

# METOD ČVORNIH CIJENA: EKONOMSKI DISPEČING SA POŠTOVANJEM OGRANIČENJA PRENOSNE MREŽE

M. Vukasović\*, C. Todem, H. Wornig

VERBUND APG (AUSTRIAN POWER GRID) AG

BEČ

AUSTRIJA

**Kratak sadržaj:** Sa postepenim otvaranjem tržišta električne energije u Evropi, na značaju sve više dobija proces upravljanja zagušenjima u prenosnoj mreži. Naime, povećanjem prekogranične trgovine električnom energijom i privatizacijom proizvodnih kapaciteta, sve više dolazi do preopterećenja „uskih grla” jedinstvenog prenosnog sistema. U radu su analizirani metodi zonalnih i čvornih cijena koji na efikasan način omogućavaju trgovinu električnom energijom uzimajući pri tome u obzir sigurnost rada prenosne mreže. Osim toga, metod čvornih cijena šalje jasne ekonomske signale vezane za jačanje prenosne mreže operatorima prenosnog sistema, a sa druge strane daje informaciju tržišnim učesnicima o lokaciji novih proizvodnih i potrošačkih objekata.

**Ključne riječi:** čvorne cijene, alokacija, zagušenja, redispečing, kontra-trgovina.

## 1 UVOD

Upravljanje zagušenjima u prenosnoj mreži je veoma složen i kompleksan proces. Postepenim razvojem tržišta električne energije u Evropi razvijaju se i metode koje se primjenjuju za alokaciju prekograničnih prenosnih kapaciteta i otklanjanje zagušenja u realnom vremenu. U početku su preovladavale ne-tržišne metode koje nisu slale cijenovne signale, kako operatorima prenosnih sistema, tako i ostalim tržišnim učesnicima. U Evropi je široko rasprostranjen metod bilateralnih eksplicitnih aukcija za dodjelu prenosnih kapaciteta baziran na unaprijed proračunatoj NTC vrijednosti. Trenutni trend je uvođenje implicitne dodjele prenosnog kapaciteta (dan-unaprijed) kroz proces spajanja tržišta električne energije (tzv. „market coupling”). U radu je dat pregled glavnih karakteristika metoda spajanja / razdvajanja tržišta, a posebna analiza je sprovedena na metodu čvornih cijena (koji je poznat i pod nazivom - metod marginalnih lokacijskih cijena).

## 2 ZAGUŠENJE U PRENOSNOJ MREŽI

Deregulacijom elektro-energetskog sektora u prvi plan dolazi problem prisustva zagušenja u prenosnoj mreži. Zagušenje se odnosi na prekoračenje termičkog limita elementa prenosne

---

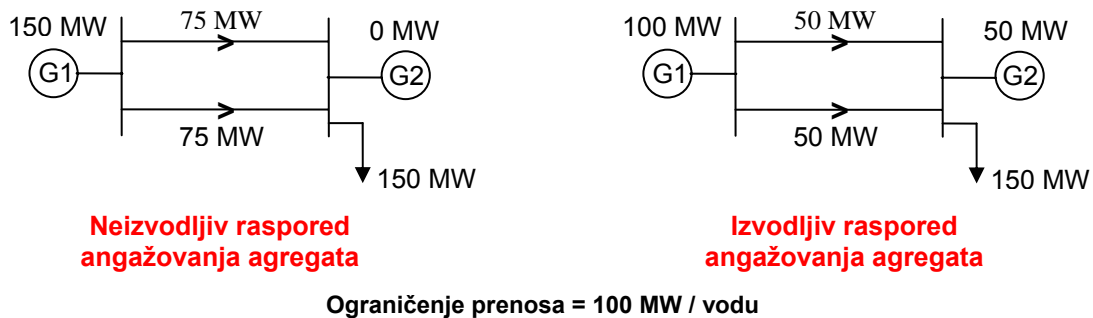
\* Wagramer StraÙe 19, IZD-Tower, 1220 Vienna, Austria, [Milan.Vukasovic@verbund.at](mailto:Milan.Vukasovic@verbund.at)

