametri koji utiču na bezbednost skladištenja. Zbog velikog broja uticajnih veličina, svi postojeći matematički modeli polaze od nekih pretpostavki i pojednostavljenja.

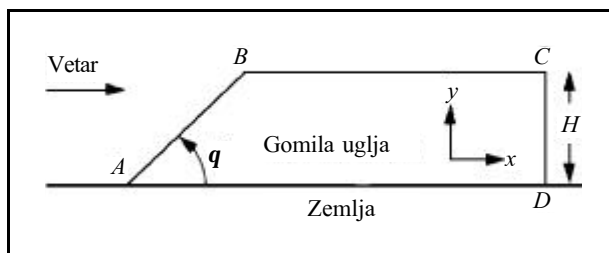
Problemi koji se javljaju pri matematičkom modeliranju, i pored učinjenih pretpostavki i pojednostavljenja, i dalje leže u tome da se uglavnom dobijaju nelinearni sistemi diferencijalnih jednačina viših redova, koji se moraju približno rešavati, što opet zahteva dosta vremena za proračune uticajnih parametara.

U nastavku biće ukratko prikazana tri matematička modela i to:

- samozagrevanje uglja na otvorenim skladištima,
- samozagrevanje uglja na ograničenim skladištima i
- spontano zagrevanje u vlažnoj gomili uglja.

#### 3.1. Samozagrevanje uglja na otvorenim skladištima [6] - Model 1

Ovaj model razmatra pojavu samozagrevanja uglja na otvorenim skladištima koja su izložena atmosferskim uticajima sa svih strana.



Slika 2. Shema otvorenog skladišta uglja [6]

Na slici 2 dat je shematski prikaz skladišta koje se modelira. Skladište je formirano na otvorenom prostoru, tako da je strana okrenuta pravcu iz koga duva vetar pod određenim uglom, dok je suprotna strana odsečena. Gornja strana je ravna, a donja leži na zemlji.

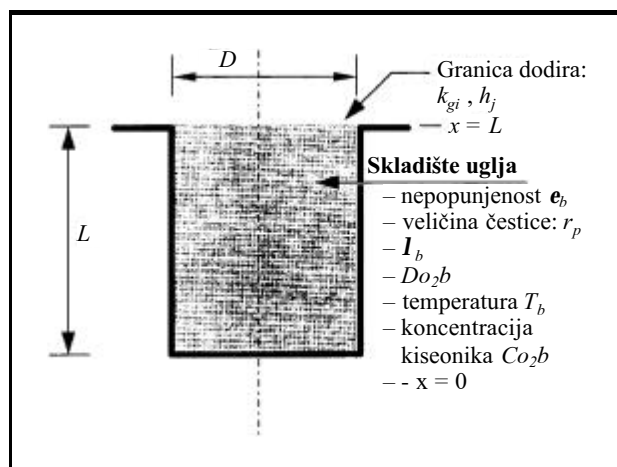
Matematički model se izvodi iz jednačina kontinuiteta, ravnoteže gasne faze i energetskog bilansa. Pri tome se vrše izvesna pojednostavljenja i to:

- gustina gasa i poroznost sloja su konstantni,
- moguće je primeniti Darsijev zakon, jer su brzine strujanja kroz sloj male,
- gas i komadi uglja u gomili imaju istu temperaturu i
- akumulacija energije u gasnoj fazi je mala.

Na osnovu uvedenih pretpostavki, moguće je postaviti sistem nelinearnih parcijalnih diferencijalnih jednačina, koje zajedno sa početnim i graničnim uslovima daju model procesa samozagrevanja uglja na skladištu.

### 3.2. Samozagrevanje uglja na ograničenim skladištima [7] - Model 2

Ovaj model samozagrevanja uglja praktično razmatra slučaj transporta uglja u delimično zatvorenim transportnim sredstvima, kao što su otvoreni vagoni. Na slici 3 prikazana je idealizovana geometrija ovog modela - skladište koje je zatvoreno sa svih strana, osim sa gornje strane. Gornja površina uglja poravnata je sa ivicom skladišta.



Slika 3. Idealizovana geometrija ograničenog skladišta uglja [7]

Za datu geometriju, postavljaju se jednačine jednodimenzionog bilansa kiseonika i energije, a za brzinu utroška kiseonika još i jednačina reakcije difuzije. Uvođenjem početnih i graničnih uslova, dobija se par diferencijalnih jednačina koje se ne mogu rešiti analitički, već se mora pristupiti pojednostavljenju: uvodi se pretpostavka o stacionarnosti i da je gomila uglja izotermna. Uvođenjem ovih pretpostavki, dobija se prilično jednostavna nelinearna diferencijalna jednačina koja predstavlja model ovog skladišta.

### 3.3. Spontano zagrevanje u vlažnoj gomili uglja [9] - Model 3

U prethodnim modelima sadržaj vlage u uglju nije bio uzet u obzir. Model spontanog zagrevanja u vlažnoj gomili uglja ispravlja taj nedostatak.

Kod ovog modela se usvajaju sledeće pretpostavke:

- prenos toplote se vrši i provođenjem kroz sloj uglja i prenošenjem strujom gasa;
- prenos kiseonika u struji gasa se vrši difuzijom i konvekcijom;
- prenos vlage se vrši konvekcijom u struji gasa;
- brzina strujanja suvog gasa na standardnoj temperaturi i pritisku je konstantna i nezavisna od mesta i vremena;
- lokalne temperature u gasnoj i čvrstoj fazi su jednake;
- toplota oksidacije je konstantna;
- toplota sušenja ima istu vrednost kao i toplota vlaženja.

Ovaj model razmatra jednodimenziono spontano zagrevanje vlažne gomile uglja. Postavljaju se jednačina energije čijim rešavanjem u stacionarnom stanju se dobija traženi model. U zavisnosti od toga kako se vrši transport mase (molekularna difuzija ili konvekcija), mogu se dobiti dva rešenja.

## 4. PRORAČUN PO IZABRANOM MODELU

Na osnovu prikazanih modela, izvršena je analiza osetljivosti primene modela u praksi. Modeli 1 i 2 razmatraju problematiku samozagrevanja i samopaljenja na skladištima uglja, te su primenljivi za realne uslove, a model 3 je odbačen kao teorijski model, jer ne razmatra realno skladištenje uglja. U nastavku korišćen je model 2, jer se prema uvedenim pretpostavkama može primeniti za izdvojeni segment iz gomile uglja na skladištu, koji je sa svih bočnih strana okružen ugljem.

### 4.1. Matematički model

Shematski prikaz izabranog modela dat je na slici 3. Osnovne pretpostavke kod ovog modela su: gornja površina uglja je poravnata sa ivicom skladišta, ugalj u segmentu je izoterman i zapreminske konvektivne komponente toplotnog i masenog transporta se mogu zanemariti s obzirom na identične uslove koji vladaju u segmentima koji okružuju posmatrani segment. Matematički model se dobija iz jednodimenzionog masenog i energetskog bilansa i može se predstaviti sledećom jednačinom:

$$1 \quad p C_{p,p} L \frac{T}{t} \quad h_i (T - T_a) \quad \frac{H_R Co_{2,a} k_{g,i}}{\frac{L}{D_{O_2,m}} k_{g,i}} \quad 1$$

gde je:

$$L \sqrt{\frac{G(1 - \dots)K_R}{D_{O_2}}}; K_R = K_{R_0} e^{\frac{E}{RT}}$$

U praksi, gubici toplote postoje i oni povećavaju sigurnost skladištenja. Istovremeno, efekat zračenja nije uzet u obzir iako se radi o otvorenim skladištima sa gornje strane, a što bi dovelo do porasta sklonosti ka samopaljenju, usled smanjenog koeficijenta prelaza toplote sa uglja na vazduh. Takođe, nije uzeta u obzir ni dnevna i godišnja promena temperature okolnog vazduha, već je usvojena srednja vrednost kao konstantna. Zanemarena je i prirodna konvekcija, što odgovara slučaju kada ne postoji opstrujavanje skladišta vazduhom.

#### 4.2. Uticajne veličine i usvojene vrednosti

Sve veličine koje su korišćene u izabranom modelu mogu se podeliti u nekoliko grupa i to:

- uticajne veličine, čiji se uticaj na ponašanje uglja na skladištima razmatra;
- konstantne veličine;
- veličine koje su po svojoj suštini promenljive, ali imaju veoma mali uticaj na ponašanje modela tako da se mogu smatrati konstantnim, odnosno veličine koje su u nekoj vezi sa drugim konstantnim veličinama;

– izvedene veličine koje se javljaju u modelu, ali se mogu izračunati.

Kao veličine čiji je uticaj na ponašanje uglja na skladištima razmatran pri modeliranju, odabrane su dužina ( $D[m]$ ) i visina ( $L[m]$ ) skladišta, poroznost gomile uglja ( $e$ ), temperatura okolnog vazduha ( $T_a[K]$ ) i brzine vetra ( $u_w[m/s]$ ). Vrednosti ovih veličina korišćene pri modeliranju prikazane su u tabeli 3. U modelu se koriste i neke veličine koje su usvojene konstantnim, a usled nedostataka vrednosti ovih veličina za domaće lignite, korišćene su vrednosti iz literature (tabela 4). Veličine koje su po svojoj suštini promenljive, ali ne utiču bitno na sam model, ili su usvojene kao konstante ili su izračunate pomoću približnih formula i date u tabeli 5. Koeficijent prelaza toplote -  $h_i$  [ $W/m^2K$ ] i koeficijent prenosa mase -  $k_{gi}$  [ $m/s$ ] zavise od drugih promenljivih i mogu se izračunati.

Predstavljeni model je jednodimenzioni. Početna temperatura uglja ne mora biti jednaka okolnoj temperaturi. Ovo se dešava kada se ugalj koji je izvesno vreme već bio na nekom skladištu i kome se temperatura usled samozagrevanja promenila u odnosu na okolnu, uskladišti na nekom drugom skladištu. Međutim, zbog veličine deponija, kao i činjenice da se ugalj za veoma kratko vreme transportuje od rudnika do deponije, ovaj uticaj nije razmatran, već je pretpostavljeno da je početna temperatura uglja jednaka okolnoj temperaturi, tj.  $T_0 = T_a$ . U opštem slučaju, kao kriterijum paljenja usvaja se vre-

Tabela 3.

Vrednosti veličina koje su varirane pri modeliranju

Veličina	Oznaka	Opseg	Jedinica
Dužina deponije	$D$	10; 50; 100; 500; 1 000	$m$
Visina deponije	$L$	15; 20; 25; 30	$m$
Poroznost	$e$	0,01; 0,02; 0,1; 0,3	-
Temperatura okoline	$T_a$	273; 283; 293; 303; 313	$K$
Brzina vetra	$u_w$	1; 5; 5,1; 5,2; 7; 11,7; 11,8; 12	$m/s$

Tabela 4.

Konstantne veličine

Veličina	Oznaka	Vrednost	Jedinica	Izvor
Gustina uglja	$\rho_p$	1 100	$kg/m^3$	[10]
Specifični toplotni kapacitet	$C_{p,p}$	1 000	$J/kgK$	[10]
Toplota reakcije	$(-DH_R)$	330 000	$J/(mol O_2)$	[7]
Koncentracija $O_2$ u vazduhu	$C_{O_2,a}$	8,53	$mol/m^3$	[7]
Koeficijent difuzije kiseonika	$D_{O_2,m}$	2,00E-05	$m^2/s$	[7]
Konstanta brzine reakcije	$K_{R_0}$	8 830 000	$s^{-1}$	[7]

Veličine koje su konstantne ili izračunate pomoću približnih formula

Veličina	Oznaka	Vrednost	Jedinica	Izvor
Bezdimenzioni faktor	$E/R$	7 000	$K$	[7]
Faktor oblika	$t_b$	3		[11]
Koeficijent efikasnosti	$h_c$	1		[7]

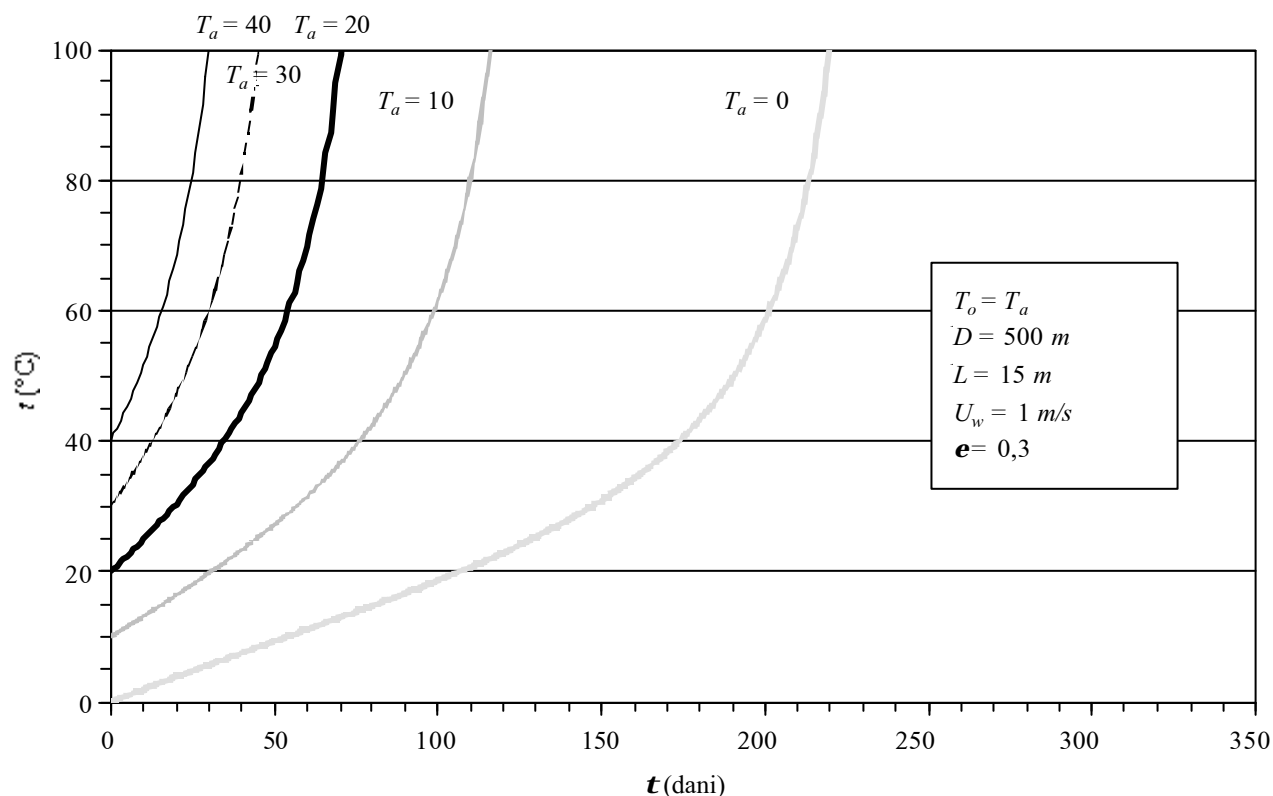
me mereno od početka razmatranja do trenutka kada dolazi do naglog skoka temperature na skladištu.

#### 4.3. Rezultati i analiza rezultata matematičkog modela

S obzirom na veliki broj parametara koji utiču na zagrevanje uglja na skladištu, tokom primene prikazanog modela prvo je analiziran uticaj temperature okoline i uticaj vetra kao parametra koji utiču na zagrevanje uglja nezavisno od njegovih karakteristika i karakteristika skladištenja uglja. Za rezultate modela prikazane u ovom radu, kao kriterijum za pojavu samopaljenja pri analizi usvojena je temperatura od 60 °C na bazi podataka iz literature za mlađe ugljeve [10].

Uticaj temperature okoline na zagrevanje uglja na skladištu praćen je za temperature okoline u in-

tervalu od 0 do 40 °C, sa pretpostavkom da ovaj interval odgovara temperaturama okoline delom u zimskom, odnosno letnjem periodu. Promena temperature uglja pri skladištenju u zavisnosti od temperature okoline, prikazana je na slici 4. Za početne temperature od 0 i 10 °C može se uočiti da se kritična temperatura uglja na skladištu postiže za 200, odnosno za 100 dana. Ove vrednosti dobijene kao vreme potrebno za dostizanje kritične temperature mogu se smatrati zadovoljavajućim sa aspekta sigurnosti, ako se uzme u obzir činjenica da je u zimskom periodu potrošnja uglja velika i da je vreme zadržavanje uglja na skladištima relativno kratko. Temperature okoline od 20 do 40 °C imaju veći uticaj na povećanje temperature uglja na skladištu i to u relativno kratkom vremenskom periodu od 55, odnosno 15 dana. Ove vrednosti su vrlo važne, jer se u letnjem periodu i vrši odlaganje uglja na skladišta sa



Slika 4. Promena temperature uglja pri skladištenju u zavisnosti od temperature okoline

ciljem obezbeđivanja dovoljnih količina za zimski period. Kao što se i očekivalo, posebno je kritična temperatura okoline od 40 °C, jer se kritična temperatura dostiže za samo 15 dana. S obzirom na izraženo veće zagrevanje uglja na višim temperaturama okoline, u daljoj primeni modela usvojene su dve vrednosti za temperaturu okoline i to: 20 i 40 °C.

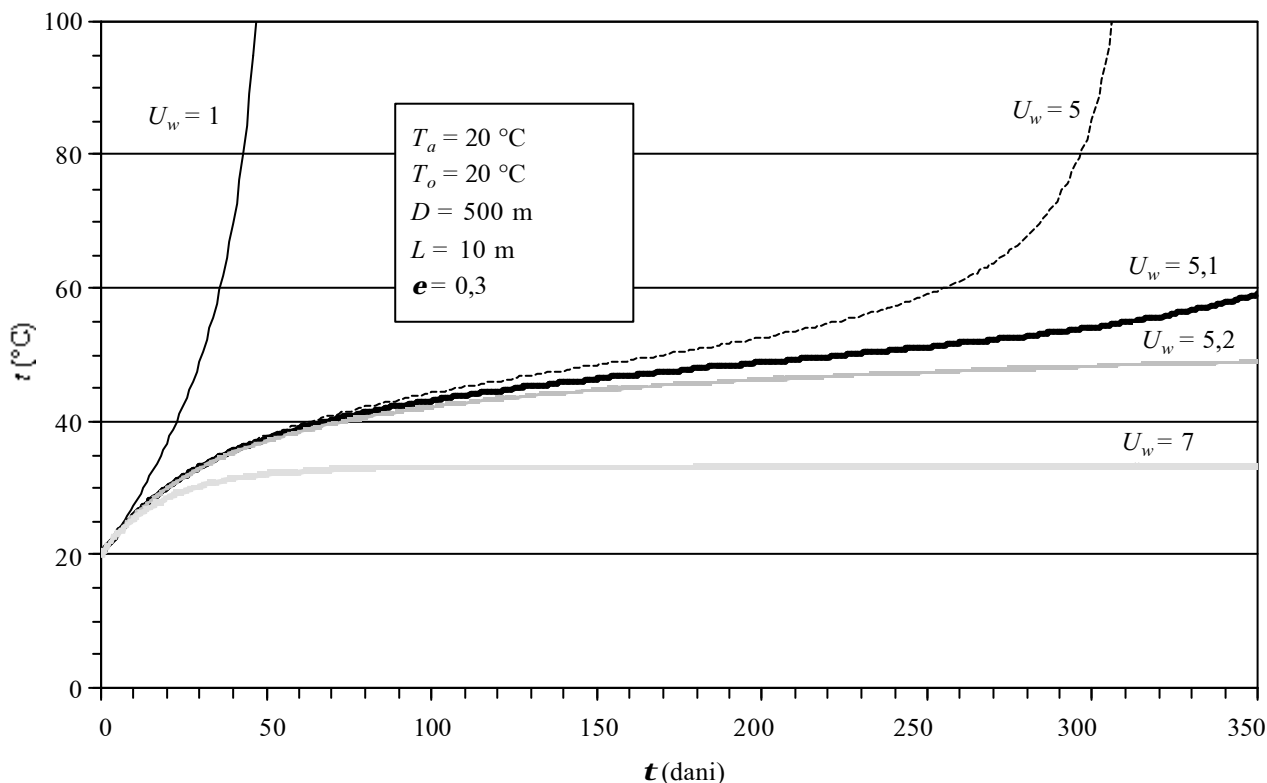
Brzina vetra je podložna stalnim promenama i po intenzitetu i po pravcu dejstva, tako da je njen uticaj najteže pratiti u realnim uslovima. Vrednosti za brzinu vetra pri modeliranju varirane su u opsegu od 1 do 12 m/s, sa ciljem da se utvrdi njegov uticaj i pri slabom provetravanju gomile uglja (male brzine vetra - 1 m/s) i pri jačem provetravanju gomile (velike brzine vetra - 12 m/s). Promena temperature uglja na skladištu, u zavisnosti od brzine vetra za dve temperature okoline (20 i 40 °C) prikazana je na slikama 5 i 6. Na osnovu dobijenih rezultata može se zaključiti da brzina vetra od 1 m/s ima veliki uticaj na povećanje temperature uglja na skladištu, tako da pri temperaturi okoline od 20 °C do paljenja dolazi za 35 dana (slika 5), a za temperaturu okoline od 40 °C za 10 dana (slika 6). Za temperature okoline od 20 °C utvrđeno je da već brzina vetra od 5 m/s ne utiče bitno na pojavu samozagrevanja uglja, jer se kritična temperatura dostiže za 255 dana, tj. posle 8,5 meseci zadržavanja uglja na skladištu, što predstavlja izuzetno dug period, koji je redak u realnim uslovima. U uslo-

vima povišenih temperatura okoline (40 °C), brzina vetra ima znatno veći uticaj, tako da i pri brzinama vetra od 7 m/s do pojave samopaljenja dolazi za 13 dana, a za brzine vetra od 11,7 do 12 m/s za oko 25 dana. Na osnovu dobijenih rezultata može se zaključiti da se uticaj brzine vetra ne može razmatrati odvojeno bez sagledavanja podataka o temperaturi okoline. U nastavku primene modela prikazani su rezultati za vrednost temperature okoline od 40 °C i brzinu vetra od 1 m/s, jer su ove vrednosti utvrđene kao kritične sa aspekta uticaja okoline na proces samozagrevanja uglja na skladištu.

