Investicijske odluke u proizvodnim kompanijama izloženim tržnom okruženju

Koš, Matija

Master's thesis / Diplomski rad

2016

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:200:173629

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-28**

Repository / Repozitorij:

Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek

zir.nsk.hr

Image not found or type unknown

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU

ELEKTROTEHNIČKI FAKULTET

Diplomski studij

INVESTICIJSKE ODLUKE U PROIZVODNIM KOMPANIJAMA IZLOŽENIM TRŽIŠNOM OKRUŽENJU

Diplomski rad

Matija Koš

Osijek, 2016.

ELEKTROTEHNIČKI FAKULTET OSIJEK
Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku

Obrazac D1: Obrazac za imenovanje Povjerenstva za obranu diplomskog rada

Osijek,

Odboru za završne i diplomske ispite

Imenovanje Povjerenstva za obranu diplomskog rada

Ime i prezime studenta:	Matija Koš
Studij, smjer:	Diplomski studij elektrotehnike, elektroenergetika
Mat. br. studenta, godina upisa:	D-533, 2011.
Mentor:	Prof.dr.sc. Srete Nikolovski
Sumentor:	Doc.dr.sc. Krešimir Fekete
Predsjednik Povjerenstva:	Doc.dr.sc. Goran Knežević
Član Povjerenstva:	Doc.dr.sc. Krešimir Fekete
Naslov diplomskog rada:	Investicijske odluke u proizvodnim kompanijama izloženim tržišnom okruženju
Primarna znanstvena grana rada:	
Sekundarna znanstvena grana (ili polje) rada:	
Zadatak diplomskog rada:	U dilopmskom radu potrebno je definirati pojmove vezane uz tržište električne energije s posebnim osvrtom na ulogu proizvodnih kompanija. Nadalje, potrebno je iz dostupne literature obraditi metodu za planiranje investicija u nova proizvodna postrojenja (elektrane) koja će uzimati u obzir odnose i zakonitosti tržišta električne energije. Izraditi računalni model malog elektroenergetskog sustava i na tom modelu provjeriti utjecaj novih investicija na tržišnu cijenu.
Prijedlog ocjene pismenog dijela ispita (diplomskog rada):	vrlo dobar 4
Kratko obrazloženje ocjene prema Kriterijima za ocjenjivanje završnih i diplomskih radova:	Primjena znanja stečenih na fakultetu: 3 Postignuti rezultati u odnosu na složenost zadatka: 3 Jasnoća pismenog izražavanja: 2 Razina samostalnosti: 1

Potpis sumentora:	Potpis mentora:

Dostaviti:

1. Studentska služba

U Osijeku, 29.2.2016. godine

Potpis predsjednika Odbora:

ETFOS
ELEKTROTEHNIČKI FAKULTET OSIJEK
Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku

IZJAVA O ORIGINALNOSTI RADA

Osijek,
15.3.2016

Ime i prezime studenta:	Matija Koš
Studij :	Sveučilišni diplomski studij elektrotehnike
Mat. br. studenta, godina upisa:	D-533, 2011.

Ovom izjavom izjavljujem da je rad pod nazivom**:**
Investicijske odluke u proizvodnim kompanijama izloženim tržišnom okruženju

izrađen pod vodstvom mentora

Prof.dr.sc. Srete Nikolovski

i sumentora **Doc.dr.sc. Krešimir Fekete**

moj vlastiti rad i prema mom najboljem znanju ne sadrži prethodno objavljene ili neobjavljene pisane materijale drugih osoba, osim onih koji su izričito priznati navođenjem literature i drugih izvora informacija.
Izjavljujem da je intelektualni sadržaj navedenog rada proizvod mog vlastitog rada, osim u onom dijelu za koji mi je bila potrebna pomoć mentora, sumentora i drugih osoba, a što je izričito navedeno u radu.

Potpis studenta:

SADRŽAJ

1. UVOD 1
2. TRŽIŠTE ELEKTRIČNE ENERGIJE 2
2.1. Preustroj elektroenergetskog sustava (EES) 2
2.2. Općenito o tržištu električne energije 4
2.3. Općenito o ponudi 6
2.4. Općenito o potražnji 7
2.5. Zakon ponude i potražnje 8
2.6. Tržište električne energije u Republici Hrvatskoj 10
2.7. Tržišni sudionici 11
2.8. Obveze tržišnih sudionika 13
2.9. Stabilnost i vođenje elektroenergetskog sustava (EES) 14
3. OPĆENITO O PLANIRANJU INVESTICIJA 22
3.1. Općenito o planiranju 22
3.2. Kratkoročno planiranje 25
3.3. Srednjoročno planiranje 26
3.4. Dugoročno planiranje 26
4. ALATI ZA ANALIZE INVESTICIJSKIH ODLUKA 27
4.1. Simulacija programom EMCAS 28
4.2. Primjer Pirinejskog poluotoka 31
4.3. Analiza rezultata simulacije u programu EMCAS 35
5. ANALIZA UTJECAJA IZGRADNJE NOVE ELEKTRANE NA CIJENU ELEKTRIČNE ENERGIJE 40
5.1. Programski alat Power World 40
5.2. Model optimalnih tokova snaga – OPF 41
5.3. Simulacija u programu Power World 45
5.3.1. Parametri sustava osnovnog modela Power World-a 45
5.3.2. Simulacija sa OPF modelom 49
5.3.3. OPF model sa dodatnim generatorom na nuklearno gorivo 51
5.3.3.1. Dodatni generator na sabirnici 1 52
5.3.3.2. Dodatni generator na sabirnici 2 54
5.3.3.3. Dodatni generator na sabirnici 3 56
5.3.3.4. Dodatni generator na sabirnici 4 58

5.3.3.5. Dodatni generator na sabirnici 5 60
5.3.3.6. Dodatni generator na sabirnici 6 62
5.3.3.7. Dodatni generator na sabirnici 7 64
5.3.4. OPF model sa dodatnim generatorom na ugljen 67
5.3.4.1. Dodatni generator na sabirnici 1 67
5.3.4.2. Dodatni generator na sabirnici 2 69
5.3.4.3. Dodatni generator na sabirnici 3 72
5.3.4.4. Dodatni generator na sabirnici 4 74
5.3.4.5. Dodatni generator na sabirnici 5 76
5.3.4.6. Dodatni generator na sabirnici 6 79
5.3.4.7. Dodatni generator na sabirnici 7 81
5.3.5. OPF model sa dodatnim generatorom na plin 83
5.3.5.1. Dodatni generator na sabirnici 1 83
5.3.5.2. Dodatni generator na sabirnici 2 85
5.3.5.3. Dodatni generator na sabirnici 3 88
5.3.5.4. Dodatni generator na sabirnici 4 90
5.3.5.5. Dodatni generator na sabirnici 5 92
5.3.5.6. Dodatni generator na sabirnici 6 94
5.3.5.7. Dodatni generator na sabirnici 7 96
5.4. Skupni prikaz rezultata simulacija 99
6. ZAKLJUČAK 102
LITERATURA 104
SAŽETAK 107
ŽIVOTOPIS 109

1. UVOD

U ovom radu obrađena je tema tržišta električne energije. Restrukturiranje i razvoj elektroprivrede koja direktno utječe na tržište električne energije je pitanje koje je bilo postavljeno.