mreže i može biti otklonjeno ili tokom samog procesa alokacije (dodjele) prenosnih kapaciteta (ex-ante) ili redispečingom proizvodnih/potrošačkih kapaciteta – tj. promjenom planiranog načina njihovog angažovanja (ex-post). Specijalan vid prekograničnog (koordinisanog) redispečinga je kontra-trgovina u koju su obično uključena tržišta dan-unaprijed sa jedne i druge strane granice. Ovaj metod ima ipak manju efikasnost od redispečinga jer same lokacije elektrana/kvalifikovanih potrošača sa jedne i druge strane granice nisu unaprijed poznate (zonalni pristup).

U tradicionalnoj organizaciji elektroenergetskog sektora, vertikalno integrisana elektroprivredna kompanija vrši redispečing jednog ili više najjeftinijih proizvodnih kapaciteta i na taj način rješava preopterećenja u prenosnoj mreži. U tržišnom okruženju, proizvodnja i prenos su dva zasebna entiteta. Učesnici na tržištu su dužni da plate operatoru prenosa određeni dio svog profita u slučaju da njihove transakcije prilikom alokacione procedure dovedu do zagušenja u prenosnoj mreži. Ovaj fond može biti iskorišten na dva načina (zavisno od trenutne regulative unutar svake države ili međusobnog dogovora državnih regulatornih agencija):

- (a) za kratkotrajne pozitivne svrhe, tj. smanjenje tarifa za pristup prenosnom sistemu unutar svake zone (i na taj način dodatno povećanje društvene dobiti);
- (b) za dugotrajne pozitivne svrhe – tj. jačanje prenosne mreže koje bi omogućilo smanjenje cijena i prenos jeftine energije do oblasti gdje je cijena energije visoka.

Uslijed prenosa električne energije od proizvođača do potrošača (iz jednog čvora mreže u drugi) preko više paralelnih vodova (električna energija se prenosi preko svih paralelno vezanih vodova u količini koja je obrnuto proporcionalna otpornosti svakog od vodova), određeni elementi prenosne mreže mogu biti preopterećeni prilikom različitih ugovorenih transakcija. Zbog toga je potreban izrazito oprezan i pouzdan sistem prihvatanja transakcija i naplate prenosne rente. Naime, tzv. čvor-čvor (ili zona-zona) energetske transakcije treba prihvatiti na ekonomski efikasan i nedkriminatorsan način vodeći pri tome računa o sigurnosti prenosnog sistema [1]. Upravo zbog toga se i vrše ogromna istraživanja u oblasti otklanjanja zagušenja.



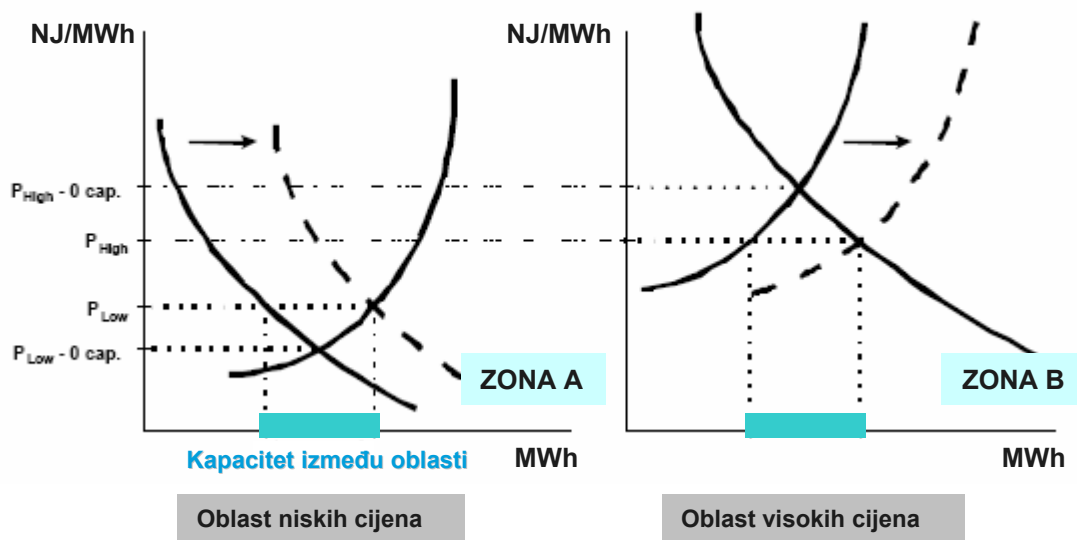
Slika 1: Ilustracija sticanja moći na tržištu prouzrokovana zagušenjem prenosne mreže