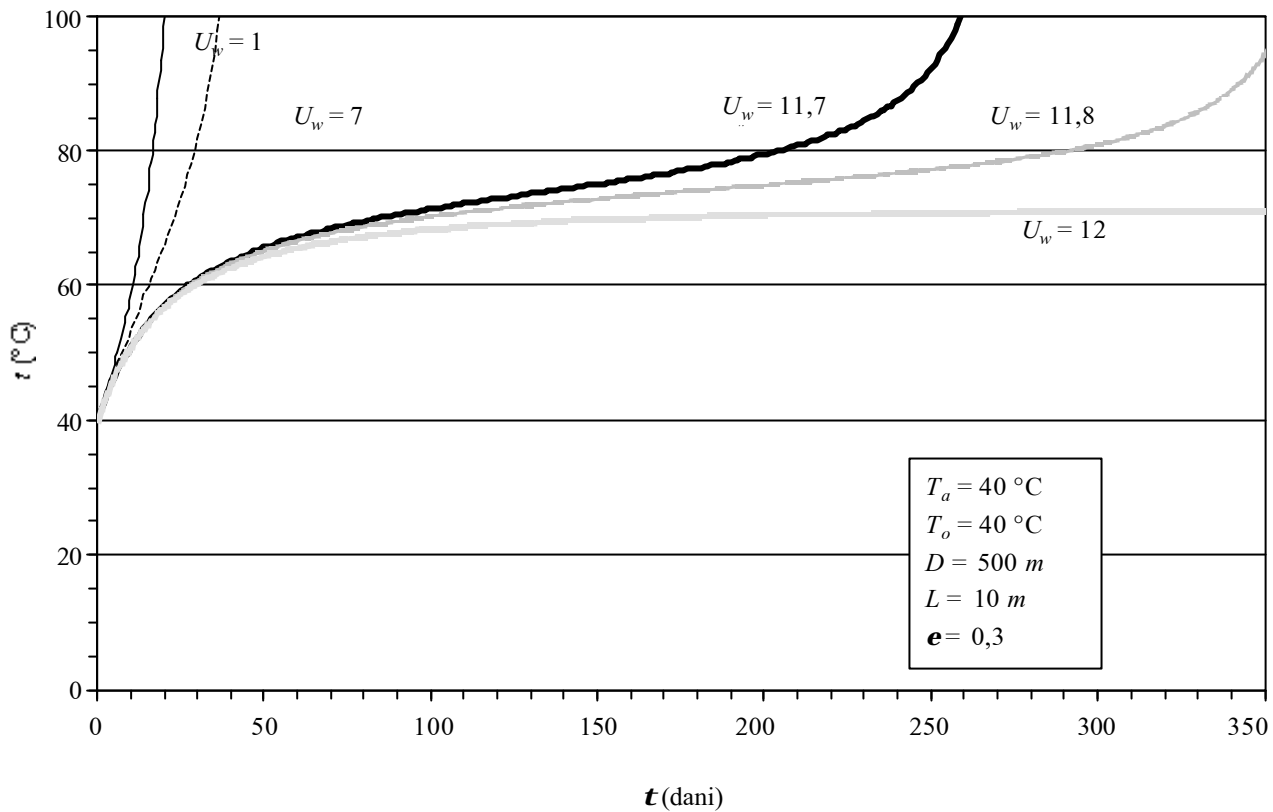
Rezultati modeliranja ponašanja uglja na skladištu u zavisnosti od karakteristika skladišta (dužina, visina i poroznost) prikazani su kao promena temperature uglja u zavisnosti od uticajnih veličina i vremena skladištenja (slike 7, 8 i 9).

Dužina skladišta varirana je u intervalu od 10 do 1 000 m (slika 7). Dobijeni rezultati ukazuju da se sa povećanjem dužine skladišta povećava temperatura uglja na skladištu, tj. povećava se opasnost od samopaljenja. Istovremeno, uočava se da je uticaj dužine skladišta na period postizanja kritične temperature mali, jer se za dužinu od 10 m kritična temperatura uglja dostiže za 18 dana, a za dužinu od 1 000 m za 16 dana.

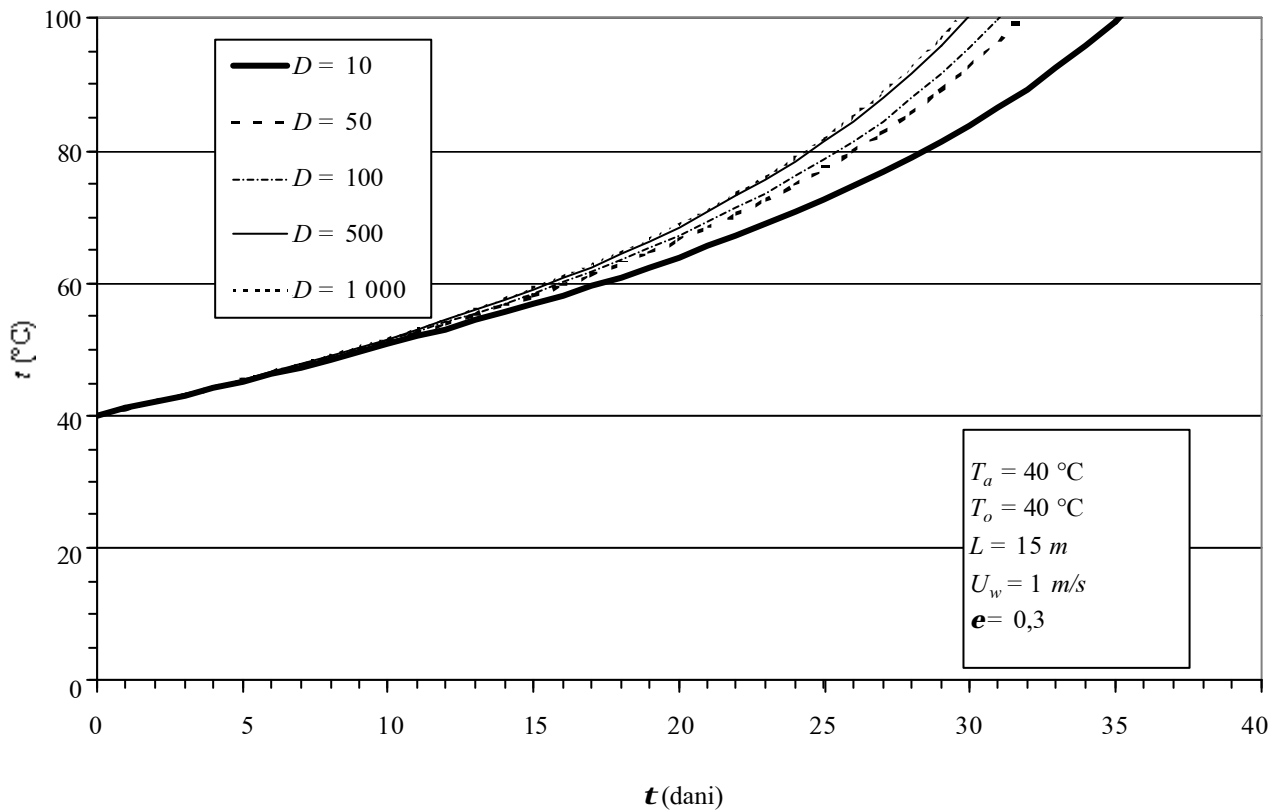
Zagrevanje uglja na skladištu razmatrano je i za različite visine deponije, i to u opsegu od 15 do 30 m



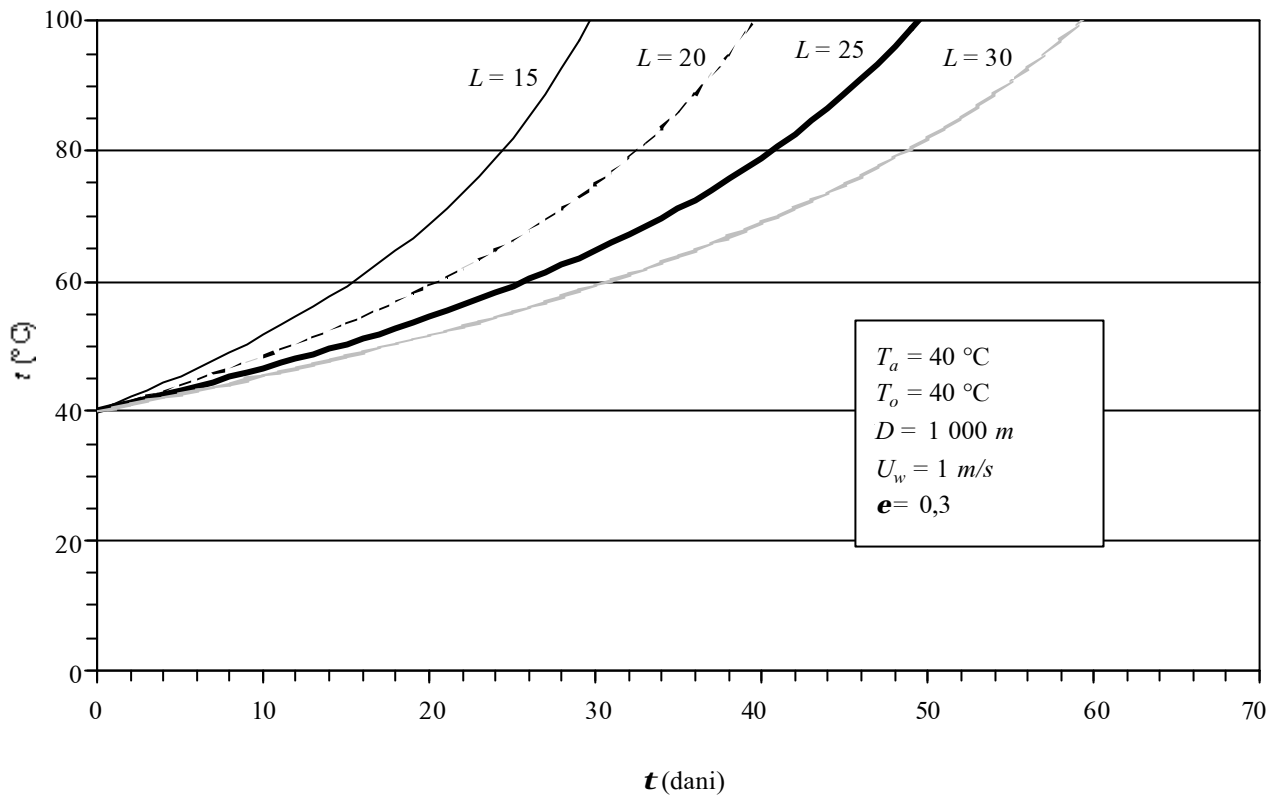
Slika 5. Promena temperature uglja na skladištu u zavisnosti od brzine vetra za temperaturu okoline 20 °C



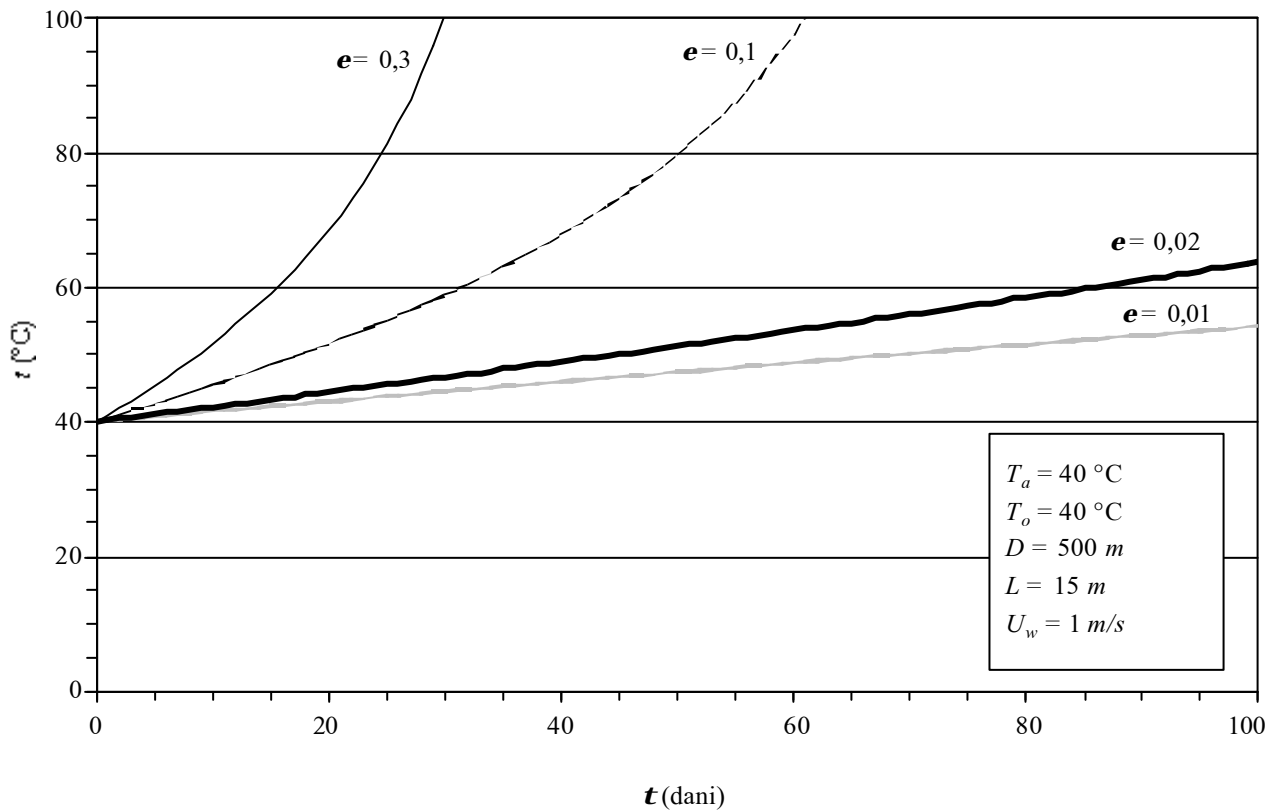
Slika 6. Promena temperature uglja na skladištu u zavisnosti od brzine vetra za temperaturu okoline  $40\text{ }^\circ\text{C}$



Slika 7. Promena temperature uglja na skladištu u zavisnosti od dužine skladišta



Slika 8. Promena i temperature uglja na skladištu u zavisnosti od visine skladišta



Slika 9. Promena temperature uglja na skladištu u zavisnosti od poroznosti i vremena skladištenja

(slika 8). Povećavanjem visine uglja na skladištu postiže se sporije zagrevanje uglja. Promene perioda potrebnog za postizanje kritične temperature uglja sa promenom visine deponije su značajnije izražene: za visinu od 15 m period iznosi 16 dana, a za visinu od 30 m - 32 dana.

Poroznost je varirana u opsegu od 0,01 (veća sabijenost uglja) do 0,3 (manja sabijenost uglja tj. veći protok vazduha kroz sloj) i dobijeni rezultati su prikazani na slici 9. Za skladište uglja sa većom poroznošću period postizanja kritične temperature je kraći, što se i moglo očekivati zbog većeg protoka vazduha kroz sloj i veće površine kontakta ugalj - vazduh. Dobijeni rezultati pokazuju da se variranjem ove karakteristike skladištenja uglja mogu postići značajne promene u periodu potrebnom za dostizanje kritične temperature: za  $e = 0,3$  - 15 dana, za  $e = 0,1$  - 32 dana, a za  $e$  manje od 0,02 - preko 85 dana.

## 5. ZAKLJUČCI

*U radu su prikazani rezultati jednog od raspoloživih modela koji opisuju pojavu samozagrevanja i samopaljenja uglja na skladištima. Posebno je analiziran uticaj pojedinih parametara i mogućnost njihovog optimiranja sa ciljem da se spreči pojava dostizanja kritične temperature, odnosno pojave samopaljenja. Na osnovu dobijenih rezultata, može se zaključiti sledeće:*

- *da je pojava samozagrevanja posebno izražena u periodu povišenih temperatura okoline (letnji period),*
- *da male brzine vetra utiču na slabo provetravanje uglja na gomili i da u tim uslovima dolazi do naglog povećanja temperature uglja,*
- *da dužina skladišta slabo utiče na pojavu samozagrevanja uglja,*
- *da visina uglja na skladištu predstavlja važnu karakteristiku i da je za sprečavanje pojave samozagrevanja uglja potrebno povećavati visinu uglja na skladištu, i*
- *da je poroznost veličina koja bitno utiče na ponašanje uglja na skladištu, zbog čega je potrebno ugalj više sabijati, kako bi se smanjila pojava samozagrevanja.*

*Na osnovu izloženog, takođe se može zaključiti da je usvojeni model dovoljno osetljiv na uticajne veličine i da daje logične rezultate u saglasnosti sa postojećim saznanjima iz prakse.*

*Proučavanje pojave samozagrevanja uglja na skladištima prikazano u ovom radu ukazuje i na mogućnosti daljih istraživanja u ovoj oblasti:*

- *određivanje pojedinih veličina za domaće lignite, koje su tokom primene modela preuzete iz literature i usvojene kao konstantne i*
- *eksperimentalnim praćenjem ponašanja uglja na skladištima i poređenjem sa rezultatima dobijenim matematičkim modelom.*

## 6. KORIŠĆENE OZNAKE

- $q_u$  - nastala količina toplote
- $q_o$  - odvedena količina toplote
- $t$  - temperatura
- $T$  - temperatura; vreme
- $V$  - protok vazduha
- $C_{O_2}$  - koncentracija kiseonika u vazduhu
- $O_{2s}$  - količina apsorbovanog kiseonika
- $e$  - poroznost sloja uglja
- $C_p$  - specifični toplotni kapacitet uglja
- $I$  - koeficijent provođenja toplote
- $D$  - dužina skladišta
- $E$  - energija aktivacije
- $L$  - visina skladišta
- $T_a$  - temperatura okolnog vazduha
- $u_w$  - brzina vetra
- $h_i$  - koeficijent prelaza toplote
- $k_{g,i}$  - koeficijent prenosa toplote
- $r$  - gustina uglja
- $q$  - toplota reakcije
- $D_{O_2,m}$  - koeficijent difuzije kiseonika
- $K_{Ro}$  - konstanta brzine reakcije
- $t_b$  - faktor oblika
- $h_G$  - koeficijent efikasnosti
- $T_o$  - početna temperatura uglja

## 7. LITERATURA

- [1] Radovanović M.: GORIVA, Mašinski fakultet, Beograd, 1994.
- [2] Radić M.: DIPLOMSKI RAD, Mašinski fakultet, Beograd, 2000.
- [3] Sujanti W., Zhang D.: A LABORATORY STUDY OF SPONANEOUS COMBUSTION OF COAL: THE INFLUENCE OF INORGANIC MATTER AND REACTOR SIZE, Fuel, Vol. 78, 1999.
- [4] Krishnaswamy S., Agarwal P., Gunn R.: LOW-TEMPERATURE OXIDATION OF COAL - 3. MODELLING SPONTANEOUS COMBUSTION IN COAL STOCKPILES, Fuel, Vol. 75, 1996.
- [5] Fierro V., Miranda J. L., Romero C., Andres J. M., Arriaga A., Schmal D., Visser G. H.: PREVENTION OF SPONTANEOUS COMBUSTION IN COAL STOCKPILES: EXPERIMENTAL RESULTS IN COAL STORAGE YARD, Fuel Processing Technology, Vol. 59, 1999.