Elektroprivrede su od početka funkcionirale na principu prirodnog monopola. To znači da su svi segmenti vezani za proizvodnju, prijenos, distribuciju i prodaju bili pod okriljem elektroprivrede na određenom području ili u cijeloj državi. Takva situacija nije bila održiva pojavom privatnih elektrana koje su također htjele sudjelovati u prodaji električne energije.

Prva naznaka promjena u elektroprivredi bilo je uvođenje mogućnosti da potrošač može sam birati svog distributera električne energije, drugi korak je bila mogućnost privatnih proizvođača da svoju električnu energiju prodaju elektroprivredi koja je dalje prenosila i prodavala istu preko različitih distributera, treći korak je bio uvođenje tržišta gdje je proizvođač mogao prodati svoju električnu energiju distributeru koji mu je ponudio najpovoljniju cijenu.

U praktičnom dijelu rada obrađene će biti investicijske odluke investitora u proizvodnim kompanijama koje su izložene tržišnom okruženju. Konkretno će se simulirati izgradnja nove elektrane na nekoliko različitih energenata i na nekoliko različitih pozicija u elektroenergetskom sustavu, vidjeti će se koji energent bi bio optimalniji i na kojoj poziciji u sustavu bi bilo bolje, što se tiče elektroenergetske mreže i cijene električne energije, sagraditi novi proizvodni pogon za proizvodnju električne energije.

U diplomskom radu potrebno je definirati pojmove vezane uz tržište električne energije s posebnim osvrtom na ulogu proizvodnih kompanija. Nadalje, potrebno je iz dostupne literature obraditi metodu za planiranje investicija u nova proizvodna postrojenja (elektrane) koja će uzimati u obzir odnose i zakonitosti tržišta električne energije. Izraditi računalni model malog elektroenergetskog sustava (EES) i na tom modelu provjeriti utjecaj novih investicija na tržišnu cijenu.

Zahvaljujem sementoru Prof.dr.sc. Srete Nikolovski i sumentoru Doc.dr.sc. Krešimir Fekete na pruženoj prilici i upućenim savjetima pri izradi ovog diplomskog rada.

Zahvaljujem se roditeljima na pruženoj prilici, moralnoj potpori i bezgraničnoj podršci tijekom cijelog studiranja. Hvala Vam za sve.

2. TRŽIŠTE ELEKTRIČNE ENERGIJE

2.1. Preustroj elektroenergetskog sustava (EES)

Elektroenergetski sustavi diljem svijeta razvijali su se u početku neovisno jedan o drugome, no povećanjem korištenja električne energije, kako u kućanstvima tako i u proizvodnji, dolazi do širenja i povećavanja potražnje za električnom energije, a direktno povezano je i povećanje proizvodnje električne energije. Dok je potražnja bila relativno niska za današnje pojmove, proizvođači su u svojim zemljama mogli pokriti potražnju, no stalnim povećanjem potražnje dolazi do nestašice električne energije u zemljama koje nisu dovoljno razvijale svoj elektroenergetski sustav. S tim u svezi dolazi i do trgovanja električnom energijom.

Elektroenergetski sustavi diljem svijetu u procesu su promjena. Sve veću ulogu preuzima otvoreno ili konkurentno tržište koje se nastoji uvesti u elektroprivredne djelatnosti. Pokretanje mnogobrojnih reformi u elektroprivredama od 80-ih godina 20. stoljeća bilo je potrebno napraviti zbog:

- podizanja djelotvornosti elektroenergetskog sektora
- snižavanja cijene električne energije
- podizanja razine usluge
- smanjivanja razlika u cijenama među državama
- mogućnosti biranja opskrbljivača za svakog kupca.

Postići savršeno tržište električne energije je u praksi nemoguće zbog specifičnih karakteristika elektroenergetskog sektora.Dva su pravca u kojima su se razvijale elektroprivredne prije početka otvaranja tržišta električne energije:

- privatne tvrtke s državnom regulacijom, državna regulacija je određivala cijene i tarife
- državne tvrtke.

Takva situacija je dovodila do toga da je postojao monopol na tržištu, no zbog specifičnosti elektroprivrednih djelatnosti to je bilo smatrano kao prirodni monopol. U današnje vrijeme prihvaćeno je da neke djelatnosti u sklopu elektroenergetskog sustava ostanu prirodni monopoli, kao što su prijenos, distribucija i vođenje elektroenergetskog sustava. Dok bi se djelatnosti proizvodnje, veleprodaje i maloprodaje prepustile

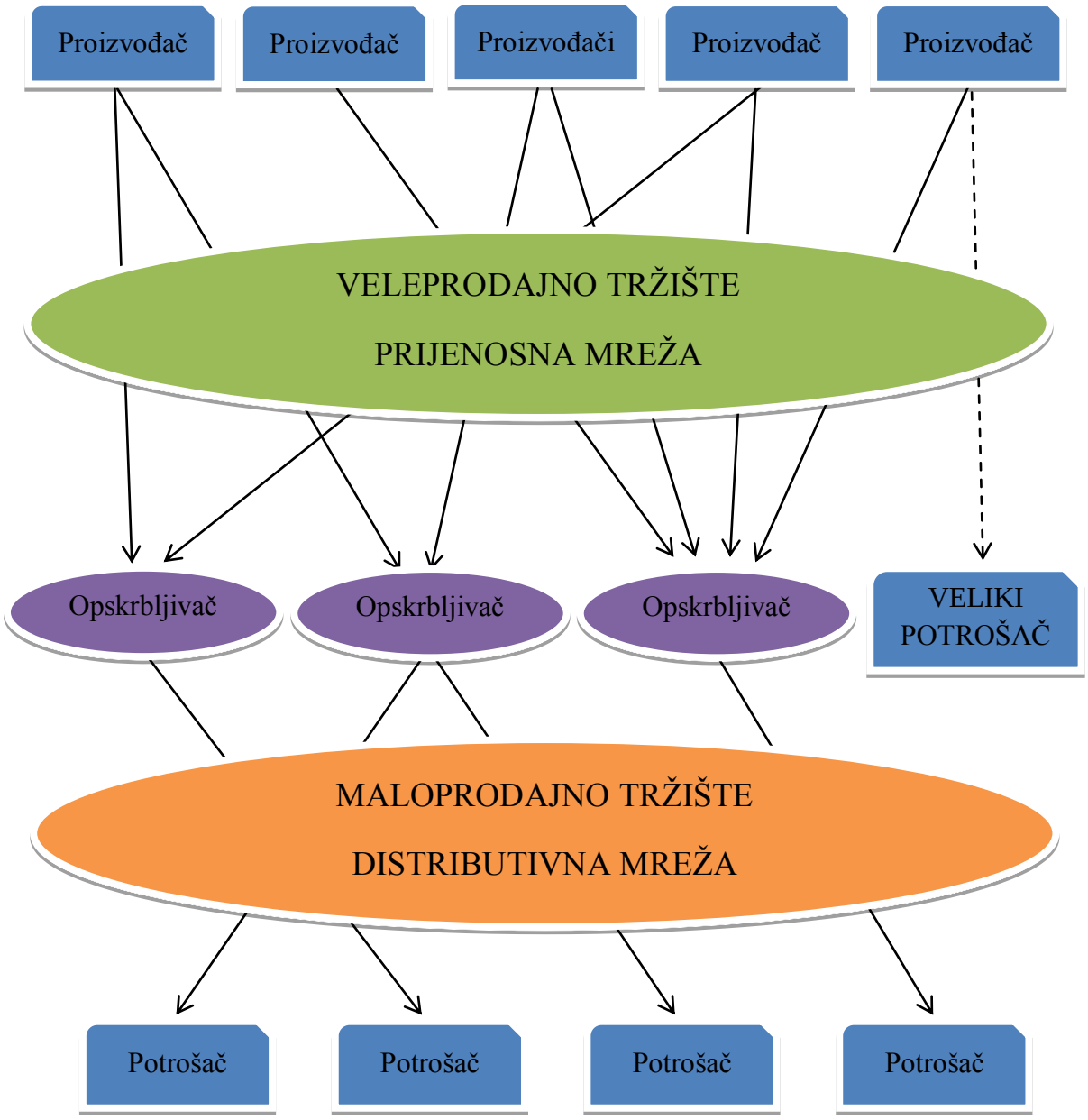
tržištu.Tijekom vremena su procesi restrukturiranja elektroprivrede poprimili različite oblike tržišta. Modeli koji se pojavljuju su sljedeći:

- monopol - elektroprivreda koja i dalje ima monopol u određenoj zemlji ili na određenom području
- agencija za veleprodaju električne energije - elektroprivreda ne posjeduje sve elektrane na određenom području
- konkurencija na veleprodajnom tržištu - ne postoji centralna agencija koja je odgovorna za kupovinu električne energije
- konkurencija i na veleprodajnom i na maloprodajnom tržištu.

Model gdje postoji konkurencija i na veleprodajnom i na maloprodajnom tržištu je model koji će biti obrađen u ovom radu, a primjer takvog modela možete vidjeti na slici 2.1.

Legendaslike 2.1:

- proizvođači - proizvođači električne energije
- veleprodajno tržište - ponuda i potražnja velikih količina električne energije
- prijenosna mreža - služi za prijenos velikih količina električne energije
- veliki potrošač - ima povlasticu kupovanja električne energije direktno od proizvođača
- opskrbljivači - poveznica između prijenosnih mreža i distributivnih mreža
- maloprodajno tržište - ponuda i potražnja manjih količina električne energije
- distributivna mreža - služi za distribuciju električne energije do malih potrošača
- potrošač - kupac manjih količina električne energije.



Slika 2.1:*Model tržišta električne energije sa veleprodajnim i maloprodajnim tržištem električne energije* [1]

2.2.Općenito o tržištu električne energije

Pojam tržište električne energije predstavlja mjesto gdje se susreću ponuda proizvođača električne energije i potražnja potrošača električne energije.

Energetskim zakonima, općim uvjetima za opskrbu električnom energijom i mrežnim pravilima elektroenergetskog sustava utvrđeni su izrazi koji se koriste u tržišnim pravilima. [2][3]

Najvažniji izrazi koji se koriste u tržišnim pravilima opisani su u nekoliko rečenica:

- bilateralni raspored - satni je plan isporuke ili preuzimanja električne energije za jedan dan
- dan isporuke - svaki dan od 00:00-24:00 sati u kojem se odvija stvarna isporuka električne energije
- dan trgovanja - svaki dan od 00:00-24:00 sati koji prethodi danu isporuke
- EIC oznaka (engl. Energy IdentificationCodingscheme) - energetska identifikacijska oznaka je jedinstvena oznaka sudionika na tržištu električne energije u Europi, oznaku izdaje ured za izdavanje EIC oznaka ovlašten od strane ETSO-a
- ETSO (engl. European Transmission System Operators) - organizacija europskih operatora prijenosnih sustava
- energija uravnoteženja - električna je energija potrebna za uravnoteženje elektroenergetskog sustava u slučaju razlike između stvarno isporučene ili preuzete električne energije i električne energije iz ugovornog rasporeda
- plan rada sustava za dan isporuke - satni plan ukupne proizvodnje, ukupne potrošnje i ukupne prekogranične razmjene hrvatskog elektroenergetskog sustava
- sudionik na tržištu električne energije - proizvođači, kupci, opskrbljivači, trgovci
- tržišni plan - zbirni plan kupoprodaje električne energije utvrđen temeljem rasporeda proizvođača, kupaca i opskrbljivača
- ugovorni raspored - raspored za dan isporuke električne energije koji sadrži jedan ili više bilateralnih raspored.

Tržište električne energije u Republici Hrvatskoj je krenulo s radom 10.2.2016. godine u suradnji sa NordPool-om, vodećom europskom burzom električne energije. U razdoblju od 10.2.-10.3. na tržištu električne energije u Republici Hrvatskoj, po modelu dan unaprijed, ukupno je ostvaren volumen trgovanja od 15679,3 MWh, dok su prosječna bazna i vršna cijena bile 23,62 €/MWh i 27,58 €/MWh. Dan sa najvećim ostvarenim volumenom električne energije je bio 9.3. sa volumenom od 1089 MWh, dok je dan s najmanjim volumenom električne energije bio 20.2. sa volumenom od 135 MWh. Najveća bazna cijena ostvarena je 7.3. i iznosila je 30,67 €/MWh, a istog dana ostvarena je i najveća vršna cijena od 36,36 €/MWh. Najmanja bazna cijena ostvarena je 21.2. i iznosila je 10,69 €/MWh, a istog dana ostvarena je i najmanja vršna cijena od 14,98 €/MWh. Ostvarena je i negativna cijena za isporuku električne energije i to 21.2. u iznosu od -6 €/MWh. Iznos ukupnog trgovanja volumena na CROPEX-u u prvih mjesec dana trgovanja, može se usporediti sa

dvomjesečnom potrošnjom javne rasvjete u gradu Zagrebu, odnosno sa jednodnevnom proizvodnjom Nuklearne elektrane Krško. [4]

2.3. Općenito o ponudi

Ponuda predstavlja količinu nekog dobra, u ovom slučaju električnu energiju, koju su proizvođači spremni proizvesti uz određene cijene istog dobra.