Sa ekonomske tačke gledišta, zagušenja u principu dovode do većih krajnjih (marginalnih) troškova i smanjuju društvenu dobit („social welfare“) u modelovanom regionu [2]. U nekim slučajevima, zagušenja predstavljaju podstrek za proizvođače da se oprobaju u sticanju moći na tržištu. Pretpostavimo da imamo prenosni sistem koji povezuje dvije oblasti, i da je na njemu došlo do zagušenja: prenos energije preko svakog voda je sada ograničen termičkim limitom (slika 1), a osim toga mora biti zadovoljen i (n-1) kriterijum sigurnosti. Zahvaljujući zagušenju, zahtjev apsolutno neelastičnog (elastičnost je nula – tj. nije spreman da prilagodi potrošnju u odnosu na marginalnu cijenu) potrošača za energijom, koji je obično napajan od strane jeftinije proizvodne jedinice, u ovom slučaju generatora G1, je pokriven na taj način što je sada generator G1 natjeran da kupi određenu količinu „svoje“ energije od generatora

G2, koji u ovom slučaju teorijski može podići cijenu na maksimalno dozvoljeni nivo (ograničen „cap-om“ - ako postoji unutar tržišnih pravila odobrenih od strane Regulatora). U ovom slučaju za generator G2 se kaže da je stekao neograničenu tržišnu moć. Sa druge strane, lokacija i intenzitet zagušenja u prenosnoj mreži se mijenjaju u toku vremena. Upravo zbog toga, zagušenja imaju i negativan efekt na prekograničnu trgovinu električnom energijom jer je veoma komplikovano za trgovce da osiguraju (pomoću finansijskih instrumenata) svoju poziciju na dan fizičke isporuke električne energije (period može biti i do dvije godine unaprijed) [3].

### 3 METOD RAZDVAJANJA/SPAJANJA TRŽIŠTA (METOD ZONALNIH CIJENA)

Metod razdvajanja/spajanja tržišta je jedan od najefikasnijih načina upravljanja zagušenjima prilikom same alokacione procedure. U praksi se proces određivanja zonalne cijene sastoji od nekoliko koraka i može se opisati primjerom sa dva tržišta (sa posebnim berzama električne energije) koja su povezana „uskim grlom“ (tj. dalekovodima nedovoljnog kapaciteta). Dan prije stvarne isporuke, ponude za proizvodnju i potrošnju (za svaki sat narednog dana) dostavljaju se berzama u odgovarajućim oblastima. Sistemska cijena bi bila određena na presjeku agregiranih krivih zahtjeva za potrošnju i proizvodnju iz obje oblasti. Ta cijena koja se zove uniformna ili sistemska cijena, u stvari predstavlja cijenu koja bi bila ostvarena ako bi bilo moguće zadovoljiti sve zahtjeve vezane za prenos električne energije između područja. Naime, optimizacioni proces se vrši na taj način da se u prvom koraku ne uzimaju u obzir ograničenja prenosne mreže. Aukcijska kuća, kao centralni entitet koji ima podatke o ograničenjima prenosne mreže, provjerava da li će sve dostavljene ponude dovesti do prenosa električne energije između datih oblasti koji je veći od raspoloživog kapaciteta. Ako nema takvih ograničenja, ne dolazi do podjele tržišta na geografske oblasti, i za čitav sistem važi jedinstvena sistemska cijena.