- [6] Chen X. D.: ON THE MATHEMATICAL MODELING OF THE TRANSIENT PROCESS OF SPONTANEOUS HEATING IN MOIST COAL STOCKPILES, *Combustion and Flame*, Vol. 90, 1992.
- [7] Arioso A., Akgum F.: MODELLING OF SPONTANEOUS COMBUSTION OF COAL WITH MOISTURE CONTENT INCLUDED, *Fuel*, Vol. 73, 1994.
- [8] Hull A., Lanthier L., Agarwal K.: THE ROLE OF DIFFUSION OF OXYGEN IN THE IGNITION OF A COAL STOCKPILE IN CONFINED STORAGE, *Fuel*, Vol. 76, 1997.
- [9] Bhat S., Agarwal P. K.: THE EFFECT OF MOISTURE CONDENSATION ON THE SPONTANEOUS COMBUSTIBILITY OF COAL, *Fuel*, Vol. 75, 1996.
- [10] Radovanović M., Adžić M., Aleksić-Pajić D.: KARAKTERISTIKE SAMOPALJENJA DOMAĆIH LIGNITA, Interni izveštaj, Beograd, 1978.

Rad je primljen u uredništvo 12. 11. 2003. godine



**Milan Radovanović** je diplomirao na Mašinskom fakultetu u Beogradu 1962. godine. Na Mašinskom fakultetu u Beogradu je zaposlen od 1965. godine. Magistarski rad sa temom „Goriva za višegorive motore” odbranio je 1968. godine, a doktorsku tezu „Prilog proučavanju sagorevanja domaćih ugljeva u uslovima sličnim u ložištu” 1977. godine. Od 1986. godine je redovni profesor za predmete Pogonski materijali i Sagorevanje. U periodu od 1982-1985. godine bio je profesor po pozivu na Tvente univerzitetu za tehnologiju u Enshedemu, Holandija, a od 1994-1997. godine učestvovao je na naučno-istraživačkim projektima na istom univerzitetu. Objavio je nekoliko udžbenika, rukovodio naučno-istraživačkim projektima, autor je velikog broja radova i studija.



**Aleksandar Razumenić** je rođen 1962. godine u Beogradu. Na Mašinskom fakultetu u Beogradu diplomirao je 2001. godine sa temom „Matematičko modeliranje spontanog zagrevanja i paljenja uglja na skladištu”. Zaposlen je u firmi NPS Beograd.



**Dragoslava Stojiljković** je diplomirala na Mašinskom fakultetu u Beogradu. Na Mašinskom fakultetu u Beogradu zaposlena je od 1989. godine. Magistarski rad sa temom „Prilog odsumporavanju dimnih gasova suvim postupkom” odbranila je 1992. godine, a doktorsku tezu „Obrazovanje azotnih oksida pri sagorevanju domaćih lignita u spraćenom stanju” 1999. godine. Tokom 1995. godine boravila je na usavršavanju na Univerzitetu u Lidsu. Od 2001. godine je docent za predmete Pogonski materijali i Sagorevanje. Tokom rada na Mašinskom fakultetu učestvovala u realizaciji naučno-istraživačkih projekata i autor je i koautor radova saopštenih na međunarodnim i domaćim simpozijumima.

---

*Jelena Popović i Snežana Šarboh*

# **Zaštita pronalazaka i informacijski servisi**

Stručni rad  
UDK: 347.211; 347.4

---

*Rezime:*

*Zavod za intelektualnu svojinu je organ nadležan za priznavanje prava intelektualne svojine u Srbiji i Crnoj Gori. Među pomenuta prava intelektualne svojine spadaju patent i mali patent, pri čemu njihov predmet zaštite predstavljaju pronalasci. Pronalazač ima mogućnost izbora između pomenuta dva oblika zaštite da bi se opredelio za onaj koji mu više odgovara. Naime, mada su prava nosioca patenta i malog patenta po sadržaju ista, ona se razlikuju po roku trajanja. Takođe, postoje znatne razlike u postupku za ispitivanje prijave za priznanje patenta odnosno malog patenta, kao i u visini taksa i troškova vezanih za te postupke. Ovakva zakonska rešenja, koja imaju za cilj podsticanje inovativnog rada, pre svega domaćih pronalazača, instituta i preduzeća, u praksi su pokazala pozitivan efekat. Pored priznanja navedenih prava intelektualne svojine, Zavod takođe raspolaže i značajnom zbirkom patentne i nepatentne dokumentacije namenjenom kako za ispitivanje novosti pronalazaka, tako i za informisanje stručne javnosti o stanju tehnike u svetu.*

**Ključne reči:** *zaštita pronalazaka, patent, mali patent, patentne informacije, patentna dokumentacija*

---

*Abstract:*

**PROTECTION OF INVENTIONS AND INFORMATION SERVICES**

*Intellectual property office is an administrative body in charge of granting intellectual property rights in Serbia and Montenegro. Afore-mentioned intellectual property rights include patent and petty patent, whereas inventions present their subject of protection. An inventor, who has a possibility of choice between the two above mentioned forms of protection of the invention, can choose the more appropriate one. Though rights conferred on proprietors both by the patent and petty patent are the same, their terms are different. There are also significant differences in the granting procedures for patent and petty patent as well as on the levels of fees and expenditures related to these procedures. These legal provisions, which have an objective to improve inventive activities of domestic individual inventors, institutes and enterprises, have shown a positive effect during their implementation. Apart from granting afore-mentioned intellectual property rights, Intellectual property office also possesses a significant collection of patent and non-patent documentation intended for novelty examination of the inventions, as well as for informing the expert public on the state-of-the art in the world.*

**Key words:** *protection of inventions, patent, petty patent, patent information, patent documentation*

---

*Jelena Popović, dipl. ing. maš, mr Snežana Šarboh, dipl. ing. maš. – Zavod za intelektualnu svojinu, 11 000 Beograd, Zmaj Jovina 21*

## 1. UVOD

Institucija koja je nadležna za priznavanje prava industrijske svojine u Srbiji i Crnoj Gori je Zavod za intelektualnu svojinu. Zavod je nadležan za normativno uređivanje odnosa u oblasti prava industrijske svojine, kao i za vođenje upravnog postupka radi priznanja patenata, malih patenata, žigova, modela, uzoraka, geografskih oznaka porekla i topografija integrisanih kola. Zavod takođe ima normativnu nadležnost vezanu za autorsko i srodna prava, kao i nadležnost upravnog nadzora nad radom organizacija za kolektivno iskorišćavanje autorskog i srodnih prava. Zavod takođe administrira i veći broj međunarodnih konvencija iz oblasti prava industrijske svojine i autorskog prava koje je ratifikovala Srbija i Crna Gora. Politika Srbije i Crne Gore u oblasti intelektualne svojine nastoji da pravne norme domaćeg prava intelektualne svojine usaglasi sa međunarodnim pravom, a pre svega sa konvencijama iz ove oblasti.

## 2. ZAŠTITA PRONALAZAKA SA PREGLEDOM POSTUPKA ZA PRIZNANJE PATENTA I MALOG PATENTA U ZAVODU ZA INTELAKTUALNU SVOJINU

Zakon o zaštiti pronalazaka, tehničkih unapređenja i znakova razlikovanja („Službeni list SFRJ”, br.34/81, 3/90 i 20/90) kojim je ranije bila regulisana zaštita industrijske svojine, predviđao je patent kao jedini oblik zaštite pronalaska. Mada je ovakvo rešenje poznato u zakonodavstvu mnogih zemalja (SAD, Velika Britanija i dr.), u našoj praksi se nije pokazalo sasvim zadovoljavajućim. Uočeno je, naime, da nesrazmerno veliki broj prijava patenata čiji su podnosioci bili domaća fizička lica odnosno domaći pronalazači, nije bio okončavan donošenjem rešenja o priznanju patenta. Osim neurednosti prijave, važan razlog za to bio je i taj što se uglavnom radilo o pronalascima čiji inventivni nivo nije bio dovoljno visok za zaštitu patentom.

Da bi se stvorila mogućnost zakonske zaštite i ovakvih pronalazaka, odlučeno je da se uvede novi oblik zaštite pronalazaka - mali patent.

Tako, za razliku od prethodnog, važeći Zakon o patentima [1] (dalje: Zakon) pronalazaču daje mogućnost da izabere da li da svoj pronalazak štiti patentom ili malim patentom. Da bi izabrao odgovarajući oblik zaštite za svoj pronalazak, pronalazač mora imati u vidu sledeće zakonske odredbe, kao relevantne za adekvatan izbor, koje određuju:

1. predmet (vrstu) pronalaska koji se može štiti patentom ili malim patentom;

2. uslove za zaštitu pronalaska patentom ili malim patentom;
3. postupak ispitivanja prijave za priznanje patenta ili malog patenta;
4. prava koja ima nosilac patenta ili malog patenta: sadržinu, obim i rok trajanja prava.

### 2.1. Predmet (vrsta) pronalaska koji se može štiti patentom ili malim patentom

Patent i mali patent razlikuju se po predmetu, odnosno vrsti pronalazaka koji se njima mogu štiti. Tako predmet, odnosno vrsta pronalaska koji se može štiti patentom može biti proizvod, postupak, kao i primena proizvoda ili postupka, pri čemu se pod pojmom proizvoda smatraju uređaj, supstanca, kompozicija, mikroorganizmi, biljna ili životinjska ćelijska kultura.

Za razliku od toga, predmet, odnosno vrsta pronalaska koji se štiti malim patentom može biti samo proizvod, pri čemu se ovde pod pojmom proizvoda podrazumeva isključivo uređaj.

Ovde pojam „uređaj” treba shvatiti u najširem smislu. Pod ovim pojmom treba podrazumevati i konfiguraciju (spoljni oblik) i konstrukciju (međusobni raspored sastavnih delova). Tako su ovim pojmom obuhvaćeni kako uređaji, tako i aparati, mašine, naprave, postrojenja, sredstva i drugo, ali i predmeti koji svojim oblikom rešavaju određeni problem.

Osim navedenog, pronalazač mora imati u vidu to da se, u smislu Zakona, pronalascima ne smatraju: naučna otkrića, naučne teorije i matematičke metode, zatim estetske kreacije, te planovi, pravila i postupci za obavljanje intelektualnih delatnosti, za igranje igara ili obavljanje poslova, kao i programi računara.

Zakon takođe predviđa i izvesna izuzeća od zaštite patentom ili malim patentom. Između ostalog, patentom, odnosno malim patentom ne može se zaštititi pronalazak čije bi objavljivanje ili upotreba bila protivna moralu ili zakonu.

### 2.2. Uslovi za zaštitu pronalaska patentom ili malim patentom

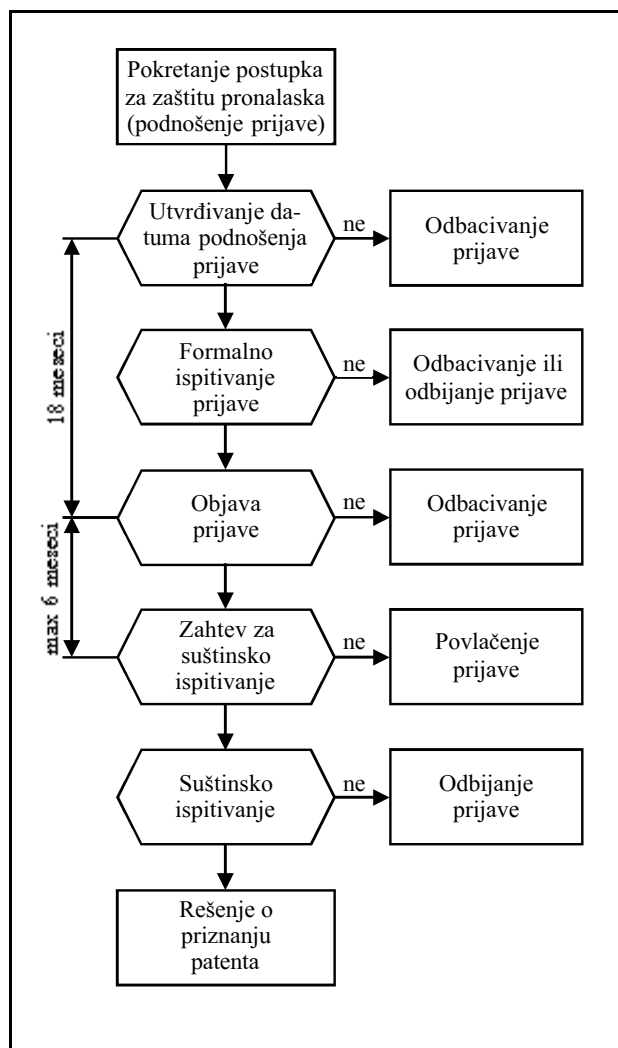
Da bi mogao da bude zaštićen patentom ili malim patentom, pronalazak mora ispunjavati propisane uslove. Ovi uslovi su u Zakonu [1] dati kroz definicije patenta, odnosno malog patenta.

**Patent** je pravo kojim se štiti pronalazak koji predstavlja novo tehničko rešenje određenog problema, koje ima inventivni nivo, odnosno predstavlja rezultat stvaralačkog rada i koje je primenljivo.

Sa druge strane, **mali patent** je pravo kojim se štiti pronalazak koji predstavlja novo tehničko rešenje određenog problema i koje je primenljivo, ali koje ima niži inventivni nivo u poređenju sa patentom.

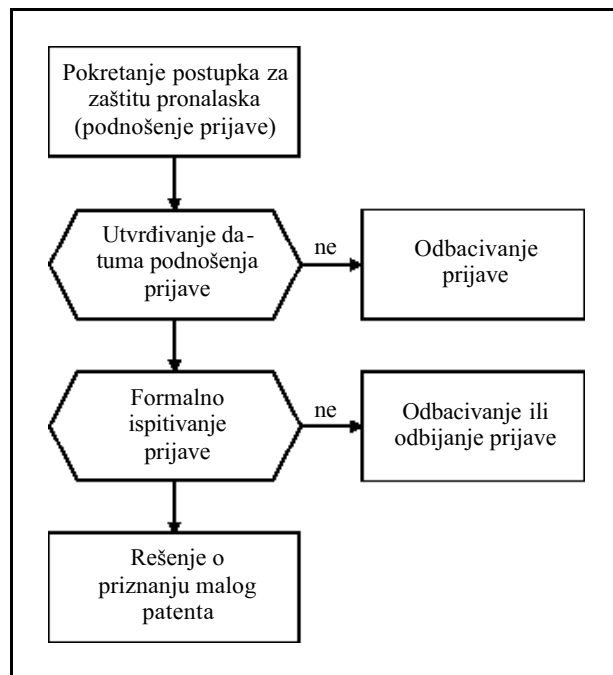
### 2.3. Postupak ispitivanja prijave za priznanje patenta ili malog patenta

Sledeća stvar koju pronalazač mora imati u vidu pre podnošenja prijave je da se postupci ispitivanja prijave za priznanje patenta i prijave za priznanje malog patenta znatno razlikuju. Ovo se jasno vidi i iz sledećih šematskih prikaza ovih postupaka:



Slika 1. Postupak ispitivanja prijave za priznanje patenta

Iz gornjih šematskih prikaza vidi se da je postupak ispitivanja prijave za priznanje patenta dvostepen, odnosno da prijava za priznanje patenta biva dva puta podvrgnuta ispitivanju: prvo formalnom, a



Slika 2. Postupak ispitivanja prijave za priznanje malog patenta

nakon objave prijave i podnošenja zahteva, i suštinskom ispitivanju. Za razliku od nje, prijava za priznanje malog patenta podleže samo formalnom ispitivanju. Ovakva zakonska rešenja uslovljavaju dve bitne razlike između postupaka za ispitivanje prijave za priznanje patenta i prijave za priznanje malog patenta.

Kao prvo, postupak ispitivanja prijave za priznanje patenta traje znatno duže nego postupak ispitivanja prijave za priznanje malog patenta. Tako se objava prijave za priznanje patenta vrši po isteku 18 meseci od dana podnošenja prijave, odnosno po isteku 3 meseci u slučaju da podnosilac prijave zatraži prevremenu objavu. Tek posle toga se može podneti zahtev za suštinsko ispitivanje prijave, a najkasnije u roku od 6 meseci od dana objave. Prvi korak u postupku suštinskog ispitivanja prijave za priznanje patenta je pretraživanje dokumentacije kojom Zavod za intelektualnu svojinu (dalje: Zavod) raspolaze, u cilju ustanovljavanja relevantnog stanja tehnike za predmetni pronalazak, a da bi se utvrdilo da li je on nov i da li ima inventivni nivo, odnosno da li je rezultat stvaralačkog rada. Zbog malog broja ispitivača, kao i zbog otežanog funkcionisanja Zavoda u prethodnom periodu, do donošenja rešenja o priznanju patenta ili rešenja o odbijanju zahteva za priznanje patenta u proseku prođe po nekoliko godina. Nasuprot tome, ispitivanje prijave za priznanje malog patenta traje znatno kraće, i ako je prijava formalno uredna, a pošto se ne vrši suštinsko ispitivanje

vanje iste, podnosilac prijave može dobiti rešenje o priznanju malog patenta već posle nekoliko nedelja od datuma podnošenja prijave.

Druga bitna razlika uzrokovana je takođe različitim tokom pomenutih postupaka. Naime, svaka faza postupka za ispitivanje prijave praćena je plaćanjem propisanih taksa i/ili troškova. Kako je postupak za ispitivanje prijave za priznanje patenta znatno složeniji, stoga je i podnosilac prijave za priznanje patenta izložen znatno većim materijalnim troškovima nego podnosilac prijave za priznanje malog patenta.

Pri tome, uprkos činjenici da se ne vrši suštinsko ispitivanje prijave malog patenta, podnosilac prijave može, radi svoje sigurnosti, da zatraži od Zavoda da izradi izveštaj o stanju tehnike za pronalazak koji je predmet njegove prijave za priznanje malog patenta, pa čak i posle dobijanja rešenja o priznanju malog patenta.

Sa druge strane, ako podnosilac prijave dođe do zaključka da nije izabrao adekvatan oblik zaštite za svoj pronalazak, on može i nakon podnošenja prijave, i to sve do okončanja postupka po prijavi, da podnese zahtev za pretvaranje prijave za priznanje patenta u prijavu za priznanje malog patenta, ili obrnuto.

#### **2.4. Prava koja ima nosilac patenta ili malog patenta: sadržina, obim i rok trajanja prava**

Prava koja ima nosilac patenta ili malog patenta karakterisana su svojom sadržinom, obimom i rokom trajanja.

U pogledu sadržine prava koja imaju nosilac patenta i nosilac malog patenta nema nikakve razlike. To znači da svaki od njih ima isključivo pravo da koristi u proizvodnji zaštićeni pronalazak, zatim da stavlja u promet proizvode izrađene prema zaštićenom pronalasku, kao i da raspolaže patentom, odnosno malim patentom.

Osim toga, nosilac patenta, odnosno malog patenta ima pravo da spreči svako treće lice koje nema njegovu saglasnost da proizvodi, nudi, stavlja u promet ili upotrebljava proizvod koji je izrađen prema zaštićenom pronalasku ili da uvozi ili skladišti taj proizvod u navedene svrhe, zatim da primenjuje postupak koji je zaštićen patentom, te da nudi postupak koji je zaštićen patentom, kao i da proizvodi, nudi, stavlja u promet, upotrebljava, uvozi ili skladišti za te svrhe proizvod direktno dobijen postupkom koji je zaštićen patentom.

Navedena prava se ne odnose na primenu pronalaska ili upotrebu proizvoda izrađenog prema pronalasku u lične, nekomercijalne svrhe, kao i na rad-

nje koje se vrše u svrhu istraživanja koje se odnosi na predmet zaštićenog pronalaska.

Napred navedena prava stiču se upisom u registar patenata, odnosno registar malih patenata, i važe od datuma podnošenja prijave. Međutim, već od datuma podnošenja prijave, podnosilac prijave stiče prava iz prijave, koja imaju istu sadržinu kao i patent, odnosno mali patent. Ako patent, odnosno mali patent na osnovu prijave ne bude priznat, smatra se da prava iz prijave nisu ni nastala.

Između patenta i malog patenta nema razlike ni u obimu prava koja se njima stiču - isti je određen sadržajem patentnih zahteva, s tim što se opis i nacrt pronalaska koriste za tumačenje tih zahteva. Pri tome treba imati u vidu da prijava patenta može sadržati jedan ili više nezavisnih zahteva, koji mogu pripadati istoj ili različitim kategorijama (za proizvod, za postupak ili za primenu proizvoda ili postupka) i koji mogu biti praćeni zavisnim zahtevima. Nasuprot tome, prijava malog patenta može sadržati samo jedan nezavisan zahtev i najviše dva zavisna zahteva.