Sastavnice koje utječu na ponudu:

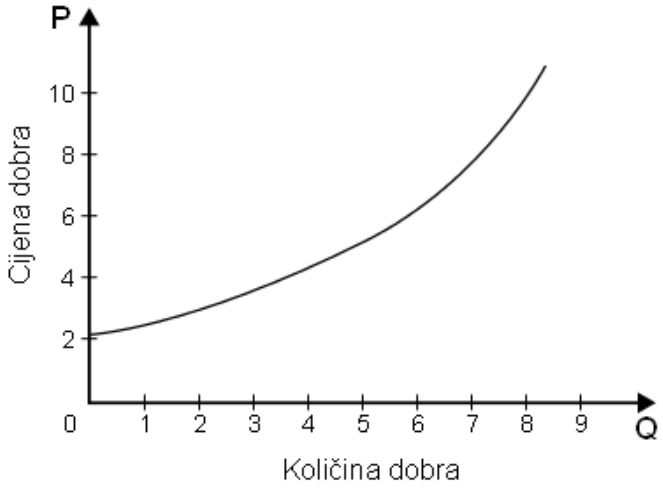
- cijena dobra
- tehnologija
- cijene inputa (ulazna cijena) - niža cijena radne snage znači manje troškove što daje veću proizvodnju
- cijene komplementarnih dobara - dobra koja međusobno utječu na cijenu, jednom dobru cijena poraste drugima u isto vrijeme pada i obrnuto
- organizacija
- posebni utjecaji.

Elastičnost ponude je pojam koji opisuje reakciju ponuđene količine dobra na promjenu cijene istoga uz uvjet da su svi ostali uvjeti nepromijenjeni. Elastičnost ponude se iskazuje kao omjer postotne promjene ponuđene količine dobra i postotne promjene cijene istoga.

Ako promjena cijene od 1 % uzrokuje promjenu količine dobra:

- veću od 1 % - ponuda je elastična
- manju od 1 % - ponuda je neelastična
- jednaku 1 % - ponuda je jedinično elastična. [5]

Slika 2.2 prikazuje kretanje cijene sa povećanjem količine dostupnih dobara kada je u pitanju ponuda, kao što je vidljivo sa slike, povećanjem količine povećava se i cijena samog dobra. Zanimljivo je za primijetiti da se cijena ne mijenja pravocrtno nego eksponencijalno, što nam govori kako tijekom vremena bude rasla količina dobra, tj. bude rasla ponuda određenog dobra, cijena će brže rasti.



Slika 2.2: *Ovisnost ponude o cijeni i količini dobra*

2.4. Općenito o potražnji

Potražnja predstavlja količinu nekog dobra, u ovom slučaju električnu energiju, koju su potrošači spremni kupiti uz određene cijene istog dobra.

Sastavnice koje utječu na potražnju:

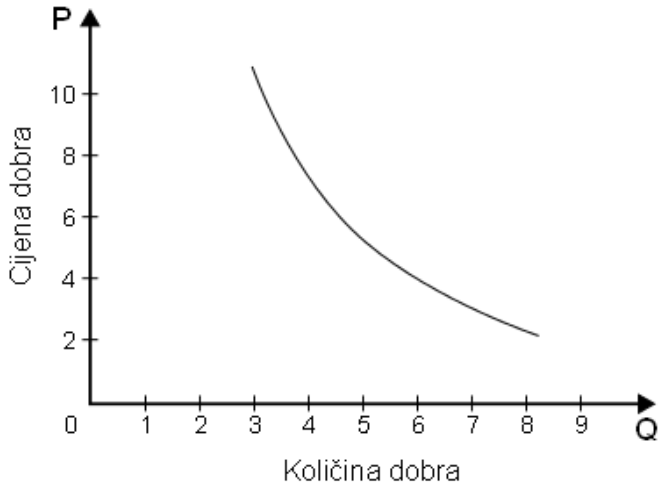
- cijena samog dobra - viša cijena uzrokuje manju potražnju za dobrom
- prosječan dohodak stanovnika - viši dohodak daje stanovništvu veću kupovnu moć
- broj stanovnika - veći broj stanovnika kupuje veću količinu dobara
- cijene komplementarnih dobara - dobra koja međusobno utječu na cijenu, jednom dobru cijena poraste drugima u isto vrijeme pada i obrnuto
- ukus kupaca
- posebni utjecaji.

Elastičnost potražnje je pojam koji opisuje reakciju tražene količine dobra na promjenu cijene istoga uz uvjet da su svi ostali uvjeti nepromijenjeni. Elastičnost potražnje se iskazuje kao omjer postotne promjene tražene količine dobra i postotne promjene cijene istoga.

Ako promjena cijene od 1 % uzrokuje promjenu tražene količine dobra:

- veću od 1 % - potražnja je elastična
- manju od 1 % - potražnja je neelastična
- jednaku 1 % - potražnja je jedinično elastična. [5]

Potražnja se ponaša suprotno od ponude. Na slici 2.3 vidljivo je da kako raste potražnja određenog dobra, pada cijena istoga. Također i u ovom slučaju radi se o eksponencijalnom padu, a ne pravocrtnom.



Slika 2.3: *Ovisnost potražnje o cijeni i količini dobra*

2.5.Zakon ponude i potražnje

Cijene na tržištu se određuju ekonomskim modelom koji se zove zakon ponude i potražnje. Zakonom ponude i potražnje se objašnjava dovođenje u ravnotežu cijena i količina određenog dobra pod točno određenim uvjetima. Zakon nam kaže da će u tržišnoj ekonomiji jedinična cijena za određeno dobro varirati dok se ne smiri u točki gdje će količina koju zahtijevaju kupci (po trenutačnoj cijeni) biti jednaka isporučenoj količini od strane proizvođača (po trenutačnoj cijeni). Točka u kojoj dolazi do ravnoteže zove se tržišna ravnoteža.

Četiri su osnovne zakonitosti ponude i potražnje:

- rastom potražnje uz nepromijenjenu opskrbu, dolazi do više ravnoteže cijena i količina što rezultira višom cijenom dobra
- padom potražnje uz nepromijenjenu opskrbu, dolazi do niže ravnoteže cijena i količina što rezultira nižom cijenom dobra
- rastom ponude uz nepromijenjenu potražnju, dolazi do niže ravnoteže cijena i količina što rezultira nižom cijenom dobra

- padom ponude uz nepromijenjenu potražnju, dolazi do više ravnoteže cijena i količina što rezultira višom cijenom dobra. [5]

Uspoređujući grafove ponude i potražnje sa slika 2.2 i 2.3dolazi se do njihovog sjecišta, tj. dolazimo do točke tržišne ravnoteže u kojoj se susreću ponuda i potražnja.