Slika 2: Formiranje cijena električne energije u oblastima visokih i niskih cijena

Kada postoje uska grla između oblasti iz kojih se dostavljaju ponude (tj. zahtjev za prenosom između dva područja prevazilazi fizički kapacitet interkonektivnih dalekovoda), čitav modelovani region se dijeli na oblasti sa različitim cijenama. Nakon ovoga, dolazi do ponovnog postupka određivanja cijene, ali u ovom slučaju posebno za svaku oblast (slika 2). Čitav postupak se naziva metod cijenovnih područja (razdvajanja tržišta). Suprotan proces se zove spajanje tržišta i dovodi do istog krajnjeg rezultata za tržišne učesnike. U oblasti sa viškom proizvodnje (oblast sa suficitom električne energije), cijena energije se dobija pomjeranjem na desno krive zahtjeva za potrošnju za količinu jednaku kapacitetu interkonektivne prenosne veze; u oblasti sa manjkom proizvodnje (deficitarna oblast), cijena

energije se dobija pomjeranjem na desno krive ponuda za proizvodnju za isti iznos. Zbog toga će cijena u jednoj oblasti biti veća od cijene u drugoj, pa će energija biti kupovana u oblasti sa nižom cijenom i prodavana u području sa višom cijenom. Povećani „zahtjevi“ za energijom u oblasti sa nižom cijenom dovode do povećanja cijene u toj oblasti, dok cijena energije u oblasti sa većom potražnjom pada, jer se povećava iznos raspoložive energije koja je u ovom slučaju obezbjeđena iz oblasti A. Količina kupljene i prodane energije između dvije zone (oblasti) se povećava dok se ne dostigne maksimalni raspoloživi kapacitet interkonektivne veze između oblasti A i B. Ako je kapacitet dalekovoda dovoljan da zadovolji sve zahtjeve za prenosom energije, cijene u oblastima će se izjednačiti, tj. postojaće samo jedna - tzv. sistemska cijena.

Sa stanovišta ekonomije, cijena energije u suficitarnoj oblasti je određena na način da bi to trebalo dovesti do stimulacije dodatne potražnje u količini jednakoj ograničenjima prenosnog voda. Sa druge strane, u deficitarnoj oblasti, cijena energije je određena na taj način da su proizvođači ohrabreni da obezbjede dodatnu količinu energije jednaku kapacitetu voda. Metoda osim što omogućava maksimalno korištenje kapaciteta interkonektivnih dalekovoda, omogućava pristup oskudnom kapacitetu onom tržišnom subjektu koji je spreman da plati najveću cijenu.

Učesnicima na tržištu u obje oblasti su naplaćeni dodatni troškovi od strane berze, koji se zovu troškovi naplate zagušenja, i koji predstavljaju razliku između sistemske cijene i cijene oblasti (zone). Dati troškovi u stvari predstavljaju razliku novčanih sredstava prikupljenih kupovinom energije u suficitarnoj oblasti po nižoj cijeni, i njenom prodajom u deficitarnoj oblasti po većoj cijeni. Ovo u stvari predstavlja regulisani prihod za operatora prenosnog sistema, koji ga koristi na razne načine, a sve u korist korisnika prenosne mreže (smanjenje tarifa za pristup prenosnom sistemu; investicije u prenosnu mrežu).