Jedna od bitnih razlika između patenta i malog patenta je u roku trajanja prava. Naime, patent traje 20 godina od datuma podnošenja prijave, dok mali patent traje 10 godina od datuma podnošenja prijave.

U nastavku će biti izloženo nekoliko primera izbora adekvatnog oblika zaštite pronalazaka.

Ako se na primer radi o pronalasku čiji je predmet uređaj, pronalazač ima mogućnost izbora između zaštite patentom ili malim patentom. Ako se opredeli za patent, pronalazač može računati na pravo zaštite koje duže traje i koje se smatra sigurnijim zbog izvršenog suštinskog ispitivanja prijave, ali sprovođenje tog postupka traje dosta dugo. Sa druge strane, postupak ispitivanja prijave za priznanje malog patenta se sprovodi znatno brže, ali je rok trajanja ovakvog oblika zaštite dvostruko kraći. Imajući dakle u vidu argumente koji idu u prilog svakog od dva pomenuta oblika zaštite pronalaska, pronalazač može samostalno doneti odluku.

Međutim, ako je predmet pronalaska postupak, pronalazač nema mogućnost izbora, jer je predviđeno da se malim patentom može štititi isključivo proizvod, i to samo uređaj, pa jedino adekvatno rešenje za zaštitu takvog pronalaska jeste podnošenje prijave za priznanje patenta.

U slučaju da se radi o dva ili više pronalazaka istog pronalazača i da su oni međusobno povezani tako da ostvaruju jedinstvenu pronalazačku zamisao (npr. postupak i uređaj za izvođenje tog postupka, postupak i proizvod tog postupka ili slično), pronalazač na raspolaganju ima još jednu mogućnost. Naime, Zakonom [1] je predviđeno da se u takvom slu-

čaju, odnosno slučaju postojanja jedinstva pronalaska jednom prijavom za priznanje patenta može tražiti zaštitu za više pronalazaka. Treba primetiti da ovakva odredba ne važi za prijavu za priznanje malog patenta.

Iz navedenih primera sledi da izbor odgovarajućeg oblika zaštite, uz podnošenje formalno uredne prijave, pronalazaču obezbeđuje adekvatnu zaštitu njegovog pronalaska, što je i bio cilj uvođenja ovih zakonskih rešenja.

### **3. INFORMACIONI SERVISI ZAVODA ZA INTELKTUALNU SVOJINU**

Za ispitivanje novosti pronalazaka, kao i za informisanje stručne javnosti o stanju tehnike u svetu. Zavod poseduje zbirku od oko 10 miliona patentnih dokumenata na papiru. Zavod takođe raspolaže i velikom zbirkom CD-ROM-ova i mikrofiševa sa podacima o različitim pravima intelektualne svojine. U nastavku će biti više reči o ovim informacionim resursima Zavoda, kao i o odgovarajućim uslugama koje Zavod pruža korisnicima.

#### **3.1. Patentne informacije**

Pojam patentne informacije obuhvata sve vrste tehničkih, pravnih i ostalih informacija, koje se nalaze na dokumentima publikovanim od strane patentnih zavoda. Patentne informacije predstavljaju verovatno najveću bazu tehničkih informacija na svetu.

Zbog nekorišćenja patentnih informacija, postojeći pronalasci se ponovo pronalaze, rešeni problemi se ponovo rešavaju, a proizvodi koji su već na tržištu ponovo se razvijaju. Dupliranje grešaka na taj način košta evropsku industriju oko 20 000 000 000 US\$ svake godine.

#### **3.2. Korisnici patentnih informacija**

Korisnici patentnih informacija su:

1. Industrija, naročito mala i srednja preduzeća;
2. Instituti za istraživanje i razvoj uključujući i odeljenja za razvoj u velikim fabrikama;
3. Profesori i studenti sa Univerziteta i drugih institucija obrazovanja;
4. Organizacije državna uprave, naročito one koje se bave industrijskim razvojem, planiranjem ili ugovaranjem licenci;
5. Individualni pronalazači;
6. Profesionalci u oblasti zaštite industrijske svojine.

Prema podacima Evropskog zavoda za patente *EPO*, u Evropi je samo 59 000 kompanija u poslednjih pet godina koristilo patentni sistem, a smatra se

da 110 000 kompanija nije koristilo patentne informacije. To znači da je u poslednjih pet godina više od 1/3 evropskih kompanija koristilo patentni sistem i patentne informacije.

#### **3.3. Potrebe korisnika patentnih informacija**

Identifikovane su sledeće potrebe stvarnih i potencijalnih korisnika patentnih informacija a to su:

1. da saznaju o postojećim ili budućim pravima industrijske svojine u svojoj državi (Srbija i Crna Gora), naročito da bi izbegli povredu prava i da procene verovatne akcije, npr. postupak prigovora koji se tiče važnosti postojećih prava industrijske svojine;
2. da ocene novost i patentibilnost sopstvenih izuma sa namerom da podnesu domaću prijavu za zaštitu pronalaska, a možda i međunarodnu prijavu;
3. da upoznaju stanje tehnike i procene razvoj i vrednosti specifične tehnologije, kao i da identifikuju moguće vlasnike licenci;
4. da identifikuju alternativne tehnologije;
5. da poboljšaju postojeće ili razviju nove proizvode ili procese;
6. da utvrde da li već postoji patentirano rešenje određenog tehničkog problema i da odluče da li da ga otkupe ili ne;
7. da registruju aktivnosti konkurenata, kako u zemlji, tako i u inostranstvu;
8. da pregledaju tržište radi otkrivanja slobodnog prostora, ili novih trendova u ranoj fazi i da prognoziraju bitne promene kod konkurencije ili za određenu tehnologiju.

#### **3.4. Patentna dokumentacija**

Patentni dokument je po definiciji osnovni dokument patentnog fonda i najpotpuniji izvor patentnih informacija (bibliografskih, tehničkih i pravnih).

U patentnoj dokumentaciji su sadržani sistematizovani rezultati primenjenih istraživanja i konstruktivna rešenja. Patentna dokumentacija omogućava korisnicima pristup ogromnoj zbirci tehničkih i naučnih znanja, pri tome je patentna dokumentacija tako koncipirana i indeksirana da omogućava lak pristup informacijama i jednostavno korišćenje. Pored tehničkih, ona sadrži i podatke o pravnom statusu. Svaki patentni dokument, pored detaljnog opisa pronalaska, sadrži i specifičan deo, odnosno patentni zahtev, koji određuje granice prava vlasnika pronalaska. Zbog toga se patentnoj dokumentaciji u svetu posvećuje posebna pažnja. Ona se na međunarodnom nivou standardizuje, unificira, razmenjuje i samim tim predstavlja jedan od faktora transfera tehnologije.

Svake godine, oko milion patentnih dokumenata se publikuje u svetu, od toga oko 200 000 u Evropi.

Prednosti patentne dokumentacije u odnosu na druge naučno-tehničke publikacije su:

1. Patentna dokumentacija sadrži najnovije tehničke i tehnološke informacije. U patentnim dokumentima su opisana tehnička rešenja koja su zaštićena patentom, ili su u postupku zaštite, a kako se po definiciji patentom štite samo nova rešenja, to nova patentna dokumenta ne mogu sadržati rešenja koja su već negde objavljena.
2. Patentni dokumenti sadrže tehničke informacije koje se ne mogu naći u nepatentnoj literaturi. Prema najnovijim podacima Evropskog zavoda za patente *EPO*, oko 80 % tehničkih informacija koje se publikuju u patentnim dokumentima ne mogu se naći u drugim naučno-tehničkim publikacijama.
3. Patentni dokumenti imaju unificiranu strukturu, što povećava njihovu informatičku vrednost i olakšava upotrebu.
4. Tehničke informacije sadržane u patentnim dokumentima često su izložene mnogo preciznije nego u drugim naučno-tehničkim publikacijama. Kako je u Zakonu o patentima navedeno, pronalazak mora biti tako opisan u patentnoj prijavi da ga prosečan stručnjak može realizovati na osnovu patentne prijave, odnosno patenta.
5. Iz patentnih dokumenata mogu se sagledati i tehnološka unapređenja i pravac razvoja određene oblasti tehnike. Skoro svaki patentni dokument sadrži deo o stanju tehnike u kome se opisuju prethodna rešenja kojima se rešavao isti tehnički problem koji rešava i pronalazak opisan tim dokumentom.

Međutim, patentni dokumenti imaju i neke nedostatke, a to su:

1. Veliki broj pronalazaka opisanih u patentnim dokumentima nikad ne bude primenjen, što se iz patentnog dokumenta ne može sagledati.
2. Investicioni podaci, kao što su podaci o optimalnoj veličini proizvodnih kapaciteta, veličini tržišta, potrebnim osnovnim ulaganjima po toni proizvoda ne nalaze se u patentnim dokumentima.

Kao mana patentnih dokumenata može se navesti i formalni jezik kojim su pisani, a koji je prilagođen zakonodavstvu zemlje koja je izdala patentni dokument. Međutim, formalnim jezikom je napisan uglavnom samo patentni zahtev, dok su ostali delovi patentnog dokumenta najčešće pisani svakodnevnim jezikom i stoga se mogu lako koristiti kao izvor tehničkih informacija.

Patentna dokumentacija deli se na primarnu i sekundarnu.

Primarni patentni dokumenti su objavljene prijave patenata i patentni spisi.

Neke zemlje i organizacije, kao što su: Nemačka, Evropski zavod za patente, Svetska organizacija za intelektualne svojine štampaju dokumente objavljenih prijava patenata. Ti dokumenti imaju oznaku A dokumenta i najčešće imaju isti broj kao i patentni spis, ako se odobri patent. Pre dvadesetak godina, Savezna Republika Nemačka je čak objavljene prijave patenata štampala na žutom papiru, da bi se čak i na prvi pogled razlikovale od patentnih spisa.

Zavod za intelektualnu svojinu ne štampa A dokument naših prijava, već se posle objavljivanja prijave formiraju takozvane roze korice, i kao takva prijava se stavlja na uvid javnosti u biblioteci Zavoda za intelektualnu svojinu.

Sekundarna patentna dokumentacija je materijal koji daje informacije o primarnim dokumentima i obuhvata službene patentne biltene i referativne biltene.

Službeni bilten Zavoda je Glasnik intelektualne svojine.

U širem smislu, patentna dokumentacija obuhvata i razne druge publikacije, kao što su zakoni i podzakonska akta kojima se regulišu zaštita pronalazaka i periodična izdanja vezana za rad Zavoda.

### 3.5. Struktura patentnih dokumenata

U okviru Stalnog komiteta informacionih tehnologija (*SCIT*) *WIPO-a* postoji Radna grupa za standarde i dokumentaciju, koja kontinuirano radi na usavršavanju definisanih standarda patentnih dokumenata.

Svaki patentni dokument uvek sadrži:

- bibliografski deo
- opis pronalaska,
- patentni zahtev.

Pored toga, patentni dokumenti u većini slučajeva sadrže apstrakt i nacrt, kad je potrebno.

Bibliografski podaci se nalaze na prvoj strani dokumenta. Uključuju sve podatke za identifikaciju dokumenta, neke pravne informacije i podatke o sadržaju dokumenta. Podaci za identifikaciju dokumenta su: naziv zemlje koja je dokument izdala, broj dokumenta i vrsta dokumenta. Podaci koji daju pravne informacije su: naziv, ili ime podnosioca prijave patenta, odnosno vlasnika patenta; ime pronalazača; prioritet; datum publikovanja patentne prijave, odnosno patenta. Podaci o sadržaju dokumenta su: naziv pronalaska, klasifikacioni simbol, a u izvesnoj meri i naziv podnosioca prijave, odnosno vlasnik patenta.

Na prvoj strani patentnog dokumenta, pored bibliografskih podataka, vrlo često se nalaze i apstrakt i jedna karakteristična slika nacrtu u odgovarajućim slučajevima.

### 3.6. Zbirka patentne dokumentacije Zavoda za intelektualnu svojinu

Zbirka primarnih patentnih dokumenata Zavoda se sastoji iz YU zbirke primarnih dokumenata i zbirke stranih patentnih dokumenata, koja se popunjava razmenom sa stranim zavodima, Svetskom organizacijom za intelektualne svojine i Evropskom zavodu za patente.

YU zbirka primarnih dokumenata obuhvata A dokument, odnosno objavljene prijave patenata, tzv. roze korice; B dokument - patentne spise i spise malih patenata. YU zbirka egzistira za sada samo na papiru.

Zbirka stranih patentnih dokumenata obuhvata spise iz 14 zemalja, Evropskog zavoda za patente i objavljene PCT prijave, na papiru, CD-ROM-u i DVD-u. U zbirci je preko 10 miliona spisa na papiru i preko 5 miliona spisa na CD-ROM-u i DVD-u.

Pored zbirke celih patentnih dokumenata, Zavod poseduje i zbirku GlobalPat.

GlobalPat je baza podataka sa prvim stranama patentnih spisa publikovanih u Francuskoj, Nemačkoj, Velikoj Britaniji, Švajcarskoj, Sjedinjenim Američkim Državama, WIPO-u i EPO-u. Baza je na engleskom jeziku i sadrži bibliografske podatke, apstrakt i u odgovarajućim slučajevima sliku nacrtu.

Sekundarna patentna dokumentacija Zavoda obuhvata službene biltene iz 20 zemalja na papiru i iz 4 zemlje i Svetske organizacije za zaštitu intelektualne svojine na CD-ROM-u.

S obzirom na patentnu dokumentaciju kojom raspolaže, **Zavod može pružati sledeće usluge:**

- upoznavanje privrednih subjekata sa postojanjem i upotrebom patentnih informacija;
- vrši pretraživanje radi utvrđivanja stanja tehnike, uz prilaganje relevantnih dokumenata;
- vrši pretraživanje radi utvrđivanja novosti, uz prilaganje kopija dokumenata koje utiču na ocenu novosti;
- direktan uvid u zbirku jugoslovenskog i međunarodnog patentnog fonda, klasifikovanu po oblasti tehnike (po Međunarodnoj klasifikaciji patenata);
- isporuka kopija jugoslovenskih i inostranih patentnih spisa prema zahtevu;
- pružanje informacija o pravnom statusu patenata i patentnih prijava;
- određivanje profila informacija za redovne korisnike usluga Zavoda, radi širenja patentnih informacija iz date oblasti;

- pružanje pomoći korisnicima patentnih informacija, naročito u vezi sa razumevanjem bibliografskog sadržaja patentnih dokumenata, prilikom formulisanja zahteva za pretraživanjem i prevazilaženje jezičke barijere;
- organizovanje seminara i kurseva sa odgovarajućim programom za korisnike patentnih informacija.

### 3.7. Pretraživanje patentne dokumentacije

Postoji više razloga zbog kojih se vrši pretraživanje patentne dokumentacije. Neki razlozi su samo radi prikupljanja tehničkih informacija, a drugi su u vezi patentnog prava i licenci.

Prema definiciji WIPO-a, u zavisnosti od svrhe za koju se vrši, pretraživanja se dele na:

1. **Pretraživanje na novost**, koje se vrši u cilju određivanja novosti ili nedostatka novosti. Tehničko rešenje se proverava bez teritorijalnog i vremenskog ograničenja. To je pretraživanje koje se vrši pri suštinskom ispitivanju patentnih prijava. Ovu vrstu pretraživanja mogu vršiti i podnosioci patentnih prijava.
2. **Pretraživanje na patentibilnost ili opravdanost**, koje se radi u cilju određivanja uslova patentibilnosti, pre svega inventivnog nivoa. Ova vrsta pretraživanja mora da pokrije sve relevantne oblasti tehnike.
3. **Pretraživanje na narušeno pravo industrijske svojine**, koje se naziva i pretraživanje na patentnu čistoću. Pretraživanje se radi da se nađu patentni dokumenti čija bi prava bila narušena nekom industrijskom aktivnošću. Pretraživanje se radi samo u odnosu na određenu zemlju i određeni vremenski period. Ovu vrstu pretraživanja treba raditi uvek pri planiranju izvoza ili sklapanju licencnog ugovora.
4. **Pretraživanje na stanje tehnike** se naziva i informativno pretraživanje. Pod pojmom stanje tehnike podrazumeva se patentna i nepatentna literatura u kojima je opisano rešenje kojim se rešava isti tehnički problem koji rešava i rešenje za koje se vrši pretraživanje. Razlozi za izradu pretraživanja na stanje tehnike mogu da budu sledeći:
  - potreba za identifikovanjem alternativnih tehnologija, npr.: za izmenu nekog uređaja ili radi jeftinijih tehnologija;
  - ocene specifične tehnologije za koju se radi ponuđena licenca;
  - potreba za identifikovanjem imena firme;
  - u vezi sa komercijalnim ugovorom za kupovinu i prodaju tehnologije. Saznanje o raspoloživim tehnologijama i njihovim alternativama obezbeđuje kupcu, a i prodavcu, veći prostor za utvrđivanje



cene, stavljajući ga u povoljniji položaj prilikom sklapanja ugovora.

Analizom podataka iz pretraživanja na stanje tehnike može se odrediti doba starosti određene tehnologije. Ako su u izveštaju o pretraživanju navedeni noviji patentni dokumenti, znači da se radi o tehnologiji koja brzo napreduje. Ako su u izveštaju navedeni samo stari dokumenti, tada se radi o staroj tehnologiji i njenim manjim poboljšanjima.

U zavisnosti od podataka kojima se raspolaže, pretraživanje može da se vrši po bibliografskim podacima ili po predmetu izuma.

Najčešće pretraživanje po bibliografskim podacima je po nazivu ili imenu podnosioca patentne prijave, odnosno vlasnika patenta, ali pretraživanje se može vršiti i po prioritetnim podacima ili imenu pronalazača.

Ipak, najčešća pretraživanja su po predmetu izuma. U tom slučaju je neophodno korišćenje Međunarodne klasifikacije patenata.

Zbirka patentnih dokumenata Zavoda za intelektualnu svojinu može se koristiti na više načina. Da bi se došlo do potrebnih informacija, bilo tehničkog ili pravnog karaktera, iz patentnih dokumenata, može se podneti pismeni zahtev Zavodu za pretraživanje ili korisnik sam ili uz pomoć eksperata Zavoda može pretraživati patentnu dokumentaciju u biblioteci Zavoda.

#### 4. ZAKLJUČAK

*Zavod za intelektualnu svojinu je organ nadležan za priznavanje prava intelektualne svojine u Srbiji i Crnoj Gori. Među pomenuta prava intelektualne svojine spadaju patent i mali patent, pri čemu njihov predmet zaštite predstavljaju pronalasci. Prethodno važeća zakonska rešenja su predviđala isključivo patent kao oblik zaštite pronalaska. Međutim, to se u praksi nije pokazalo kao zadovoljavajuće rešenje, jer je veliki broj prijava za priznanje patenata, pre svega onih koje su bile podnete od strane domaćih pronalazača pojedinaca, bio okončavan do-*

*nošenjem rešenja o odbijanju. Da bi se ovaj problem prevazišao, osim zaštite pronalazaka patentom, važeći Zakon o patentima predvideo je i mogućnost zaštite pronalaska malim patentom. Na ovaj način, pronalazač je dobio mogućnost izbora između pomenuta dva oblika zaštite i može se opredeliti za onaj koji mu više odgovara. Ova zakonska rešenja, koja imaju za cilj podsticanje inovativnog rada pre svega domaćih pronalazača, instituta i preduzeća, u praksi su pokazala pozitivan efekat. Pored priznanja navedenih prava intelektualne svojine Zavod takođe raspolaže i značajnom zbirkom patentne i nepatentne dokumentacije namenjenom kako za ispitivanje novosti pronalazaka, tako i za informisanje stručne javnosti o stanju tehnike u svetu. Osim toga, Zavod raspolaže i informacionim servisima koji se nalaze na raspolaganju kako pojedincima, tako i preduzećima i institutima koji imaju potrebe za informacijama i uslugama ove vrste.*

#### 5. LITERATURA

- [1] \*\*\*: ZAKON O PATENTIMA - „Službeni list SRJ”, br.15/95 i 35/95.
- [2] \*\*\*: UREDBA O POSTUPKU ZA PRIZNANJE PATENTA, ODNOSNO MALOG PATENTA - „Službeni list SRJ”, br.7/96.
- [3] Mr Snežana Šarboh: ZAŠTITA PRONALAZAKA, NAROČITO IZ OBLASTI PROCESNE TEHNIKE - „Procesna tehnika”, br.3-4/97.
- [4] Jelena Popović: PATENTNA DOKUMENTACIJA SAVEZNOG ZAVODA ZA INTELEKTUALNU SVOJINU I MOGUĆNOSTI PRETRAŽIVANJA, Kladovo - novembar 2001. godine
- [5] Dr Vesna Besarević: INDUSTRIJSKA SVOJINA I AUTORSKO PRAVO - TRZ „Hrast”, Beograd; 1993.
- [6] Branka Janković: KARAKTERISTIKE TEHNIČKIH INFORMACIJA IZ PATENTNIH DOKUMENTATA I NJIHOVA UPOTREBA.
- [7] PATENTNE INFORMACIJE EPO - [www.european-patent-office.org/patenfopro/index](http://www.european-patent-office.org/patenfopro/index).