Slika 2.4: *Točka tržišne ravnoteže*

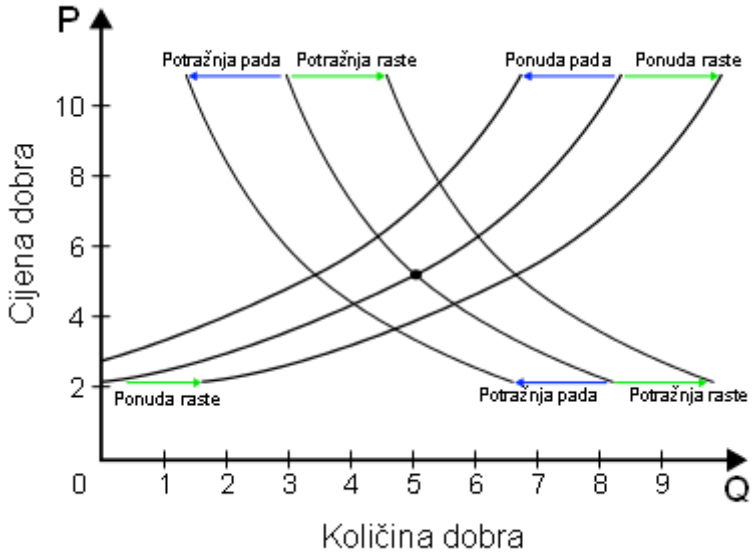
Količina dobra sa slike 2.4 koja se nalazi ispod točke tržišne ravnoteže ukazuje na to da postoji manjak određenog dobra na tržištu, tj. da je potražnja veća od ponude. S druge strane, sva dobra koja se nalaze na slici 2.4 iznad točke ravnoteže ukazuju na to da postoji višak određenog dobra na tržištu, tj. da je ponuda veća od potražnje.

Međusobne odnose i međusobni utjecaj pomaka krivulje, promjene cijene i količine dobra u ovisnosti o promjeni ponude i potražnje vidljivi su u tablici 2.1 gdje možemo vidjeti međusobne promjene koje izazivaju promjene u ponudi i potražnji. Tablica 2.1 predstavljena je grafički na slici 2.5 na kojoj su jasno vidljivi pomaci koji su navedeni.

Točka sa slike 2.5gdje se sijeku ponuda i potražnja određuje trenutnu tržišnu ravnotežu i trenutnu cijenu dobra.

Tablica 2.1: *Međusobni odnos pomaka krivulje, promjene cijene i količine u ovisnosti o promjeni ponude i potražnje*

	Pomak krivulje ovisno o rastu ili padu ponude i potražnje	**Promjena cijene i količine u ovisnosti o rastu ili padu ponude i potražnje**
Potražnja raste	u desno	cijena raste
		količina raste
Potražnja pada	u lijevo	cijena pada
		količina pada
Ponuda raste	u desno	cijena pada
		količina raste
Ponuda pada	u lijevo	cijena raste
		količina pada



Slika 2.5: *Pomicanje krivulje u ovisnosti o promjeni ponude i potražnje, tj. prikazan je način formiranja cijene na tržištu*

2.6. Tržište električne energije u Republici Hrvatskoj

Svako tržište je jedinstveno stoga će u ovom poglavlju pobliže biti opisano tržište električne energije u Republici Hrvatskoj.

Kupnja električne energije se odvija prije početka proizvodnje same električne energije. Razlog tome je činjenica da je električnu energiju nemoguće pohraniti na bilo koji način i

stoga se količina proizvodnje utvrđuje na temelju potražnje za određeno vremensko razdoblje. U Republici Hrvatskoj postoji samo jedno tržište električne energije. U svakoj pojedinoj državi moraju se uvesti pravila i odredbe djelovanja tržišta električne energije zbog provedbe istih pravila za sve sudionike tržišta. Pravila djelovanja i odredbe u Republici Hrvatskoj izrađena su na temelju Zakona o energiji [6], Zakona o tržištu električne energije [7], Zakona o regulaciji energetskih djelatnosti[8] i Pravilima djelovanja tržišta električne energije [24].

Pravilima i odredbama uređuju se:

- postupci u kojima Hrvatski operator tržišta energije d.o.o. (Operator tržišta) organizira tržište električne energije
- odnosi između Operatora tržišta i sudionika na tržištu električne energije
- odnosi između Operatora tržišta i HEP - Operatora prijenosnog sustava d.o.o. (Operator prijenosnog sustava - OPS)
- odnosi između Operatora tržišta i HEP - Operatora distribucijskog sustava d.o.o. (Operator distribucijskog sustava - ODS).

Tržišna pravila i odredbe koja su postavljena obvezuju sve sudionike tržišta električne energije da ih poštuju, te se isto tako odnose i na sve sudionike koji sudjeluju u postupcima i aktivnostima reguliranim ovim tržišnim pravilima.

2.7. Tržišni sudionici

Na tržištu električne energije sudjeluju mnogi subjekti koji se bave različitim djelatnostima ili su posrednici ili kupci.

Legenda tablice 2.2:

- HOPS - Hrvatski operator prijenosnog sustava
- HEP ODS - HEP Operator distribucijskog sustava
- HNOSIT - Hrvatski neovisni operator sustava i tržišta
- HROTE - Hrvatski operator tržišta energije
- HERA - Hrvatska energetska regulatorna agencija.

Tablica 2.2: *Popis tržišnih sudionika i njihove dužnosti* [20][22][23]

Sudionik	Dužnosti sudionika na tržištu električne energije
Proizvođač	Posjeduju elektrane. U suradnji je i sa operatorom tržišta s kojim mogu surađivati i prodavati određene usluge operatoru zbog stabilnosti mreže (regulacija frekvencije, kontrola napona, rotirajuća rezerva, itd.).
Povlašteni proizvođač	Sudionik koji ima pravo na poticajnu cijenu jer prodaje električnu energiju Sukladno podzakonskim aktima koji reguliraju područje obnovljivih izvora energije i kogeneracije i temeljem ugovora o otkupu električne energije sklopljenog s Operatorom tržišta.
Prijenos (HOPS)	Sudionik koji obavlja uslugu prijenosa električne energije.
Opskrbljivač, distributer(HEP ODS)	Obavljaju usluge upravljanja, održavanja i razvoja distribucijske mreže. Dužan je preuzeti električnu energiju proizvedenu iz obnovljivih izvora energije i kogeneracije u skladu s uredbom Vlade Republike Hrvatske kojom se propisuje minimalni udjel električne energije proizvedene iz obnovljivih izvora energije i kogeneracije koji je obvezan preuzeti svaki energetski subjekt za opskrbu električnom energijom.
Nezavisni operator sustava (HNOSIT)	Nezavisni sudionik koji se brine o stabilnosti i sigurnosti elektroenergetskog sustava (državna tvrtka).
Operator tržišta (HROTE)	Sudionik tržišta koji rukovodi veleprodajnim tržištem električne energije.
Regulator tržišta (HERA)	Sudionik koji određuje pravila i cijene za regulirane djelatnosti.
Potrošač	Sudionik koji kupuje električnu energiju. Krajnji kupac koju u većini slučajeva čine kućanstva. Imaju izbor opskrbljivača, ne i proizvođača.
Povlašteni kupac	Može slobodno izabrati svog opskrbljivača s kojim sklapa ugovor o opskrbi. U većini slučajeva se radi o veliki potrošačima.

Svaki sudionik ima točno određenu ulogu na tržištu koja je unaprijed definirana i koje se trebaju svi pridržavati da bi sve bilo po zakonu i donesenim pravilima tržišta. Navedena tablica 2.2 sadrži popis sudionika tržišta električne energije. Uz svaki naziv sudionika

navedena je dužnost koju obavlja na tržištu električne energije i kratica koju sudionik posjeduje u Republici Hrvatskoj. Dužnosti na tržištu su podijeljene na način da je vođeno računa o djelatnosti kojom se sudionik bavi i na temelju toga je određena njegova dužnost.