#### 4 METOD ČVORNIH CIJENA: TEORIJSKI PRISTUP

Primjenom zonalnih cijena pretpostavlja se da ne postoje ograničenja unutar samih zona ili se ona pak ostavljaju kao problem svakog operatora prenosnog sistema koji ih rješava primjenom redispečinga. Naime, zone se smatraju kao jedinstveno cijenovno područje za proizvođače i potrošače locirane unutar njih. Ako se izvrši detaljnije modelovanje prenosne mreže sa različitim naponskim nivoima i tačnim lokacijama proizvodnje i potrošnje, moguće je proračunati tzv. čvorne cijene - takođe uzimajući u obzir unutrašnja ograničenja mreže ali i aproksimaciju gubitaka u visokonaponskoj prenosnoj mreži.

Tokovi snaga u prenosnoj mreži se mogu jednostavno modelovati upotrebom DC modela tokova snaga. Ova aproksimacija jednačina tokova snaga često se koristi kada se analiziraju zagušenja prenosne mreže i omogućava određenu linearizaciju početnog optimizacionog problema. Pažnja se usmjerava samo na aktivnu snagu a gubici prenosne mreže takođe mogu biti aproksimirani na veoma jednostavan način. Za svaki čvor sistema važi sledeće jednačine [4,5]:

$$P_i = \sum_{j=1}^{nl} B_{ij} \times (\delta_i - \delta_j)$$

$$\sum_{i=1}^N (G_i - L_i - P_i) = 0$$

Gdje su oznake:  $i$  – čvor mreže,  $P_i$  - injehtiranje aktivne snage za čvor  $i$  (razlika proizvodnje i potrošnje),  $\delta_i$  - ugao napona u čvoru  $i$ ;  $B_{ij}$  - susceptansa grane koja povezuje čvorove  $i$  i  $j$ ;

$n_i$  – ukupan broj grana koje su popvezane sa čvorom  $i$ ;  $N$  – ukupan broj čvorova mreže,  $G_i$  - proizvodnja u čvoru  $i$ ,  $L_i$  - potrošnja u čvoru  $i$ .

Marginalna cijena potrošnje u čvoru  $i$  je data sa:

$$D_m(L_i) = a_i - b_i L_i$$

a marginalna cijena proizvodnje u čvoru  $i$  sa:

$$C_n(G_i) = c_i G_i + d_i$$

gdje su  $C_n(G_i)$ - marinalni troškovi proizvodnje generatora  $n$  lociranog u čvoru  $i$ ,  $D_m(L_i)$ - elastičnost potrošača  $m$  lociranog u čvoru  $i$ ,  $a_i$ ,  $b_i$ ,  $c_i$ ,  $d_i$  su pozitivne konstante. Kriva troškova proizvodnje generatora je aproksimirana kvadratnom funkcijom, tako da je kriva marginalnih troškova proizvodnje linearna. Sa druge strane, elastičnost potrošača je modelovana sa konstantom  $b_i$ .

Ciljna funkcija je maksimizacija društvene dobiti koja je izražena kao:

$$\max \left( \sum_m D_m(L_i) - \sum_n C_n(G_i) \right)$$

Troškovi proizvodnje su modelovani kao kratkoročni promjenjivi troškovi i sačinjavaju ih troškovi rada i održavanja, kao i promjenjivi troškovi goriva. Oni se za hidroelektrane skoro mogu i zanemariti. U zavisnosti od goriva koje koristi termoelektrana, promjenjivi troškovi mogu biti i do 20 puta veći od promjenjivih troškova hidroelektrana.