Rad je primljen u uredništvo 06. 11. 2003. godine



**Jelena Popović** rođena je 1955. godine u Beogradu. Godine 1980. diplomirala na Mašinskom fakultetu u Beogradu na Grupi za automatsko upravljanje. Od 1993. godine radi u Zavodu za intelektualnu svojinu (IPO), ranije Savezni zavod za patente. U Zavodu je prvo radila kao patentni inženjer-ispitivač u Odeljenju za mašinstvo Sektora za patente, a zatim je bila načelnik Odeljenja za dokumentaciju, pa pomoćnik direktora Sektora za tehničko-tehnološke informacije. Sada je na mestu vršioca dužnosti direktora Zavoda za intelektualnu svojinu.



*Mr Snežana Šarboh* rođena je 1963. godine u Beogradu. Na Mašinski fakultet u Beogradu upisala se 1981. godine, a diplomirala je u Grupi za automatsko upravljanje aprila 1987. godine sa srednjom ocenom 8,89 odbranivši diplomski rad sa odličnom ocenom. Iste godine je upisala poslediplomske studije, takođe iz oblasti automatskog upravljanja, pri čemu je težište njenog interesovanja bilo na sistemima automatskog upravljanja sa vremenskim kašnjenjem. Početkom novembra 1996. godine odbranila je magistarski rad pod nazivom „Estimacija čisto vremenskog kašnjenja u objektima i procesima sistema automatskog upravljanja” kod mentora prof. dr Dragutina Debeljkovića sa Mašinskog fakulteta i prof. dr Stevana Milinkovića sa Tehnološko-metalurškog fakulteta u Beogradu.

Posle diplomiranja zaposlila se u Saveznom zavodu za patente (sada: Zavod za intelektualnu svojinu), u kome radi od marta 1988. godine. U ovom periodu prešla je put od pripravnika do načelnika Odeljenja za mašinstvo Sektora za patente i stekla je zvanje patentnog inženjera. Tokom ovog razdoblja, pohađala je više seminara i kurseva obuke iz oblasti intelektualne svojine organizovanih od strane Svetske organizacije za zaštitu intelektualne svojine (WIPO) kako u zemlji, tako i u inostranstvu. Osim oblasti intelektualne svojine, kao užeg područja delatnosti, što je rezultiralo sa više radova iz ove oblasti, kao član istraživačke grupe formirane u okviru Sektora za patente bavila se proučavanjem dela Nikole Tesle, a naročito njegovih aktivnosti na zaštiti pronalazaka u Sjedinjenim Američkim Državama i drugim zemljama. Takođe je učestvovala i u pripremi nacrtu Zakona o patentima i drugih relevantnih propisa.

Koautor je monografije od nacionalnog značaja, a objavila je i 5 radova u inostranim časopisima (1 rad u vodećem časopisu od međunarodnog značaja) i 20 radova u domaćim časopisima, kao i saopštenja na domaćim skupovima.

---

Branislav A. Bošković

# Ostvarenje elektroenergetskog bilansa Državne zajednice Srbija i Crna Gora u 2003. godini

Stručni rad  
UDK: 621.3.05

---

*Rezime:*

Rad prezentira realizaciju elektroenergetskog bilansa za 2003. godinu u Državnoj zajednici Srbija i Crna Gora kroz prikaz sledećeg: proizvodnje i potrošnje električne energije, republičke razmjene električne energije, nabavke i isporuke električne energije drugim elektroenergetskim sistemima, stanja akumulacija hidroelektrana, otkrivke uglja, deponija uglja za termoelektrane, i upoređuje ove veličine sa ostvarenjem u 2002. godini i planom za 2004. godinu.

**Ključne riječi:** elektroenergetski bilans Državne zajednice Srbija i Crna Gora

---

*Abstract:*

**REALIZATION OF THE POWER BALANCE  
OF THE STATE COMMUNITY SERBIA & MONTENEGRO IN 2003**

The paper deals with the realization of the electric power balance for 2003 in the State community Serbia and Montenegro, such as: electric power production and consumption, republican electric power interchange, electric power supply from and delivery to other electric power systems, hydro plant reservoirs, coal overburden layers removal, coal deposits for thermal power plants, with a review of the realization in 2002, as well as the plan for 2004.

**Key words:** Electric power balance of the State community Serbia and Montenegro

---

## 1. UVOD

Elektroenergetski sistem (EES) Državne zajednice Srbija i Crna Gora čine elektroenergetski sistemi Države Srbije i Države Crne Gore (SCG).

Elektroprivrednu delatnost u republikama obavljaju:

Javno preduzeće za proizvodnju, prenos, distribuciju električne energije i proizvodnju uglja, koje posluje pod firmom „Elektroprivreda Srbije” sa potpunom odgovornošću i sedištem u Beogradu, čiji je skraćeni naziv JP „EPS” sa p.o. (u daljem tekstu:

EPS). Javno preduzeće je osnovano zakonom o elektroprivredi („Službeni glasnik Republike Srbije”, br. 45/91) sa izmenama i dopunama.

Javno elektroprivredno preduzeće za proizvodnju, prenos, nabavku i distribuciju električne energije, koje posluje pod firmom „Elektroprivreda Crne Gore” sa sedištem u Nikšiću (u daljem tekstu: EPCG) osnovano Zakonom o energetici („Službeni list SRCG” br. 16/90) sa izmenama i dopunama. Odlukom Upravnog odbora ovog preduzeća, 18. marta 1998. godine ovo preduzeće je transformisano u „Elektroprivredu Crne Gore” A.D.

---

Branislav A. Bošković, dipl. ing. el. – Zajednica jugoslovenske elektroprivrede, 11 000 Beograd, Balkanska 13

Saradnja između ove dve elektroprivrede regulisana je Ugovorom o dugoročnoj poslovnotehničkoj saradnji, koji je zaključen marta 1991. godine, uz uvažavanje normativnih akata: Zajednice jugoslovenske elektroprivrede, Elektroprivrede Srbije i Elektroprivrede Crne Gore.

Do donošenja novog zakona o EES-u Državne zajednice Srbija i Crna Gora, koordinirajuću ulogu u radu ova dva elektroenergetska sistema, u određenom obimu, vrši Stručna služba Zajednice jugoslovenske elektroprivrede (JUGEL), sa Koordinacionim odborom Zajednice jugoslovenske elektroprivrede u sastavu: direktor JUGEL-a, generalni direktor EPS-a i izvršni direktor EPCG AD.

## 2. PROIZVODNJA ELEKTRIČNE ENERGIJE

U 2003. godini, energetske bilansima elektroprivreda Srbije i Crne Gore predviđena je:

– proizvodnja iz sopstvenih izvora 37 096 GWh (HE 11 803 GWh, TE 25 293 GWh) i

– nabavka od EES-a izvan SCG 2 564 GWh.

Ukupna proizvodnja električne energije u SCG je iznosila **36 096,3 GWh (29,7 % iz HE a 70,3 % iz TE)**, dok su nabavke električne energije od drugih EES-a izvan SCG iznosile **4 243,8 GWh**.

Plan proizvodnje iz sopstvenih izvora je u podbačaju za **2,7 %**. HE su svoj plan podbacile za **9,3 %** a TE su ostvarile sa **100,4 %** plana.

Nabavka električne energije od EES-a izvan SCG je veća za **65,5 %** od plana.

Ukupno raspoloživa električna energija je bila za **1,7 %** veća od plana za 2003. godinu.

Kada se prave poređenja proizvodnje električne energije u 2003. godini u odnosu na 2002. godinu, onda su odnosi sledeći:

– sopstvena proizvodnja je veća za **3,3 %**, pri čemu je proizvodnja HE manja za **7,9 %** a TE veća za **8,9 %**;

– nabavka električne energije od EES-a izvan SCG je manja za **23,0 %**;

– raspoloživa električna energija je manja za **0,3 %**.

Sve gore navedeni podaci dati su u tabeli 1. i na slici 1.

U tabeli 2 su dati podaci EEB koji se odnose na 2002 i 2003. godinu, komparirani sa planskim podacima za 2004. godinu.

### Karakteristične proizvodnje na pragu elektrana:

#### a.) U EPS-u:

– najveća mesečna proizvodnja je bila **3 301,2 GWh** i to u **decembru** 2003. godine (najveća mesečna proizvodnja u 2002. godini je bila 3 400,2 GWh), tog meseca HE su proizvele **622,0 GWh**, a TE **2 679,2 GWh**;

– najveća mesečna proizvodnja HE je bila u **januaru** 2003. godine i iznosila je **1 286,7 GWh** (najveća mesečna proizvodnja HE u 2002. godini je bila 1 180,9 GWh);

– najveća mesečna proizvodnja TE je bila u **decembru** 2003. godine i iznosila je **2 679,2 GWh** (najveća mesečna proizvodnja TE u 2002. godini je bila 2 685,1 GWh);

– najveća dnevna proizvodnja je bila 20. februara 2003. godine i iznosila je **123,1 GWh** (najveća dnevna proizvodnja u 2002. godini je bila 120,7 GWh), tog dana HE su proizvele 41,4 GWh, a TE 81,7 GWh;

– najveća dnevna proizvodnja HE je bila 12. januara 2003. godine i iznosila je **53,9 GWh** (najveća dnevna proizvodnja HE u 2002. godini je bila 45,4 GWh);

– najveća dnevna proizvodnja TE je bila 13. decembra 2003. godine i iznosila je **98,6 GWh** (najveća dnevna proizvodnja TE u 2002. godini 103,8 GWh);

– prosečna dnevna proizvodnja na godišnjem nivou u 2003. godini je iznosila **91,9 GWh** (planirana 93,9 GWh), (dok je u 2002. godini ostvarena prosečna dnevna proizvodnja iznosila 89,9 GWh).

#### b.) U EPCG:

– najveća mesečna proizvodnja je bila u **februaru** 2003. godine i iznosila je **373,5 GWh** (najveća mesečna proizvodnja u 2002. godini je bila 348,1 GWh), tog meseca HE su proizvele **254,8 GWh**, a TE **118,7 GWh**;

– najveća mesečna proizvodnja HE je bila u **januaru** 2003. godine i iznosila je **263,4 GWh** (najveća mesečna proizvodnja HE u 2002. godini je bila 220,1 GWh);

– najveća mesečna proizvodnja TE je bila u **avgustu** 2003. godine i iznosila je **132,2 GWh** (najveća mesečna proizvodnja TE u 2002. godini je bila 130,2 GWh);

– najveća dnevna proizvodnja je bila 13. februara 2003. godine i iznosila je **16,3 GWh** (najveća dnevna proizvodnja u 2002. godini 15,2 GWh) tog dana HE su proizvele **12,0**, a TE **4,3 GWh**;

– prosečna dnevna proizvodnja na godišnjem nivou u 2003. godini je iznosila **7,2 GWh** (planirana 7,7 GWh, dok je u 2002. godini ostvarena prosečna dnevna proizvodnja bila 6,0 GWh).

## 3. POTROŠNJA ELEKTRIČNE ENERGIJE

Ukupne potrebe potrošača električne energije u SCG su iznosile **39 264,3 GWh**, dok su isporuke drugim EES izvan SCG iznosile **1 075,7 GWh**.

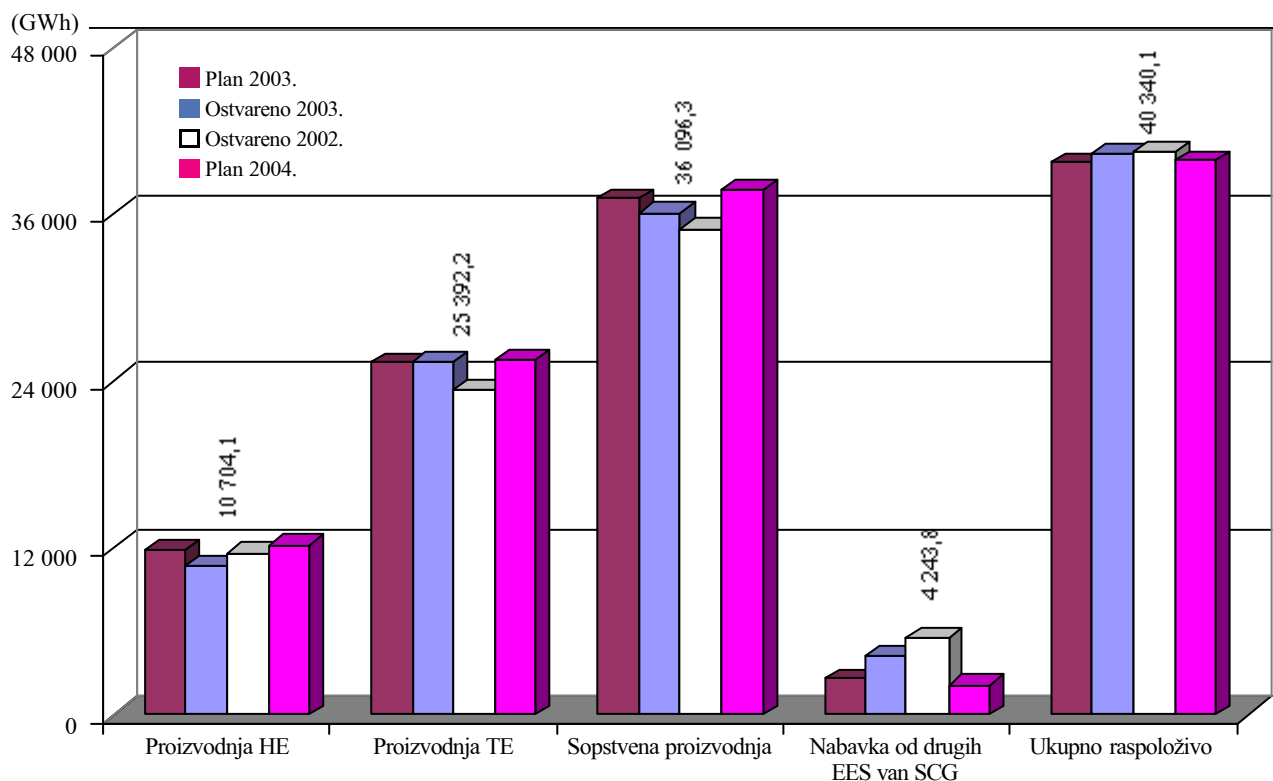
Tabela 1.

## Ostvarenje bilansa proizvodnje (na pragu elektrana) i nabavki električne energije EES-a SCG

Raspoloživo	2003. godina						Ostvareno 2003/ Planirano 2003.		
	Planirano (GWh)			Ostvareno (GWh)			Ostvareno 2003/ Planirano 2003. (%)		
	SCG	EPS	EPCG	SCG	EPS	EPCG	(4/1)	(5/2)	(6/3)
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
Proizvodnja HE	11 803	10 063	1 740	10 704,1	9 171,7	1 532,5	90,7	91,1	88,1
Proizvodnja TE	25 293	24 220	1 073	25 392,3	24 318,3	1 073,9	100,4	100,4	100,1
Sopstvena proizvodnja	37 096	34 283	2 813	36 096,3	33 489,9	2 606,3	97,3	97,7	92,7
Među republička razmena		762	1 065		876,6	1 297,1		115,0	121,8
Nabavka od drugih EES izvan SCG	2 564	1 247	1 317	4 243,8	2 834,0	1 409,8	165,5	227,3	107,0
<b>Ukupno raspoloživo</b>	<b>39 660</b>	<b>36 292</b>	<b>5 195</b>	<b>40 340,1</b>	<b>37 200,6</b>	<b>5 313,2</b>	<b>101,7</b>	<b>102,5</b>	<b>102,3</b>

(Tabele 1. - nastavak)

	2002. godina Ostvareno (GWh)			Ostvareno 2003/ Ostvareno 2002. (%)		
	SCG	EPS	EPCG	(4/10)	(5/11)	(6/12)
	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)
	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)
Proizvodnja HE	11 624,4	10 528,5	1 095,8	92,1	87,1	139,8
Proizvodnja TE	23 324,7	22 225,5	1 099,2	108,9	109,4	97,7
Sopstvena proizvodnja	34 949,1	32 754,0	2 195,0	103,3	102,2	118,7
Među republička razmena		513,7	1 254,7		170,6	103,4
Nabavka od drugih EES izvan SRJ	5 507,9	4 071,9	1 436,0	77,0	69,6	98,2
<b>Ukupno raspoloživo</b>	<b>40 457,0</b>	<b>37 339,6</b>	<b>4 885,8</b>	<b>99,7</b>	<b>99,6</b>	<b>108,7</b>



Slika 1. Ostvarenje EEB EES SCG

Plan potrošnje domaćih potrošača električne energije je ostvaren sa **99,7 %**, a isporuke električne energije drugim EES izvan SCG je iznosio **391,2 %** od plana, tako da je ukupan plasman iznosio **101,7 %** od plana. U tabeli 3. i na slici 2 se vidi kakvo je učešće potrošača električne energije. Vidi se da nam direktni potrošači nisu ispunili plan za **6,5 %** (potrošili su električne energije više nego 2002. godine za **0,2 %**). Distributivna potrošnja je **100,1 %** od plana, i ista ima rast od **3,3 %** u odnosu na 2002. godinu. Gubici električne energije u prenosu su veći od planiranih, za **7,6 %** ali su i u odnosu na 2002. godinu veći za **2,8 %**. Na slici 2, prikazana je prosečna potrošnja električne energije bruto konzuma (bez pumpanja).

Bez upoređivanja sa prethodnom godinom, daju se neki rezultati potrošnje električne energije u 2003. godini:

**a.) U EPS-u:**

– najveća mesečna potrošnja je bila u **januaru** 2003. godine i iznosila je **3 741,2 GWh**, bez pumpanja (najveća u 2002. godini je bila 3 971,5 GWh);

– najveća dnevna potrošnja je bila 13. januara 2003. godine i iznosila je **140,9 GWh**, pri minimalnoj dnevnoj temperaturi tog dana u Beogradu od minus **14,3** stepena Celzijusa (najveća dnevna potrošnja 15. januara u 2002. godini je bila 138,7 GWh, pri temperaturi od minus 4,0 stepena Celzijusa;

Tabela 2.

Elektroenergetski bilans proizvodnje (na pragu elektrana)  
i nabavke električne energije EES SCG

Raspoloživo	Planirano 2004. (GWh)			Ostvareno 2003. (GWh)			Planirano 2004./ Ostvareno 2003. (%)		
	SCG	EPS	EPCG	SCG	EPS	EPCG	(4/1)	(5/2)	(6/3)
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
Proizvodnja HE	12 200	10 460	1 740	10 704,1	9 171,7	1 532,5	114,0	114,0	113,5
Proizvodnja TE	25 556	24 485	1 071	25 392,3	24 318,3	1 073,9	100,6	100,7	99,7
Sopstvena proizvodnja	37 756	34 945	2 811	36 096,3	33 489,9	2 606,3	104,6	104,3	107,9
Među republička razmena		762	1 068		876,6	1 297,1		86,9	82,3
Nabavka od drugih EES izvan SRJ	2 121	680	1 481	4 243,8	2 834,0	1 409,8	50,0	22,6	105,1
<b>Ukupno raspoloživo</b>	<b>39 877</b>	<b>36 347</b>	<b>5 360</b>	<b>40 340,1</b>	<b>37 200,6</b>	<b>5 313,2</b>	<b>98,9</b>	<b>97,7</b>	<b>100,9</b>

(Tabele 2. - nastavak)

Raspoloživo	2002. godina Ostvareno (GWh)			Planirano 2004./ Ostvareno 2002. (%)		
	SRJ	EPS	EPCG	(1/10)	(2/11)	(3/12)
	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)
Proizvodnja HE	11 624,4	10 528,5	1 095,8	105,9	99,3	158,8
Proizvodnja TE	23 324,7		1 099,2	109,6	110,2	97,4
Sopstvena proizvodnja	34 949,1	32 754,0	2 195,0	108,0	106,7	128,1
Među republička razmena		513,7	1 254,7		148,3	85,1
Nabavka od drugih EES izvan SRJ	5 507,9	4 071,9	1 436,0	38,5	15,7	103,1
<b>Ukupno raspoloživo</b>	<b>40 457,0</b>	<b>37 339,6</b>	<b>4 885,8</b>	<b>98,6</b>	<b>97,3</b>	<b>109,7</b>

– najveća srednja satna snaga je bila 13. januara **6 564 GWh** (najveća u 2002. godini je bila 6 406 MW);

– prosečna dnevna potrošnja na godišnjem nivou u 2003. godini, bez energije za pumpanje je iznosila **94,1 GWh** (planirana 94,3 GWh), (prosečna dnevna potrošnja na godišnjem nivou u 2002. godini 91,5 GWh).