2.8. Obveze tržišnih sudionika

Proizvođač, opskrbljivač i trgovac koji želi sudjelovati u postupcima i aktivnostima na tržištu električne energije obvezan je s Operatorom tržišta sklopiti sporazum kojim se reguliraju prava i obveze između tržišnog sudionika i Operatora tržišta.Prije podnošenja zahtjeva za sklapanje sporazuma s Operatorom tržišta sudionik je obvezan ishoditi EIC oznaku te sklopiti ugovor o energiji uravnoteženja s Operatorom prijenosnog sustava.

Slijed ishođenja EIC oznake:

- sudionik na tržištu električne energije ispunjava zahtjev za dodjelu oznake
- zahtjev se šalje u regionalni ured za izdavanje EIC oznake
- ured provjerava zahtjev u centralnoj bazi podataka ETSO
- lokalni ured dodjeljuje oznaku, unosi ga u lokalnu bazu podataka i obavješćuje ETSO o dodjeli
- regionalni ured obavještava podnositelja zahtjeva o dodijeljenoj oznaci.

Dužina EIC oznake je 16 znakova, a pojašnjenje oznake je vidljivo u tablici 2.3.

Tablica 2.3: *Izgled EIC oznake* [9]

Označava ured za izdavanje oznake	Tip oznake (sudionik, područje, brojilo)	Identifikacija	Kontrolni broj
AA	X	1234567890AB	C

Primjeri EIC oznake:

- 10XELTRA1000000T
- 10X5790000432752M.

Proizvođač, opskrbljivač i trgovac dostavljaju Operatoru tržišta ugovorne rasporede koji proizlaze iz sklopljenih ugovora o opskrbi i/ili ugovora o kupoprodaji električne energije, temeljem kojih Operator tržišta izrađuje tržišni plan.

Ugovorni raspored proizvođača sadrži satni plan proizvodnje električne energije raspoređene po opskrbljivačima, trgovcima i granicama Republike Hrvatske u slučaju izvoza.

Ugovorni raspored opskrbljivača sadrži:

- satni plan isporuke električne energije potrošačima
- satni plan kupoprodaje električne energije raspoređene po proizvođačima, opskrbljivačima, trgovcima te granicama Republike Hrvatske posebno za uvoz i posebno za izvoz.

Ugovorni raspored trgovaca sadrži:

- satni plan kupoprodaje električne energije raspoređene po granicama Republike Hrvatske posebno za uvoz i posebno za izvoz
- satni plan kupoprodaje električne energije raspoređene po proizvođačima, opskrbljivačima i trgovcima.

2.9. Stabilnost i vođenje elektroenergetskog sustava (EES)

Svi iznosi u ugovornom rasporedu moraju biti izraženi u MWh/h i zaokruženi na jedno decimalno mjesto, također dostavljeni ugovorni raspored mora biti uravnotežen tako da satni plan ukupnog preuzimanja ili proizvodnje električne energije odgovara satnom planu ukupne isporuke električne energije, a prekogranična kupoprodaja električne energije mora biti u skladu s dodijeljenom prekograničnom prijenosnom moći na granicama Republike Hrvatske.

Radi stabilnosti elektroenergetsko sustava Operator tržišta obračunava energiju uravnoteženja na temelju ugovornog rasporeda i obračunatih mjernih podataka.

Nadzor nad radom Operatora tržišta provodi Hrvatska energetska regulatorna agencija (HERA). [20]

Legenda tablice 2.4:

- PRO -proizvođač
- OPS-opskrbljivač
- OT - operater tržišta
- HOPS - Hrvatski operater prijenosnog sustava
- SOPS -susjedni operater prijenosnog sustava

Tablica 2.4: *Tijek radnji na dan trgovanja*[21]

Vremenski period		Slanje podataka		Opis radnje
		Tko šalje	Kome šalje	
Početak	Kraj			
8:00	**12:30**	PRO	OT	Dostavlja satni plan proizvodnje za dan isporuke.
		PRO, OPS i trgovac	OT	Dostavljaju svoje ugovorne rasporede za dan isporuke.
		HOPS	OT	Dostavlja popis dodijeljenih prekograničnih prijenosnih moći iskazano po tržišnim sudionicima, državnim granicama, smjeru prijenosa el. energije i vremenskom razdoblju.
		PRO	HOPS	Plan proizvodnje el. energije za dan isporuke iskazan po proizvodnim jedinicama.
12:30	**13:00**	OT		Izrađuje tržišni plan za dan isporuke i vodi računa o uravnoteženosti svakog ugovornog rasporeda i međusobnu usklađenost svakog ugovorenih rasporeda.
				Traži ispravak od proizvođača, opskrbljivača i trgovca u slučaju potrebnih ispravaka ugovorenog rasporeda.
13:00	**13:30**	PRO	OT	Dostaviti ispravljeni ugovorni raspored.
13:30	**14:00**	OT	HOPS	Dostavlja tržišni plan i satni plan proizvodnje.
14:00	**14:45**	HOPS		Izrađuje plan rada sustava za dan isporuke koji sadrži: - tržišni plan - satni plan proizvodnje - plan nabave el. energije za usluge sustava - plan nabave el. energije za pokriće gubitaka u prijenosnoj mreži - plan nabave el. energije za pokriće gubitaka u distribucijskoj mreži - program kompenzacije odstupanja razmjenehrvatskog elektroenergetskog sustava.
14:45	**15:45**	HOPS	SOPS	Usklađuju program razmjene hrvatskog elektroenergetskog sustava sa susjednim operatorima.

Elektroenergetski sustav je skup postrojenja i opreme namijenjene za proizvodnju, prijenos i distribuciju električne energije. Osnovna je uloga elektroenergetskog sustava da uz minimalne troškove u svakom trenutku osigura kvalitetnu isporuku električne energije od izvora do potrošača.[10]

Stabilnost elektroenergetskog sustava u Republici Hrvatskoj ne ovisi samo o jednom čimbeniku ili subjektu, stabilnost sustava se postiže uravnoteženjem svim čimbenika uključenih u sustav.

Uspješno vođenje proizvodnje, prijenosa električne energije do potrošača, bilo da je riječ o električnoj energiji proizvedenoj u Republici Hrvatskoj ili u inozemstvu, povjereno je Hrvatskom operatoru prijenosnog sustava (HOPS). HOPS se brine o učinkovitom vođenju hrvatskog elektroenergetskog sustava kao cjeline u što ulaze proizvodnja, prijenos, distribucija i potrošnja električne energije na području Republike Hrvatske, te usklađivanje rada sa sustavima susjednih država i sinkronim područjem ENTSO-E regije, kontinentalna Europa.