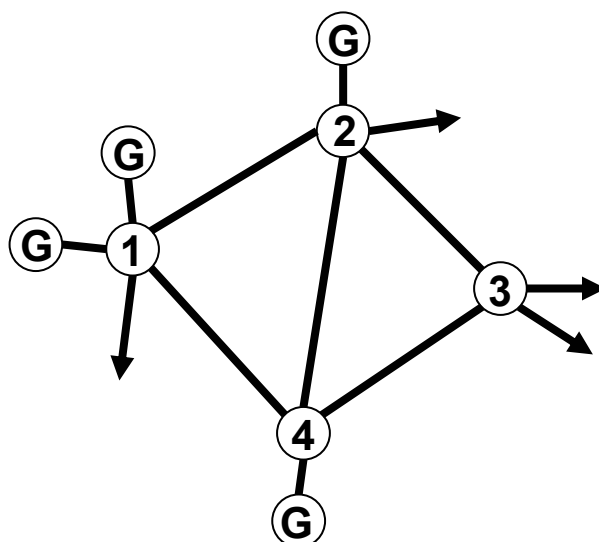
Čvorna cijena je cijena koju treba platiti na određenoj lokaciji u mreži za dodatnu potrošnju od 1 MW na toj lokaciji. Ova cijena je jednaka cijeni marginalnog generatora (zadnje angažovanog sa merit order liste), ali samo u slučaju da nema zagušenja i gubitaka u prenosnoj mreži. Uzimajući u obzir i ove promjenjive faktore, može se definisati opšta formula za proračun cijena električne energije u čvorovima mreže [6]:

$$p_i = MCP \times \left( 1 - \frac{\partial P_L}{\partial x_i} \right) + \sum_l \alpha_l \times \frac{\partial P_l}{\partial x_i}; i=1,2,\dots,N$$

gdje je: MCP – marginalna cijena proizvodne jedinice u modelovanom sistemu;  $\partial P_L$  - promjena gubitaka u modelovanom sistemu sa obzirom na promjenu net injektiranja u čvoru  $i$ ;  $\partial P_l$  - promjena toka snage po elementu mreže  $l$  ( $l=1,2,\dots,L$ ) sa obzirom na promjenu net injektiranja u čvoru  $i$ ;  $\alpha_l$  - tzv. „shadow price“ mrežnog elementa – koja postoji samo na elementima koji nisu zagušeni (tj. opterećeni do svoje maksimalne vrijednosti).

## 5 METOD ČVORNIH CIJENA: NUMERIČKI PRIMJER

Da bi se na jednostavan način predstavile osnovne karakteristike metoda čvornih cijena, kreiran je mali test sistem koji se sastoji od 4 čvorova i 5 dalekovoda - (1,2), (2,3), (1,4), (2,4) i (3,4).



**Slika 3: Test-sistem sa 4 čvora i 5 grana korišten za simulaciju metoda čvornih cijena**

U tabeli I su prikazani osnovni parametri proizvodnje i potrošnje u čvorovima (potrošnja sa elastičnošću predstavljenom odgovarajućom linearnom funkcijom i proizvodnja nezavisna od odate snage, tj. konstanta  $c_i=0$ ), kao i osnovne karakteristike dalekovoda (ograničenja prenosa). Najmanji kapacitet ima dalekovod (2,3) – 80 MW. Gubici električne energije u elementima prenosne mreže su zanemareni.

**Tabela I: Marginalni troškovi proizvodnje, potrošnje i ograničenja prenosne mreže**

| Oznaka čvora | Proizvodnja |                 |                 | Potrošnja |       |                 |                 |
|--------------|-------------|-----------------|-----------------|-----------|-------|-----------------|-----------------|
|              | $d_i$       | $P_{\min}$ [MW] | $P_{\max}$ [MW] | $a_i$     | $b_i$ | $P_{\min}$ [MW] | $P_{\max}$ [MW] |
| 1            | 4           | 0.0             | 300.0           | 25        | 6,66  | 0.0             | 300.0           |
| 1            | 7           | 0.0             | 200.0           | -         | -     | -               | -               |
| 2            | 3           | 10.0            | 200.00          | 20        | 2,85  | 0.0             | 120.0           |
| 3            | -           | -               | -               | 20        | 25    | 0.0             | 150.0           |
| 3            | -           | -               | -               | 25        | 0     | 0.0             | 300.0           |
| 4            | 6           | 0.0             | 300.0           | -         | -     | -               | -               |

| Dalekovod | Prenosni kapacitet [MW] |
|-----------|-------------------------|
| (1,2)     | 100                     |
| (2,3)     | 80                      |
| (1,4)     | 100                     |
| (3,4)     | 100                     |
| (2,4)     | 100                     |