Interesantno je pomenuti kako se primena novog Tarifnog sistema EPS-a odrazila na minimalne i maksimalne prosečne snage (bez pumpanja):

– prosečna minimalna snaga bruto konzuma za period I – III je bila **4 098 MW** (bilansom predviđena 3 263 MW);

– prosečna minimalna snaga bruto konzuma za period IV – VI je bila **2 442 MW** (bilansom predviđena 2 365 MW);

– prosečna minimalna snaga bruto konzuma za period VII – IX je bila **2 194 MW** (bilansom predviđena 2 210 MW);

– prosečna minimalna snaga bruto konzuma za period X – XII je bila **3 404 MW** (bilansom predviđena 3 118 MW);

– prosečna minimalna snaga bruto konzuma za period I – XII je bila **3 034 MW** (bilansom predviđena 2 739 MW);

– prosečna maksimalna snaga bruto konzuma za period I – III je bila **5 676 MW** (bilansom predviđena 5 624 MW);

– prosečna maksimalna snaga bruto konzuma za period IV – VI je bila **4 189 MW** (bilansom predviđena 4 038 MW);

Tabela 3.

Ostvarenje bilansa potrošnje i isporuka električne energije EES SCG

Plasman	2003. godina						Ostvareno 2003/ Planirano 2003. (%)		
	Planirano (GWh)			Ostvareno (GWh)					
	SCG	EPS	EPCG	SCG	EPS	EPCG	(4/1)	(5/2)	(6/3)
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
Direktni potrošači	3 406	1 338	2 068	3 185,3	1 160,4	2 024,8	93,5	86,7	97,9
Distribucije (bruto)	33 977	31 800	2 177	33 995,3	31 798,4	2 196,6	100,1	100,0	100,9
Gubici u prenosu	1 443	1 276	167	1 552,8	1 381,0	171,9	107,6	108,2	103,0
Pumpanje PAP Lisine	74	74		91,1	91,1		123,0	123,0	
Pumpanje RHE Bajina Bašta	485	485		440,0	440,0		90,7	90,7	
Sopstvena potrošnja	39 385	34 973	4 412	39 264,3	34 870,9	4 393,4	99,7	99,7	99,6
Među republička razmena		1 065	762		1 297,1	876,6		121,8	115,0
Isporuca drugim EES izvan SRJ	275	254	21	1 075,7	1 032,5	43,2	391,1	406,5	
<b>Ukupan plasman</b>	<b>39 660</b>	<b>32 292</b>	<b>5 195</b>	<b>40 340,0</b>	<b>37 200,6</b>	<b>5 313,2</b>	<b>101,7</b>	<b>102,5</b>	<b>102,3</b>

(Tabele 3. - nastavak)

Plasman	Ostvareno 2002. godina (GWh)			Ostvareno 2003/ Ostvareno 2002. (%)		
	SRJ	EPS	EPCG	(4/10)	(5/11)	(6/12)
	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)
Direktni potrošači	3 180,0	1 181,3	1 998,6	102,0	98,2	101,3
Distribucije (bruto)	32 921,4	30 844,3	2 077,1	103,3	103,1	105,8
Gubici u prenosu	1 510,3	1 355,2	155,1	102,8	101,9	110,8
Pumpanje PAP Lisine	93,6	93,6		97,2	97,2	
Pumpanje RHE Bajina Bašta	937,5	937,5		46,9	46,9	
Sopstvena potrošnja	38 642,8	34 412,0	4 230,8	101,6	101,3	103,8
Među republička razmena		1 254,7	513,7		103,4	170,6
Isporuca drugim EES izvan SRJ	1 814,2	1 673,0	141,2	59,3	61,7	30,6
<b>Ukupan plasman</b>	<b>40 457,0</b>	<b>37 339,6</b>	<b>4 885,8</b>	<b>99,7</b>	<b>99,6</b>	<b>108,7</b>

Tabela 4.

Elektroenergetski bilans potrošnje  
i isporuke električne energije u EES SCG

Plasman	Planirano 2003.			Ostvareno 2003.			Planirano 2003./ Ostvareno 2003.		
	(GWh)			(GWh)			(%)		
	SCG	EPS	EPCG	SCG	EPS	EPCG	(1/4)	(2/5)	(3/6)
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
Direktni potrošači	3 440	1 375	2 065	3 185,3	1 160,4	2 024,8	108,0	118,5	102,0
Distribucije (bruto)	34 142	31 780	2 362	33 995,1	31 798,4	2 196,6	100,4	99,9	107,5
Gubici u prenosu	1 596	1 425	171	1 552,9	1 381,0	171,9	102,8	103,2	99,5
Pumpanje PAP Lisine	74	74		91,1	91,1			81,3	
Pumpanje RHE Bajina Bašta	390	390		440,0	440,0			88,6	
Sopstvena potrošnja	39 642	35 044	4 598	39 264,3	34 870,9	4 393,4	101,0	100,5	104,7
Među republička razmena		1 068	762		1 297,1	876,6		121,8	58,7
Isporuka drugim EES izvan SCG	235	235	0	1 075,7	1 032,5	43,2	21,8	22,8	0,0
<b>Ukupan plasman</b>	<b>39 877</b>	<b>36 347</b>	<b>5 360</b>	<b>40 340,0</b>	<b>37 200,6</b>	<b>5 313,2</b>	<b>98,9</b>	<b>97,7</b>	<b>100,9</b>

(Tabele 4. - nastavak)

Plasman	2002. godina Ostvareno (GWh)			Planirano 2004./ Ostvareno 2002. (%)		
	SRJ	EPS	EPCG	(1/10)	(2/11)	(3/12)
	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)
Direktni potrošači	3 180,0	1 181,3	1 998,6	108,2	116,4	103,3
Distribucije (bruto)	32 921,4	30 844,3	2 077,1	103,7	103,0	113,7
Gubici u prenosu	1 510,3	1 355,2	155,1	105,7	105,1	110,2
Pumpanje PAP Lisine	93,6	93,6		79,0	79,0	
Pumpanje RHE Bajina Bašta	937,5	937,5		41,6	41,6	
Sopstvena potrošnja	38 642,8	34 412,0	4 230,8	102,6	101,8	108,7
Među republička razmena		1 254,7	513,7		85,1	148,3
Isporuka drugim EES izvan SRJ (SCG)	1 814,2	1 673,0	141,2	13,0	14,0	0,0
<b>Ukupan plasman</b>	<b>40 457,0</b>	<b>37 339,6</b>	<b>4 885,8</b>	<b>98,6</b>	<b>97,3</b>	<b>109,7</b>

Slika 3. Mesečni proizvodnje i bruto konzum u SCG

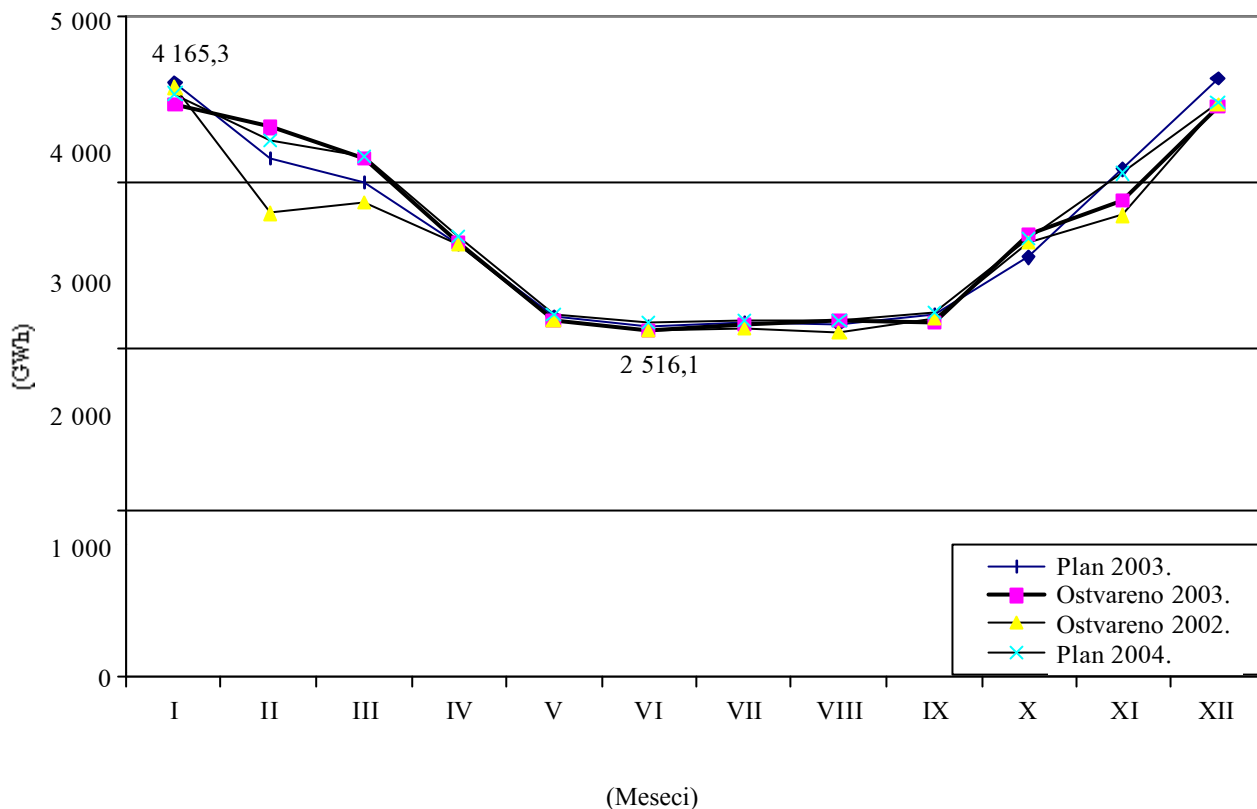
- prosečna maksimalna snaga bruto konzuma za period VII – IX je bila **3 900 MW** (bilansom predviđena 3 761 MW);

- prosečna maksimalna snaga bruto konzuma za period X – XII je bila **5 238 MW** (bilansom predviđena 5 382 MW);

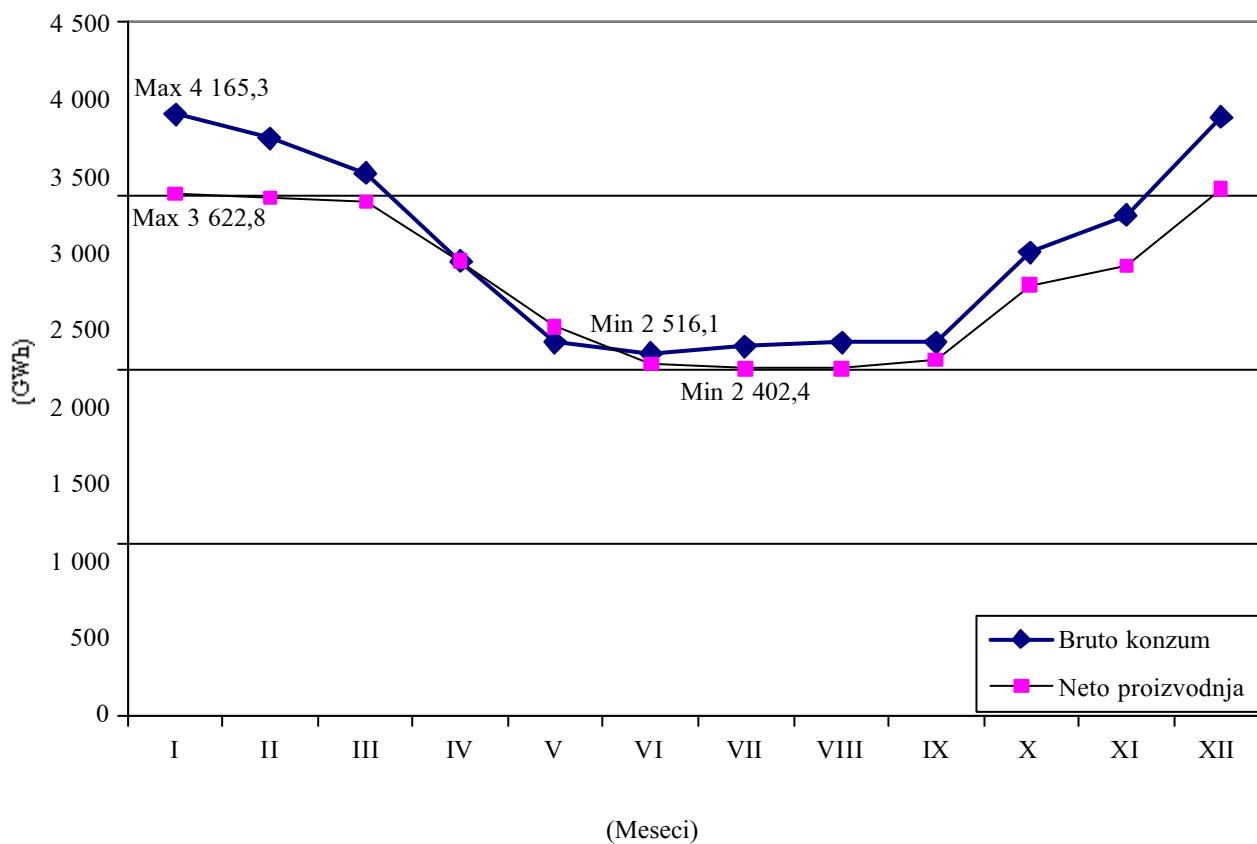
- prosečna maksimalna snaga bruto konzuma za period I – XII je bila **4 751 MW** (bilansom predviđena 4 701 MW).

Kao što se vidi iz gornjih podataka, i dalje su pozitivni efekti Tarifnog sistema, odnosno „peglanje”, dnevnog dijagrama opterećenja.

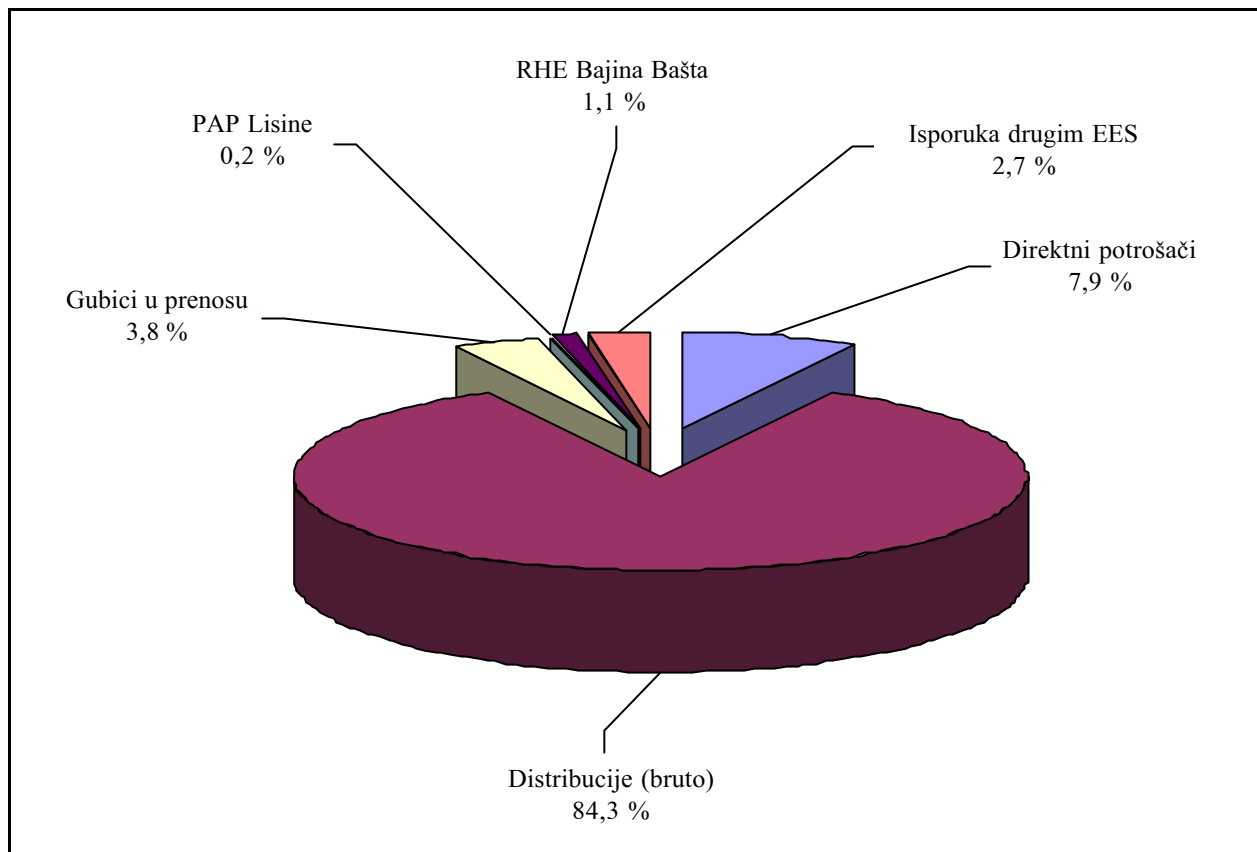




Slika 2. Mesečni bruto konzum EES SCG



Slika 3. Mesečne proizvodnje i bruto konzum u SCG



Slika 4. Učešće potrošača električne energije u ukupnom plasmanu električne energije u EES SCG u 2003. godini

No, i pored toga, u pojedinim trenucima zimskih opterećenja nedostajalo je cca 900 MW snage, a u proseku leti do 2, a zimi i do 20 GWh električne energije dnevno.

#### b.) U EPCG:

– najveća mesečna bruto potrošnja je bila u decembru 2003. godine i iznosila je **431,5 GWh** (najveća mesečna bruto potrošnja u 2002. godini je bila 427,7 GWh);

– najveća dnevna potrošnja je bila 9. februara 2003. godine i iznosila je **15,4 GWh** (najveća dnevna potrošnja u 2002. godini je bila 14,7 GWh);

– najveća srednja satna snaga je bila 9. februara **732 MW** u 19 časova (najveća srednja satna snaga u 2002. godini je bila 705 MW) i

– prosečna dnevna potrošnja na godišnjem nivou u 2003. godini je iznosila **11,9 GWh** (planirana 12,1 GWh dok je u 2002. godini ostvarena prosečna dnevna potrošnja bila 11,6 GWh).

Tabela 5.

#### Razmena električne energije između republičkih elektroprivreda

Razmena električne energije između EPS-a i EPCG	Plan za 2003. (GWh)	Ostvareno u 2003. (GWh)	Ostvareno u 2003/ Plan u 2003. (%)	Ostvareno u 2002. (GWh)	Ostvareno 03/02 (%)	Plan za 2004. (GWh)	Plan za 04./03. (%)
EPS isporučio EPCG	1 065	1 297,1	121,8	1 254,7	103,4	1 068	82,3
EPCG isporučio EPS-u	762	876,6	115,0	513,7	170,6	762	86,9

Napomena: pomenutim ugovorom je definisan odnos, između vršne energije koju EPCG isporučuje EPS-u i energije u bandu koju isporučuje EPS EPCG u : 1,415 : 1.

#### 4. MEĐUSOBNA RAZMENA ELEKTRIČNE ENERGIJE DVE ELEKTROPRIVREDE

Razmena električne energije između dva sistema u 2003. godini je na visokom nivou.

EPS je tokom prošle godine EPCG isporučio električne energije **1 297,1 GWh** ili **121,8 %** od plana, što je u odnosu na isporučenu električnu energiju u 2002. godini za 3,4 % više (tabela 3 i slika 4).

EPCG je tokom 2003. godine EPS-u isporučio električne energije **876,6 GWh** ili **115,0 %** plana, što je u odnosu na 2002. godinu više 70,6 %.

#### 5. RAZMJENA ELEKTRIČNE ENERGIJE SA EES IZVAN SCG

Elektroprivredna preduzeća koja sačinjavaju EES SCG, su tokom 2003. godine isporučila električne energije **1 075,7 GWh**, (2002. godine 1 814,2 GWh) dok su u trenucima potreba, pretežno u zimskim mesecima, nabavila električne energije **4 243,8 GWh** (2002. godine 5 507,9 GWh). Tabele 1 i 3, prikazuju podatke o toj isporuci i nabavci. Kada se analiziraju ti podaci u odnosu na bilans u 2003. godini, onda su odnosi sledeći:

– nabavka električne energije u 2003. godini bila je veća od plana za **65,5 %**, odnosno za 23,0 % manja od nabavke električne energije u 2002. godini,

– isporuka električne energije (što je pretežno vraćanje električne energije zadužene ranijih godina) je bila za **291,2 %** veća od plana, a manja nego 2002. godine za 40,7 %.