ENTSO-E je europska mreža operatora prijenosnih sustava u koju je uključeno 42 operatora iz 35 zemalja u Europi. HOPS provodi koordinaciju planiranja potrošnje i proizvodnje električne energije (prikazano na slici 2.5), koordinaciju uvoza i izvoza i svih drugih oblika razmjene električne energije, vodi proizvodnju i prijenos električne energije i koordinira opskrbu kupaca, mjerodavan je i odgovaran za uklopna stanja jedinica prijenosne mreže 400 kV, 220 kV i 110 kV. [11]

Tehničko vođenje EES koje provodi HOPS obuhvaća:

- vođenje sustava
- održavanje napona, frekvencije i valnog oblika električne energije
- ponovnu uspostavu sustava nakon poremećaja
- upravljanje naponom i proizvodnjom jalove snage
- dodatno reguliranje frekvencije
- pomoćne usluge
- samostalno pokretanje elektrana
- otočni rad.

Model koji se provodi u Republici Hrvatskoj i na kojem se zasniva elektroenergetski sustav temelji se na ustroju „1+4“. Navedena struktura podrazumijeva postojanje jednog glavnog i četiri centra druge razine.

Hijerarhijski organizirano to izgleda ovako:

- na najvišoj razini je Nacionalni dispečerski centar (NDC) u Zagrebu
- na drugoj razini su četiri mrežna centra upravljanja (MC), Osijek, Rijeka, Split i Zagreb
- na trećoj razini su elektroenergetski objekti i postrojenja (transformatorske stanice, elektrane), centri daljinskog upravljanja (CDU), centri vođenja lanca elektrana i centri vođenja elektrana na slivovima.

Planiranje rada elektroenergetskog sustava HOPS provodi kroz nekoliko vremenskih razdoblja. Planiranje se provodi kroz:

- kratkoročno planiranje
- srednjoročno planiranje
- dugoročno planiranje.

Kratkoročno planiranje EES-a obuhvaća:

- pripremu tehničku dokumentacije za operativno vođenje EES-a za dan unaprijed
- izdavanje suglasnosti o tehničkoj izvodljivosti tržišnog plana i sklopnih operacija u mreži
- izradu plana rada sustava (detaljni opis izrade plana i izdavanje suglasnosti opisan je u tablici 2.4). [11]

Srednjoročno planiranje EES-a obuhvaća:

- koordinaciju izrade plana održavanja prijenosnih postrojenja i davanje suglasnosti na plan održavanja proizvodnih postrojenja
- izradu plana podfrekvencijskog rasterećenja EES-a
- izradu plana ograničenja potrošnje električne energije kod velikih poremećaja u EES-u ili nedostatne dobave električne energije
- izradu plana ponovne uspostave EES-a. [11]

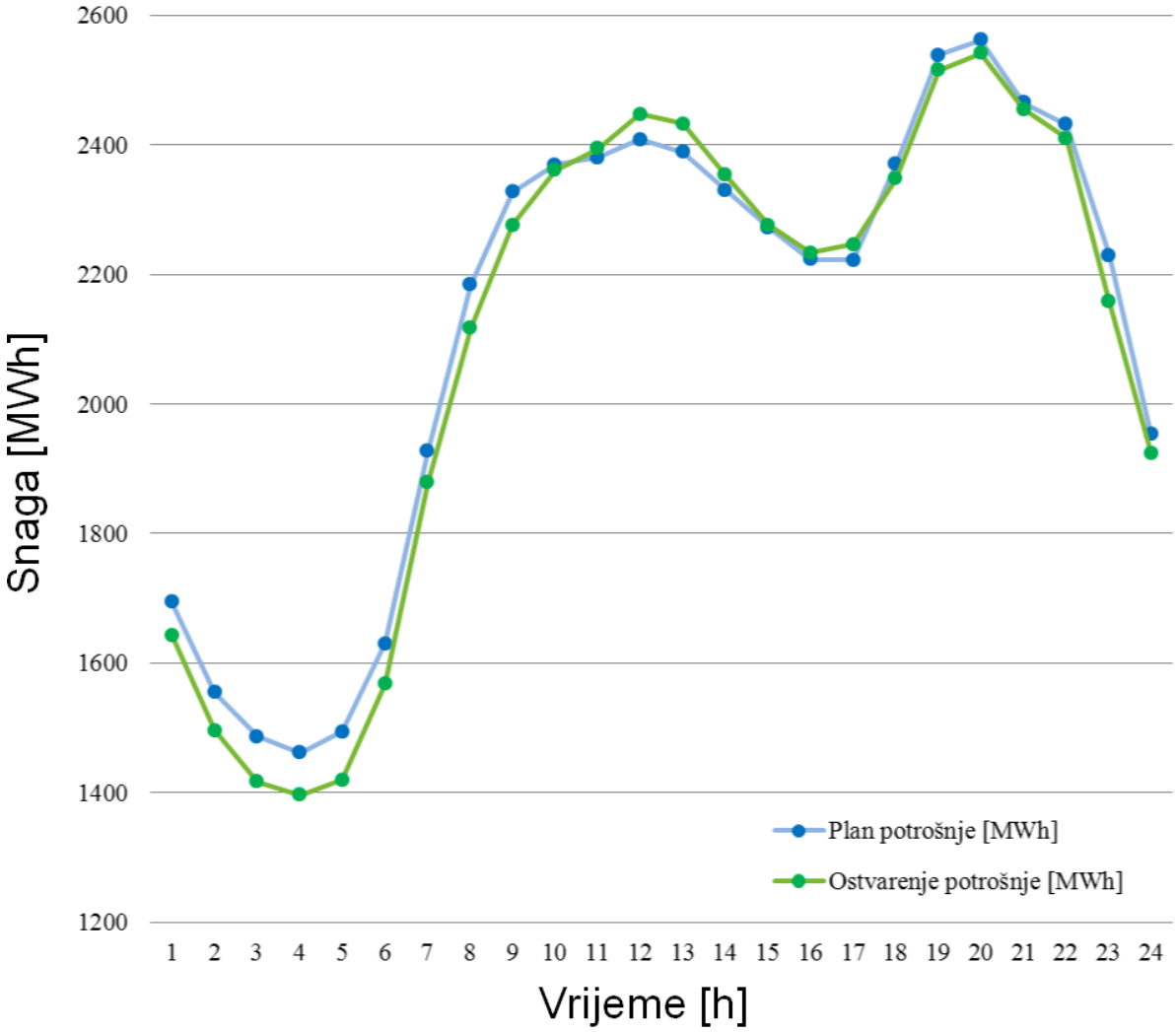
Dugoročno planiranje EES-a obuhvaća:

- izradu dugoročnih predviđanja potrošnje električne energije u funkciji planiranja razvoja prijenosne mreže
- prepoznavanje i istraživanje mogućih slabih točaka u EES-u i odabir tehničkog rješenja za njihovo otklanjanje. [11]

U tablici 2.5 su prikazane pretpostavljene vrijednosti potrošnje za dan unaprijed u usporedbi sa vrijednostima stvarne potrošnje za taj dan. Kao što je vidljivo iz tablice 2.5, a još više iz slike 2.6, vrijednosti se stalno preklapaju, pa možemo reći da su pretpostavljene vrijednosti plana potrošnje dobro pretpostavljene i da se na temelju njih može sagledavali opterećenje unaprijed. Na slici 2.6su nam vidljiva vremena kada u danu nastupa najveće opterećenje na elektroenergetski sustav u Republici Hrvatskoj. Radi se o razdobljima od 10:00 do 14:00, pa nastupa mali pad i onda ponovno povećanje od 18:00 do 22:00. Kasno navečer dolazi do velikog pada u opterećenju elektroenergetskog sustava, a najveći pad se događa između 3:00-5:00 ujutro. Ponekada je pad toliko velik da je na rubu održivosti sustava.