### 5.1 METOD ČVORNIH CIJENA: ANALIZA REZULTATA

Kao što je i prikazano u Tabeli II, nakon optimizacionog procesa biće angažovani generatori u čvoru 1 (generator sa troškovima proizvodnje od 4 NJ/MWh) i u čvoru 2 (generator sa troškovima proizvodnje od 3 NJ/MWh). Čvrne cijene u čvoru 1 i 2 su upravo jednake troškovima proizvodnje ovih generatora – što znači da su ovi proizvodni kapaciteti u stvari marginalne jedinice za ove čvorove. Sa druge strane, generator u čvoru 1 sa troškovima proizvodnje od 7 NJ/MWh neće biti angažovan jer bi u suprotnom njegov profit bio negativan (-4 NJ/MWh). Uslijed postojanja zagušenja na dalekovodu (2,3), koji je opterećen 80 MW u smjeru 2>3, operator prenosnog sistema će imati određeni prihod. Naime, zagušenje je prouzrokovalo različite cijene u čvorovima, pa ukupan novčani fond koji je prikupljen od potrošača nije jednak novčanim sredstvima koja će biti isplaćena proizvođačima električne energije. Ova razlika u ovom slučaju iznosi 6400 NJ. Metod čvornih cijena šalje ekonomski ispravne signale, kako tržišnim učesnicima tako i operatoru prenosnog sistema. Naime, ako dato zagušenje postoji u dužem vremenskom periodu, operator prenosnog sistema ima jasan signal koje mjesto u mreži treba ojačati sa novim dalekovodom. Sa druge strane, ovi

cijenovni čvorni signali daju podstrek potrošačima da se lociraju bliže izvoru jeftinije energije (u čvorove 1 i 2), a novim proizvodnim kapacitetima da budu izgrađeni bliže centrima potrošnje (čvor 3).

**Tabela II: Čvorne cijene i proizvodnja/potrošnja u svim čvorovima prenosne mreže**

| Čvor | Proizvodnja [MWh] | Potrošnja [MWh] | Čvorna cijena [NJ/MWh] |
|------|-------------------|-----------------|------------------------|
| 1    | 138.65            | 3.15            | 4                      |
| 2    | 25.55             | 5.95            | 3                      |
| 3    | 0.0               | 155.1           | 8                      |
| 4    | 0.0               | 0.0             | 5                      |

U slučaju da nema mrežnih ograničenja, tj. da je kapacitet dalekovoda (2,3) dovoljan za prenos energije do čvora 3, postojala bi jedinstvena systemska cijena (u ovom slučaju su zanemareni gubici električne energije) od 3 NJ/MWh koja je jednaka marginalnoj jedinici (angažovan je najjeftiniji generator u čvoru 2 sa 164.2 MW). U analiziranom slučaju bez ograničenja, proizvodna jedinica sa troškovima od 4 NJ/MWh (čvor 1) uopšte neće biti angažovana. U ovom slučaju ne postoji regulisani prihod za operatore prenosnog sistema, jer je čitav novčani fond prikupljen od potrošača na kraju isplaćen proizvođačima električne energije.

Sa druge strane, ako se dozvoli raspored angažovanja proizvodnih i potrošačkih jedinica koji će prouzrokovati preopterećenja elemenata mreže, operatori prenosnog sistema će morati da promjeni taj tržišni raspored, kroz redispečing ili kontra-trgovinu, tako što će „kupovati” energiju u čvoru 1 i „prodavati” je u čvor 2 [7]. Ako se pretpostavi da će proizvođači (za ovu fazu tržišta) dostaviti svoje marginalne troškove proizvodnje za promjenu angažovanja agregata gore/dole (3 NJ/MWh i 4 NJ/MWh, respektivno za čvor 2 i čvor 1), promjena plana angažovanja elektrana će prouzrokovati troškove za operatora prenosa. U analiziranom primjeru oni će iznositi (za jedan sat): 138.65 NJ, tj.  $138.65 \text{ MWh} * (4 - 3) \text{ NJ/MWh}$ . Ovi troškovi se nadalje prenose na korisnike prenosne mreže kroz tarife za pristup mreži.