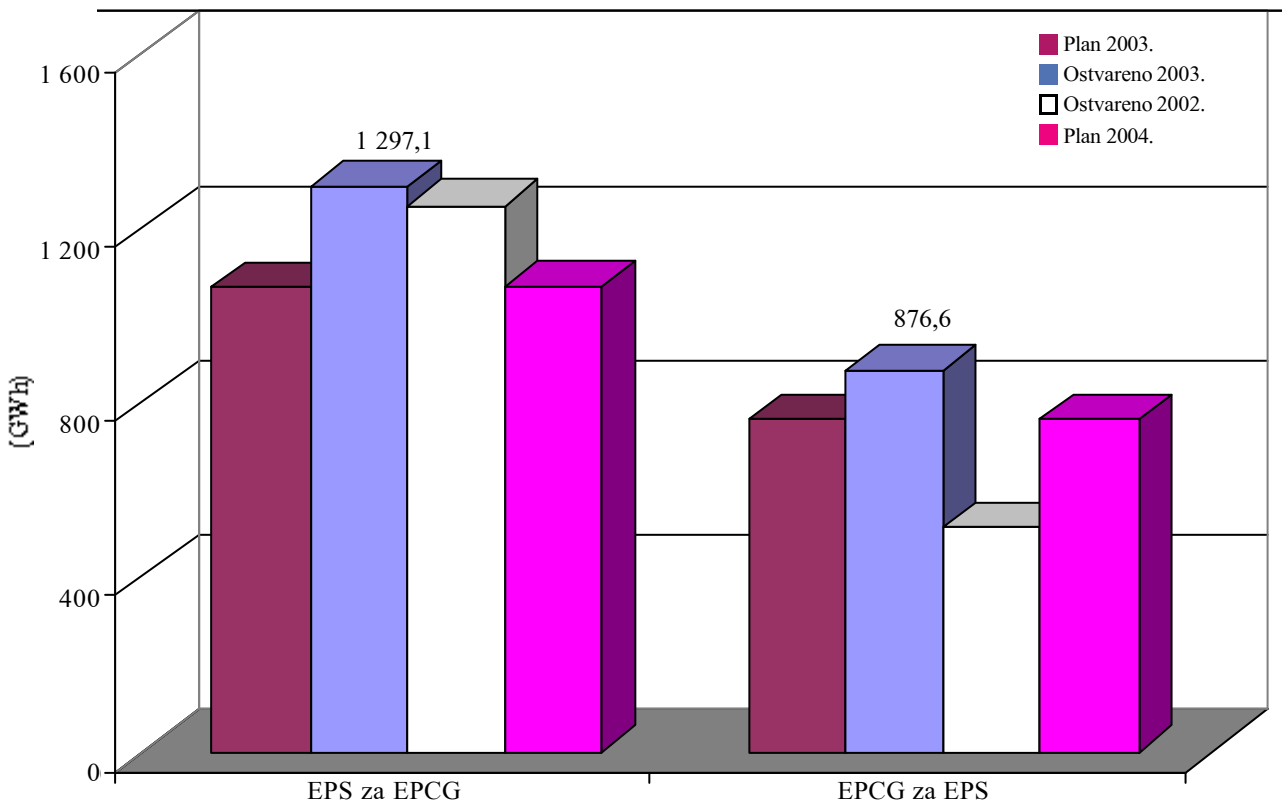
Glavni deo isporuka električne energije je ostvario EPS (**96,0 %** od ukupne isporuke električne energije), dok je kod uvoza električne energije EPCG uvezla električne energije **33,2 %** (od ukupnog uvoza SCG).

Na slikama 6 i 7 prikazano je kako se kretala (mesečno) isporuka i nabavka električne energije EES SCG tokom 2003. godine.

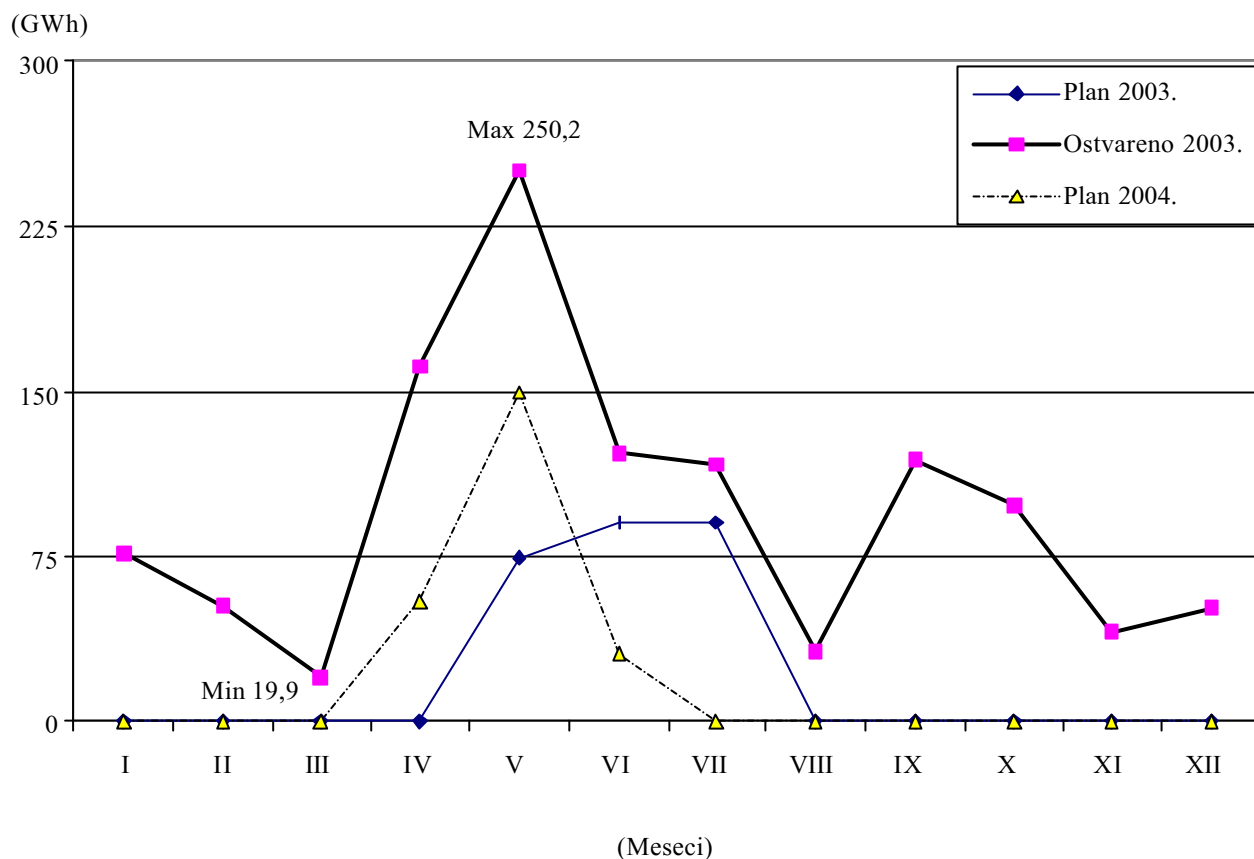
#### 6. STANJE AKUMULACIJA

U tabeli 6 i pripadajućem dijagramu na slici 8 prikazano je stanje akumulacija u EES SCG tokom 2003. godine, sa poređenjem u odnosu na 2002. i plan za 2004. godinu.

Stanje je bilo tako da je 31.12.2003. godine dočekan sa **84,1 %** plana akumulacija (zbirnog plana republičkih bilansa), i to je **62,5 %** maksimalno mogućih akumulacija EES SCG.



Slika 5. Razmena električne energije između dve elektroprivrede



Slika 6. Isporuka električne energije EES SCG drugim EES sistemima

Tabela 6.

Stanje akumulacija za HE

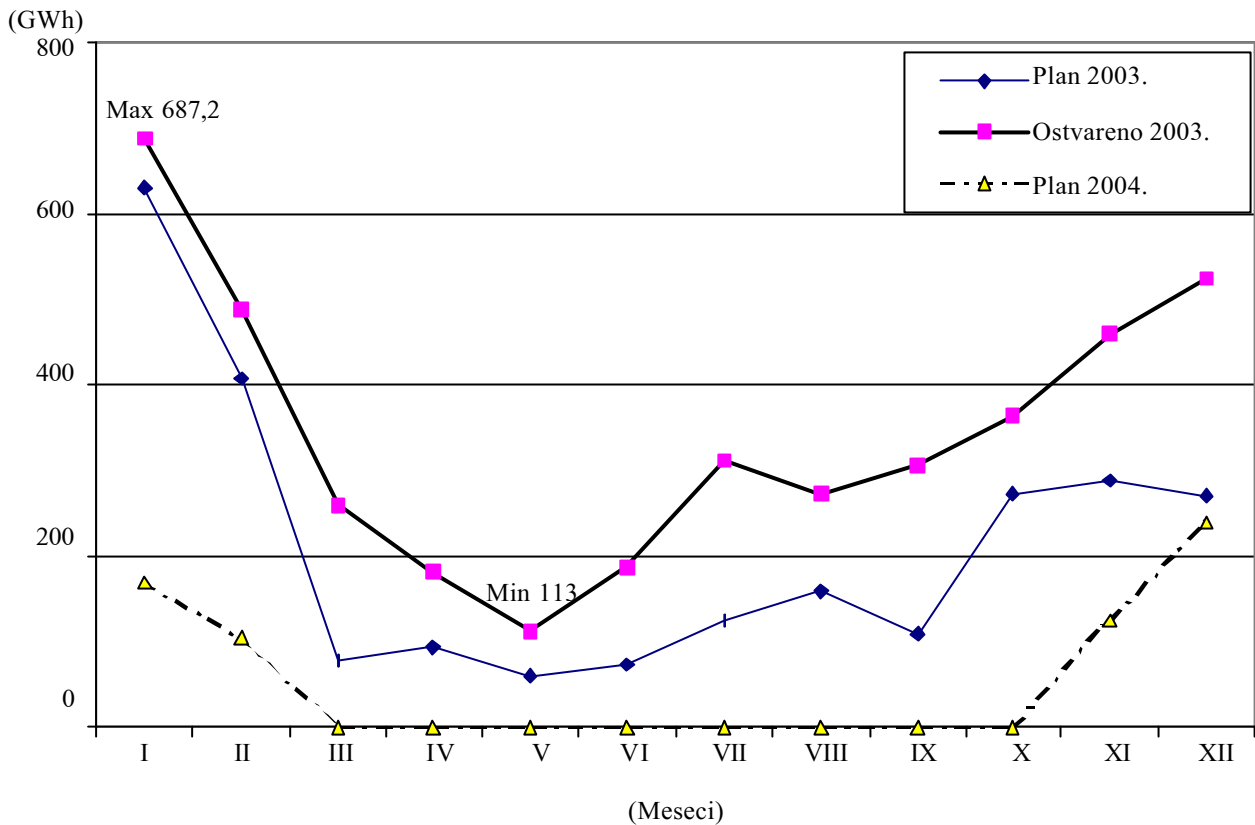
Akumulacije	01. I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	31.XII
Plan 2003. (GWh)	1 146	964	843	954	1 084	1 264	1 317	1 299	1 306	1 275	1 248	1 263	1 174
Ostvareno 2003. (GWh)	1 341,8	1 397,9	1 051,5	888,6	1 004,4	1 053,2	929,1	833,7	713,2	708,5	756,9	1 015,5	987,4
Ostvareno 2003/Planirano 2003. (%)	117,1	145,0	124,7	93,1	92,7	83,3	70,5	64,2	54,6	55,6	60,6	80,4	84,1
Ostvareno 2002. (GWh)	361,7	347,5	529,8	692,7	967,9	1 098,5	1 089,3	1 063,3	1 115,0	1 225,7	1 332,7	1 352,6	1 338,9
Ostvareno 2003/Ostvareno 2002. (%)	371,0	402,3	198,5	128,3	103,8	95,9	85,3	78,4	64,0	57,8	56,8	75,1	73,7
Ostvareno 2003/Maksimum (%)	84,9	88,4	66,5	56,2	63,5	66,6	58,8	52,7	45,1	44,8	47,9	64,3	62,5
Plan 2004. (GWh)	739	590	474	635	877	1 156	1 271	1 292	1 274	1 185	975	950	897
Planirano 2004/Ostvareno 2003. (%)	55,1	42,2	45,1	71,5	87,3	109,8	136,8	155,0	178,6	167,3	128,8	93,5	90,8
Planirano 2004/Maksimum (%)	46,8	37,3	30,0	40,2	55,5	73,1	80,4	81,7	80,6	75,0	61,7	60,1	56,8

Napomena:

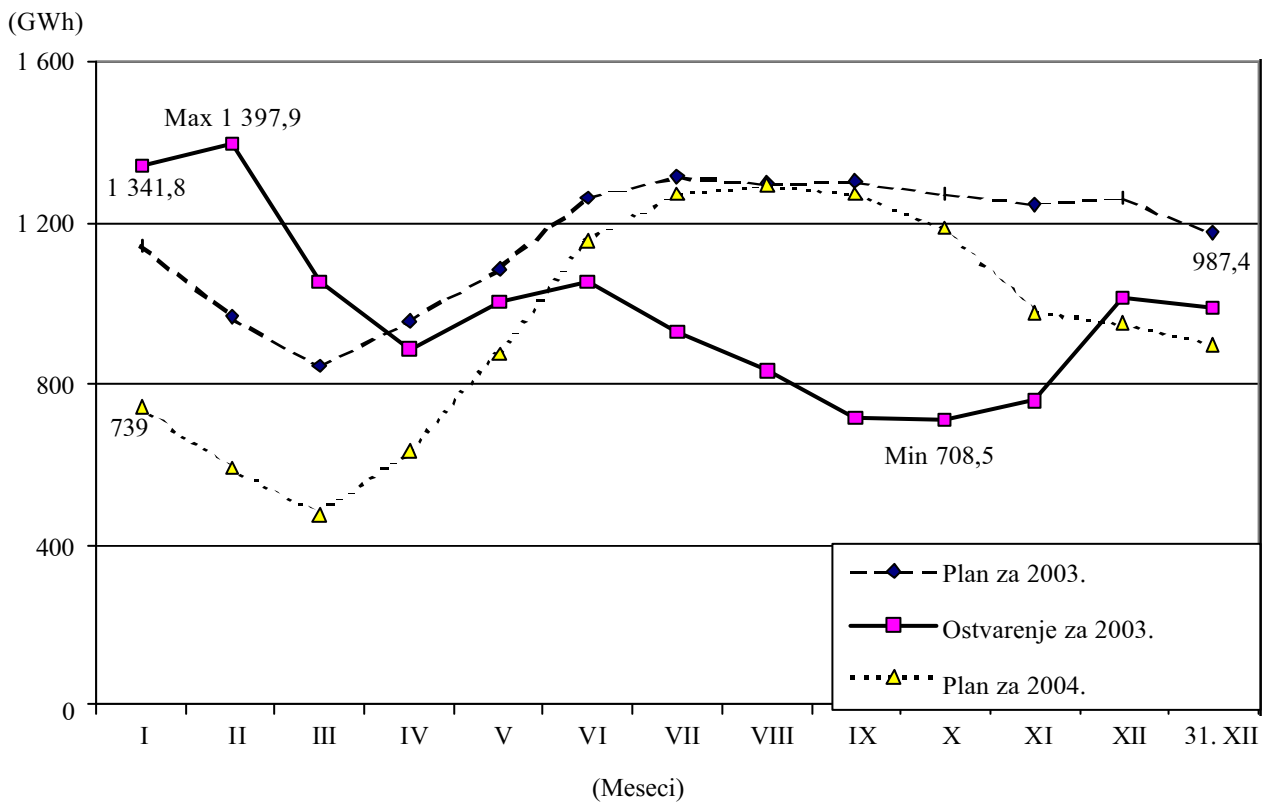
Maksimalne akumulacije EPS-a sa uticajem Uvca iznose: 995,6 GWh.

Maksimalne akumulacije EPCG sa Pivom iznose: 585,0 GWh.

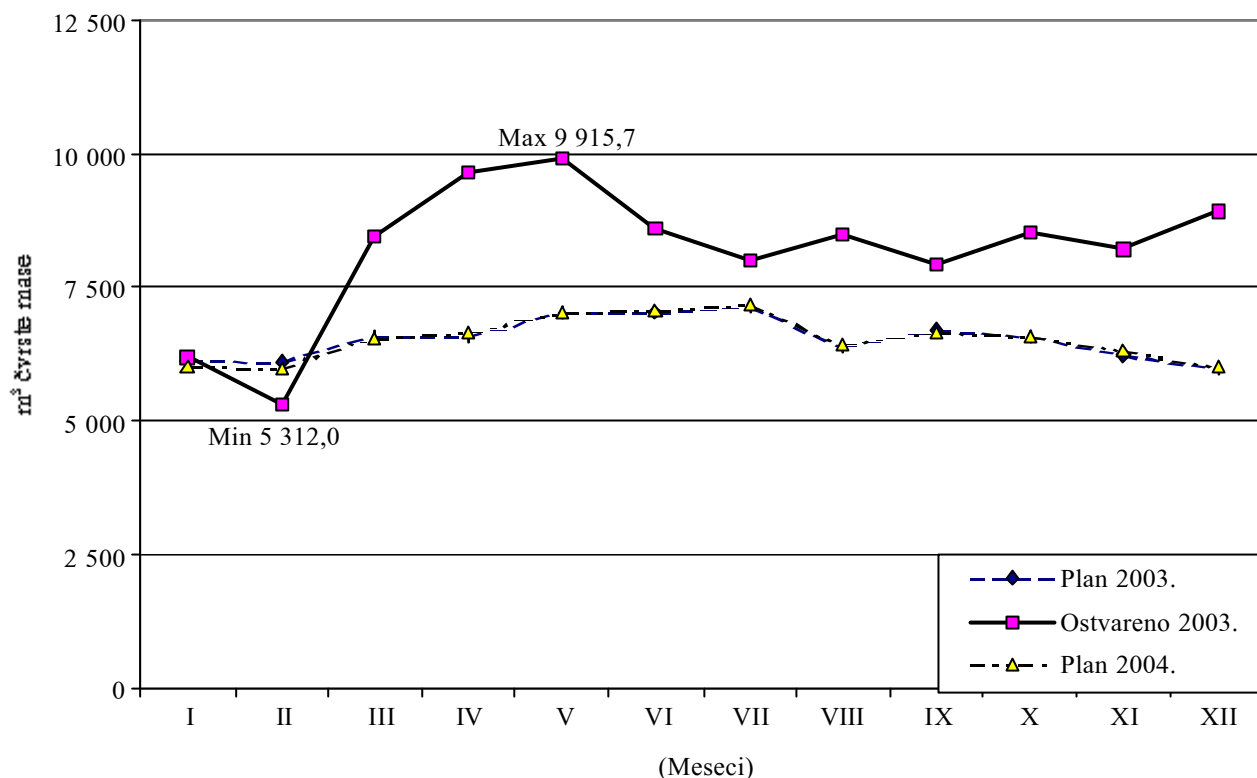
Maksimalne akumulacije SRJ sa uticajem Uvca iznose: 1 580,6 GWh.



Slika 7. Nabavka EES SCG (plan SCG kao zbir planova elektroprivreda)



Slika 8. Akumulacije za HE EES SCG



Slika 9. Mesečne otkrivke uglja u SCG

Tabela 7.

### Otkrivka uglja u republikama Srbiji i Crnoj Gori

Otkrivka	Plan 2003. (m <sup>3</sup> čvrste mase)	Ostvareno 2003. (m <sup>3</sup> čvrste mase)	Ostvareno 2003/ Planirano 2002. (%)	Ostvareno 2002. (m <sup>3</sup> čvrste mase)	Ostvareno 2003/ Ostvareno 2002. (%)	Plan 2004. (m <sup>3</sup> čvrste mase)	Planirano 2004/ Ostvareno 2002. (%)
Otkrivka u rudnicima EPS-a	72 700	93 699,2	128,9	78 780,5	118,9	72 700	76,7
Otkrivka u rudniku „Pljevlja”	5 800	4 579,7	79,0	3 546,5	129,1	5 800	126,6
<b>Ukupna otkrivka uglja u SCG</b>	<b>78 500</b>	<b>98 278,9</b>	<b>125,2</b>	<b>82 327,0</b>	<b>119,4</b>	<b>78 500</b>	<b>79,9</b>

Napomena: Podaci za EPS su bez Kosova i Metohije

## 7. OTKRIVKA UGLJA

Pošto od veličine otkrivke uglja zavisi proizvodnja uglja, a samim tim i popunjenost deponija uglja i rad TE, to će se u ovom poglavlju kao i na slici 9 i u tabeli 7 dati i ova problematika, jer njena uspešnost itekako utiče na ostale rezultate ostvarenja EB zemlje.

Na nivou zemlje otkrivka uglja, kao prost zbir otkrivki uglja u Republikama, ostvarena sa **125,2 %** plana (sa isključenjem podataka za plan i proizvodnju na Kosovu i Metohiji, koji nam nisu dostupni).

Ostvarenje plana otkrivke uglja u EPS-u u 2003. godini (bez podataka za plan i proizvodnju na Kosovu i Metohiji) je iznosilo **128,9 %** i veća je od ostvarene u 2002. godini **18,9 %**. Plan otkrivke uglja u 2004. godini predviđa smanjenje iste u odnosu na ostvarenu u 2003. godini za cca **22,4 %** (samo uzimanje u obzir otkrivke u Kolubari i Kostolcu).

Otkrivka uglja u RCG u 2003. godini je iznosila **79,0 %** od plana. Ista je veća u odnosu na ostvareno u 2002. godini 29,1 %, a planom za 2004. godinu predviđeno je da bude veća nego ostvarena u 2003. godini za 26,6 %.

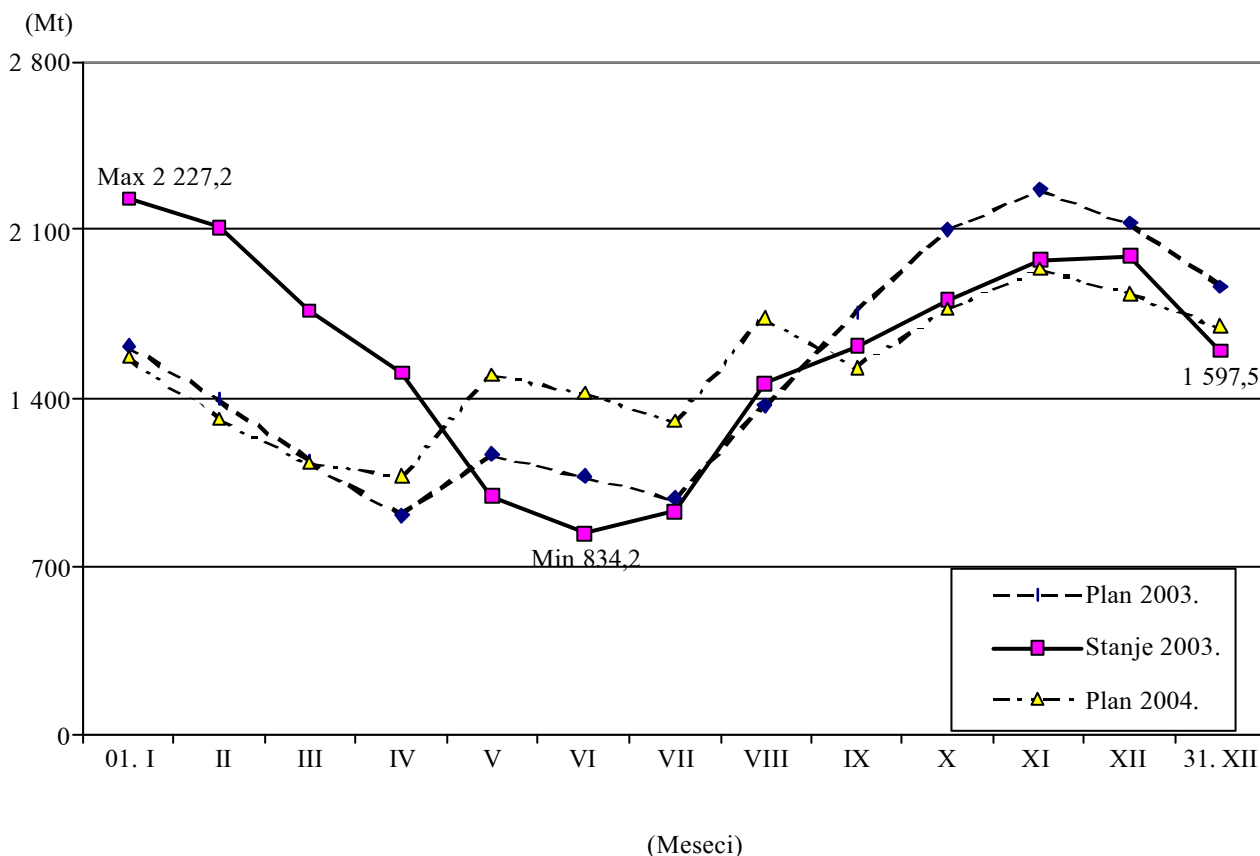
Tabela 8.

## Deponije uglja TE u SCG bez TE na Kosovu i Metohiji

Mt

		01. I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	01. XII	31. XII
Plan 2003.	(Mt)	1 620	1 399	1 142	910	1 170	1 070	982	1 372	1 753	2 101	2 272	2 132	1 861
Stanje 2003.	(Mt)	2 227,2	2 108,2	1 763,3	1 504,8	987,1	834,2	931,6	1 461,8	1 617,5	1 804,6	1 977,9	2 004,4	1 597,5
Stanje 2003/Plan 2003.	(%)	137,5	150,7	154,4	165,4	84,4	78,0	94,9	106,5	92,3	85,9	87,1	94,0	85,8
Stanje 2002.	(Mt)	1 034,0	969,0	1 075,0	1 253,6	1 387,5	1 117,6	1 160,3	1 399,5	1 658,7	1 672,1	2 206,9	2 410,6	2 162,5
Stanje 2003/Stanje 2002.	(%)	215,4	217,6	164,0	120,0	71,1	74,6	80,3	104,5	97,5	107,9	89,6	83,1	73,9
Stanje 2003/Maksimum	(%)	96,0	90,9	76,0	64,9	42,5	36,0	40,2	63,0	69,7	77,8	85,3	86,4	68,92
Plan 2004.	(Mt)	1 570	1 315	1 130	1 070	1 500	1 423	1 303	1 733	1 521	1 770	1 940	1 840	1 700
Plan 2004/Stanje 2003.	(%)	70,5	62,4	64,1	71,1	152,0	170,6	139,9	118,5	94,0	98,1	98,1	91,8	106,4
Plan 2004/Maksimum	(%)	67,7	56,7	48,7	46,1	64,7	61,3	56,2	74,7	65,6	76,3	83,6	79,3	73,3

Napomena: Deponije u EPS-u su bez deponija za Kosovo i Metohiju (max 2 160 Mt) EPCG (max 160 Mt)



Slika 10. Deponije uglja za TE EES SCG

## 8. DEPONIJE UGLJA ZA TE

U energetske bilansima Republika, plan deponija uglja za TE je iznosio kao što je to prikazano u tabeli 8.

Iz date tabele 8 i slike 10 može se videti mesečno stanje deponija uglja za TE tokom 2003. godine, kao i stanje u 2002. godini i plan za 2004. godinu. Takođe tabela 8 daje odnose stanja deponija u odnosu na 2002. godinu, kao i plan deponija za 2004. godinu.

## 9. ZAKLJUČAK

Kada se analiziraju proizvodnja i potrošnja električne energije u 2003. godini, kao i ostali aspekti vezani za tu vrstu problematike, može se konstatovati sledeće:

– kao posledica kvalitetnijih remonata i održavanja, evidentni su i bolji rezultati u radu i proizvodnji čitavog EES;

– zahvaljujući primeni novog tarifnog sistema (u EPS-u), došlo je do smanjenja maksimalnog dnevnog opterećenja u mreži EPS-a, kao i do rasta minimalnog dnevnog opterećenja, što dovodi do nešto ravnomernijeg dnevnog dijagrama opterećenja na nivou SCG;

– delimično se popravlja i tehnička efikasnost izvora električne energije;

— potrebno je stvoriti uslove za što racionalnije korišćenje električne energije;

– potrebno je nastaviti sa intenzivnim ulaganjem u remonte na svim nivoima, pripremom revitalizacije, kao i novim investicijama;

– potrebno je što pre ostvariti povezivanje sa prvom sinhronom zonom UCTE.

**Generalna napomena čitaocima: ukoliko bi čitalac proveravao zbirne u tabelama, našao bi mala neslaganja, što je posledica zaokruživanja na jednu decimalu, jer su podaci dati, recimo u kWh,**

**a u tabelama su prikazivani u GWh, pa otuda i razlika. Isto važi i kada su procenti (%) u pitanju.**

## 11. LITERATURA

- [1] UGOVOR O DUGOROČNOJ POSLOVNO–TEHNIČKOJ SARADNJI, mart 1991. godine.
- [2] EEB REPUBLIKE SRBIJE (aktuelizovani) U 2002, 2003. i 2004. GODINI.
- [3] EB REPUBLIKE CRNE GORE U 2002, 2003. i 2004. GODINI.
- [4] KOMERCIJALNI PODACI EPS-a O OSTVARENJU EEB u 2003, Beograd, 22. 01. 2004. godine.
- [5] IZVEŠTAJ O PROIZVODNJI I PROMETU ELEKTRIČNE ENERGIJE EPCG u 2003, Podgorica 3 001/76 od 28. 01. 2004. godine.
- [6] IZVEŠTAJ EPS-a O OSTVARENJU PROIZVODNJE UGLJA, Beograd, br. 316, 15. 02. 2004. godine.
- [7] IZVEŠTAJ RUDNIKA UGLJA PLJEVLJA O OSTVARENJU PROIZVODNJE UGLJA, Pljevlja, januar 2004. godine.
- [8] ELEKTROPRIVREDA SRBIJE 2002. GODINA, Beograd, 2003. godine.
- [9] ELEKTROPRIVREDA CRNE GORE 2002. GODINA, Nikšić, 2003. godine.
- [10] ELEKTROPRIVREDA SRBIJE 2003. GODINA, Beograd, 2004. godine.

Rad je primljen u uredništvo 27. 01. 2004. godine



**Branislav A. Bošković** je rođen 1946. godine u Kolašinu. Srednju tehničku školu i prvi stepen elektrotehničkog fakulteta završio u Titogradu (danas Podgorica), a drugi stepen u Beogradu. Po završetku studija, radio u „Minelu” i „Elektronu”, kao i za strane kompanije, na izgradnji elektroenergetskih i industrijskih postrojenja u zemlji i inostranstvu. Od 1996. godine zaposlen u Zajednici jugoslovenske elektroprivrede. Oblast rada u ZJE je bio EEB SRJ.



## Doktori nauka koji su doktorirali iz oblasti energetike u periodu 2001–2003. godine

Redni broj	Ime i prezime	Naslov disertacije Ime i prezime mentora i datum odbrane
<i>Doktori nauka koji su doktorirali iz oblasti energetike na Elektrotehničkom fakultetu u Beogradu u periodu 2001–2003. godine</i>		
1.	<b>Dr Veran Vasić</b>	„Upravljanje električnim pogonom sa asinhronim motorom bez davača brzine”. <i>Prof. dr Slobodan Vukosavić, 13. mart 2001. godine</i>
2.	<b>Dr Dragutin Kostić</b>	„Novi metod optimizacije rada energetskih invertora sa širinsko impulsnom modulacijom”. <i>Prof. dr Zoran Stojiljković, 5. jul 2001. godine</i>
3.	<b>Dr Goran Švenda</b>	„Modelovanje sistema uzemljenja električnih mreža i postrojenja u faznim koordinatama”. <i>Prof. dr Jovan Nahman, 27. decembar 2001. godine</i>
4.	<b>Dr Miladin Gavrić</b>	„Metoda za određivanje parametara atmosferskih električnih pražnjenja”. <i>Prof. dr Milan S. Savić, 7. decembar 2002. godine</i>
5.	<b>Dr Kosta Zorić</b>	„Detekcija jednofaznih kvarova sa električnim lukom na dalekovodima”. <i>Prof. dr Milenko Đurić, 14. jun 2002. godine</i>
6.	<b>Dr Miladin Tanasković</b>	„Proračun temperaturnog polja kod energetskih kablova položenih u zemlju metodom konačnih elemenata”. <i>Prof. dr Jovan Nahman, 26. mart 2003. godine</i>
7.	<b>Dr Ivica Paunović</b>	„Analiza uticaja nehomogenosti sredine na karakteristike uzemljivačkih sistema elektroenergetskih postrojenja i uslove bezbednosti”. <i>Prof. dr Jovan Nahman, 15. maj 2003. godine</i>

Redni broj	Ime i prezime	Naslov disertacije Ime i prezime mentora i datum odbrane
<b>Doktori nauka koji su doktorirali iz oblasti energetike na Mašinskom fakultetu u Podgorici u periodu 2001–2003. godine</b>		
1.	<b>Dr Igor Vušanović</b>	„Analiza fenomena faznog prelaza u višekomponentnim sistemima sa aspekta tehničke primjene”. Prof. dr Dimitrije Voronjec, 11. mart 2002. godine

<b>Doktori nauka koji su doktorirali iz oblasti energetike na Ekonomskom fakultetu u Beogradu u periodu 2001–2003. godine</b>		
1.	<b>Dr Zorana Mihajlović</b>	„Energetika i privredni razvoj-analiza međuzavisnosti na primeru Srbije i zemalja Evropske unije”. Prof. dr Milenko Nikolić, 24. oktobar 2003. godine

<b>Doktori nauka koji su doktorirali iz oblasti energetike na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu u periodu 2001–2003. godine</b>		
1.	<b>Dr Dušan Graovac</b>	„Univerzalni sistem za konekciju kvaliteta električne energije”. Prof. dr Vladimir Katić, 13. april 2001. godine
2.	<b>Dr Nenad Katić</b>	„Optimalna konfiguracija i optička regulacija napona distributivnih mreža i njihova koordinacija u deregulisanoj elektroprivredi”. Prof. dr Vladimir Strezoski, 20. februar 2002. godine

<b>Doktori nauka koji su doktorirali iz oblasti energetike na Fakultetu tehničkih nauka u Prištini u periodu 2001–2003. godine</b>		
1.	<b>Dr Aleksandar Čukarić</b>	„Detekcija kvarova u energetskim transformatorima pomoću zvučnih signala”. Prof. dr Milenko Đurić, 18. oktobar 2002. godine
2.	<b>Dr Dragoljub Marić</b>	„Ispitivanje mogućnosti realizacije sistema relejne zaštite uz pomoć mikroprocesorskih sistema”. Prof. dr Slobodan Bjelić, 18. oktobar 2002. godine

<b>Doktori nauka koji su doktorirali iz oblasti energetike na Tehničkom fakultetu u Zrenjaninu u periodu 2001–2003. godine</b>		
1.	<b>Dr Jasmina Radosavljević</b>	„Matematički model energetski samostalnoindividualnog stambenog solarnog objekta”. Prof. dr Miroslav Lambić, 7. mart 2002. godine
2.	<b>Dr Snežana Dragičević</b>	„Optimizacioni model konstruktivnih radnih parametara masivnog aktivnog solarnog zida sa aspekta veće energetske efikasnosti”. Prof. dr Miroslav Lambić, 20. jun 2003. godine

<b>Doktori nauka koji su doktorirali iz oblasti energetike na Elektronskom fakultetu u Nišu u periodu 2001–2003. godine</b>		
1.	<b>Dr Zoran Stajić</b>	„Teorijska i praktična razmatranja sinhronog pokretanja sinhronih mašina u dvomašinskim i tromašinskim sistemima”. Prof. dr Dragan S. Petrović, 12. oktobar 2001. godine

<b>Doktori nauka koji su doktorirali iz oblasti energetike na Elektrotehničkom fakultetu u Banjaluci u periodu 2001–2003. godine</b>		
1.	<b>Dr Mićo Gaćinović</b>	„Nove mogućnosti pasivne eliminacije statičkogeletriciteta”. Prof. dr Dragutin Veličković, 21. septembar 2002. godine

## Doctors of Science who have received their Doctorate in the field of energy in the period 2001–2003

Ordinal number	Name and surname	Title of dissertation Name and surname of mentor and date of dissertation defense
<i>Doctors of science who have received the doctorate in the energy sector from the Faculty of Electrical Engineering in Belgrade from 2001 to 2003</i>		
1.	<b>Dr. Veran Vasić</b>	„Control of Sensorless AC Drives”, <i>Prof. Dr. Slobodan Vukosavić, 13 March 2001</i>
2.	<b>Dr. Dragutin Kostić</b>	„A Novel Optimal Control of Pulse Width Modulated Power Converters”, <i>Prof. Dr. Zoran Stojiljković, 5 July 2001</i>
3.	<b>Dr. Goran Švenda</b>	„Modelling of Grounding Substation and Substations in Phase Domain”, <i>Prof. Dr. Jovan Nahman, 27 December 2001</i>
4.	<b>Dr. Miladin Gavrić</b>	„Method for Parameters Estimation of Atmospheric Electric Discharges”, <i>Prof. Dr. Milan S. Savić, 7 December 2002</i>
5.	<b>Dr. Kosta Zorić</b>	„Unsymmetrical Arcing Faults Detection on Overhead Lines”, <i>Prof. Dr. Milenko Djurić, 14 June 2002</i>
6.	<b>Dr. Miladin Tanasković</b>	„The Estimation of Temperature Field of Power Cables Buried in Ground Using Finite Element Method”. <i>Prof. Dr. Jovan Nahman, 26 March 2003</i>
7.	<b>Dr. Ivica Paunović</b>	„Soil Non–homogenities Influence on Substation Grounding System Parameters and Safety Conditions Analysis”, <i>Prof. Dr. Jovan Nahman, 15 May 2003</i>

Ordinal number	Name and surname	Title of dissertation Name and surname of mentor and date of dissertation defense
<b><i>Doctors of science who have received the doctorate in the energy sector from the Faculty of Mechanical Engineering in Podgorica from 2001 to 2003</i></b>		
1.	<b>Dr. Igor Vušanović</b>	„Analysis of Phenomenon of Phase Transition in Multi–component Systems from the Aspect of Technical Application”, <i>Prof. Dr. Dimitrije Voronjec</i> , 11 March 2002

<b><i>Doctors of science who have received the doctorate in the energy sector from the Faculty of Economics in Belgrade from 2001 to 2003</i></b>		
1.	<b>Dr. Zorana Mihajlović</b>	„Energy Sector and Economic Development–the Analysis of Correlation Dependence between European Union Countries and Serbia”, <i>Prof. Dr. Milenko Nikolić</i> , 24 October 2003

<b><i>Doctors of science who have received the doctorate in the energy sector from the Faculty of Technical Sciences in Novi Sad from 2001 to 2003</i></b>		
1.	<b>Dr. Dušan Graovac</b>	„Universal system for connection of electric energy quality”, <i>Prof. Dr. Vladimir Katić</i> , 13 April 2001
2.	<b>Dr. Nenad Katić</b>	„Optimal configuration and optimal voltage regulation in distribution networks and their coordination in the deregulated electric power industry”, <i>Prof. Dr. Vladimir Strezoski</i> , 20 February 2002

<b><i>Doctors of science who have received the doctorate in the energy sector from the Faculty of Technical Sciences in Priština from 2001 to 2003</i></b>		
1.	<b>Dr. Aleksandar Čukarić</b>	„Detection of faults in power transformers by means of sound signals”, <i>Prof. Dr. Milenko Đurić</i> , 18 October 2002
2.	<b>Dr. Dragoljub Marić</b>	„Testing of possibilities of implementation of relay protection system by means of microprocessor systems”, <i>Prof. Dr. Slobodan Bjelić</i> , 18 October 2002

<b><i>Doctors of science who have received the doctorate in the energy sector from the Technical faculty "Mihajlo Pupin" in Zrenjanin from 2001 to 2003</i></b>		
1.	<b>Dr. Jasmina Radosavljević</b>	„Mathematical Model of Energy Independent Individual Dwelling Solar Building”, <i>Prof. Dr. Miroslav Lambić</i> , 7 March 2002
2.	<b>Dr. Snežana Dragičević</b>	„Optimization Model of Constructive and Working Parameter for Active Solar Wall with respect to greater energy efficiency”, <i>Prof. Dr. Miroslav Lambić</i> , 20 June 2003

<b><i>Doctors of science who have received the doctorate in the energy sector from the Faculty of Electronics in Niš from 2001 to 2003</i></b>		
1.	<b>Dr. Zoran Stajić</b>	„Theoretical and Experimental Considerations of Synchronous Starting of Synchronous Machines in Two–Machine and Three–Machine Arrangements”, <i>Prof. Dr. Dragan S. Petrović</i> , 12 October 2001

<b><i>Doctors of science who have received the doctorate in the energy sector from the Faculty of Electrical Engineering in Banjaluka from 2001 to 2003</i></b>		
1.	<b>Dr. Mićo Gaćinović</b>	„New possibilities of passive elimination of static electricity”, <i>Prof. Dr. Dragutin Veličković</i> , 21. September 2002