## 6 ZAKLJUČCI

Neefikasna alokacija prenosnih kapaciteta kroz nepoštovanje prenosnih ograničenja dovodi do dodatnih troškova za operatore prenosnih sistema. Kao primjer demonstriran je redispečing ili kontra-trgovina, gdje je operator prenosnog sistema obavezan da kupi određenu količinu električne energije po većoj cijeni u jednoj oblasti (čvoru) a zatim je proda po nižoj cijeni u drugoj oblasti (čvoru).

Kao što je opisano u radu, metod čvornih cijena je tržišni metod u kojem je prenosna mreža detaljno modelovana, a dispečing proizvodnih kapaciteta je određen uzimajući u obzir sigurnost rada prenosnog sistema. Dati metod uzima u obzir marginalne troškove proizvodnje, kao i marginalne troškove zagušenja i gubitaka, što dovodi do različitih cijena u različitim čvorovima prenosne mreže. Metod čvornih cijena šalje jasne ekonomske signale vezane za jačanje prenosne mreže operatorima prenosnog sistema, a sa druge strane daje informaciju tržišnim učesnicima o lokaciji novih proizvodnih i potrošačkih objekata.

Osim NordPoola gdje je u primjeni zonalni pristup podjele tržišta, sličan metod se primjenjuje i u Italiji, s tim da su proizvođači električne energije plaćeni po cijeni koja je proračunata za zonu u kojoj su locirani, dok svi potrošači u Italiji plaćaju jedinstevnu (systemska) cijenu. Metod čvornih cijena je u primjeni na Novom Zelandu, kao i na određenim tržištima u Sjedinjenim Američkim Državama (PJM interkonekcija).

## 7 LITERATURA

- [1] S. Oren, "Congestion Pricing and Transmission Rights", Workshop on Elements of Market Design, November 2002.
- [2] S. Oren, P. Spiller, P. Varaiya and F. Wu, "Nodal Prices and Transmission Rights: A Critical Appraisal", The Electricity Journal, pp. 24-35, April 1995.
- [3] M. Vukasović, M. Apostolović, "Energetski derivati za smanjenje rizika u prekograničnoj trgovini električnom energijom: FTRs i CfDs", Zbornik radova JUKO Cigre, Vrnjačka Banja, September 2007.
- [4] H. Stigler, C. Todem, "Optimisation of the Austrian Electricity Sector by Nodal Pricing", Central European Journal of Operations Research, 13, pp. 105-125, 2005.
- [5] R. Christie, B. Wollenberg, I. Wangensteen, "Transmission Management in the Deregulated Environment", Proceedings of the IEEE, Vol. 88, Issue 2, pp. 170-195, February 2000.
- [6] M. Čalović, A. Sarić, P. Stefanov, "Eksploatacija elektroenergetskih sistema u uslovima slobodnog tržišta", pp. 166-177, Tehnički fakultet Čačak, 2005.
- [7] Roman Inderst, Achim Wambach, "Engpassmanagement im deutschen Stromübertragungsnetz", Zeitschrift für Energiewirtschaft, pp. 333-342, 31 (Heft 04), November 2007.

**Abstract:** Congestion management methodology becomes, with the gradual opening of electricity markets in Europe, an important issue to be handled by TSOs (Transmission System Operators). Namely, with the increased level of cross-border electricity trade and power plants' privatization, bottlenecks in transmission system are more frequently present. In this paper, zonal and nodal price models have been analysed. With the implementation of such allocation and congestion management tools, electricity trade is allowed, and, at the same time, security of the transmission network is preserved. Furthermore, nodal price methodology sends the efficient economic signals to TSOs (about the possibility for a future investment in the transmission network) and to the market participants (location of a new production/consumption facility).