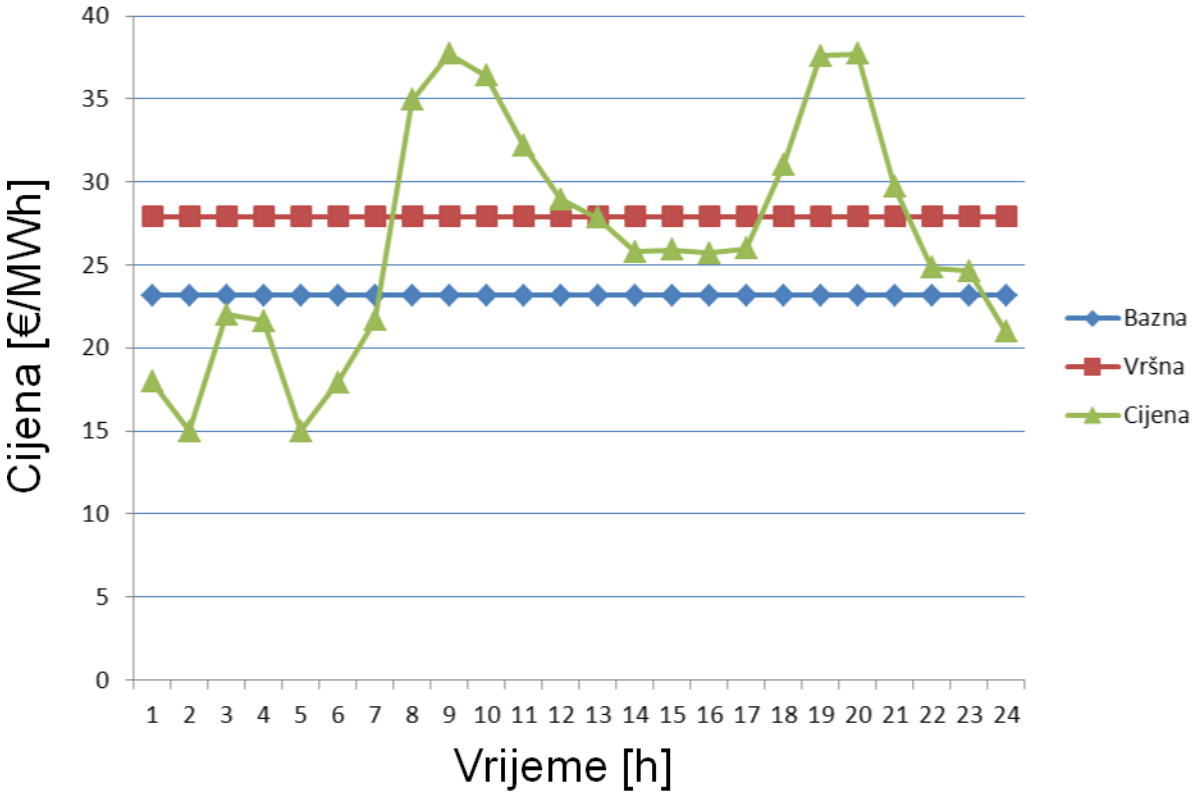
Tablica 2.5: *Podaci za dan unaprijed za predviđenu potrošnju i ostvarenu potrošnju za taj dan* [12]

Sat	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**
Plan potrošnje [MWh]	1694	1555	1487	1462	1494	1630	1927	2184	2327	2369	2380	2408	2389
Ostvarenje potrošnje [MWh]	1643	1496	1417	1396	1420	1568	1879	2117	2276	2361	2394	2447	2432
Sat	**14**	**15**	**16**	**17**	**18**	**19**	**20**	**21**	**22**	**23**	**24**	**Ukupno**	
Plan potrošnje [MWh]	2330	2272	2223	2222	2370	2538	2562	2465	2431	2229	1953	50901	
Ostvarenje potrošnje [MWh]	2353	2276	2233	2246	2348	2515	2541	2455	2410	2158	1924	50305	

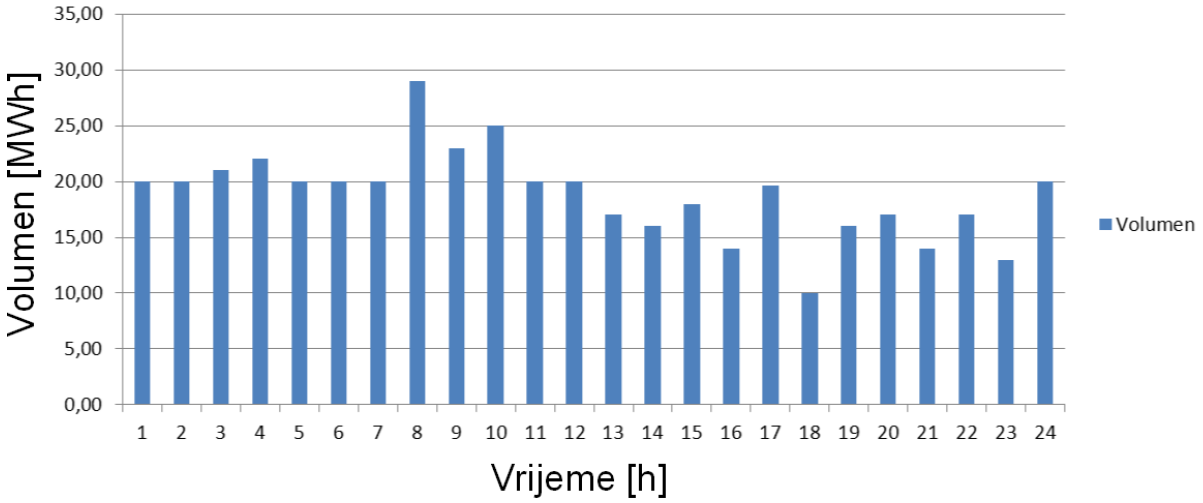


Slika 2.6:*Krivulja opterećenja za dan unaprijed i krivulja trenutnog opterećenja na dan isporuke* [12]

Slika 2.7 prikazuje vrijednosti kretanja cijene električne energije za dan unaprijed, a iz krivulje možemo zaključiti da cijena svakog sata mijenja svoju vrijednost. Dio iznad vršne vrijednosti prikazuje veliku zaradu elektrana u tom trenutku, no isto tako i veliki pad ispod bazne cijene označava da bi poneke elektrane u tom trenutku radile i sa gubitkom. Zakupljena snaga za dan unaprijed vidljiva je na slici 2.8.

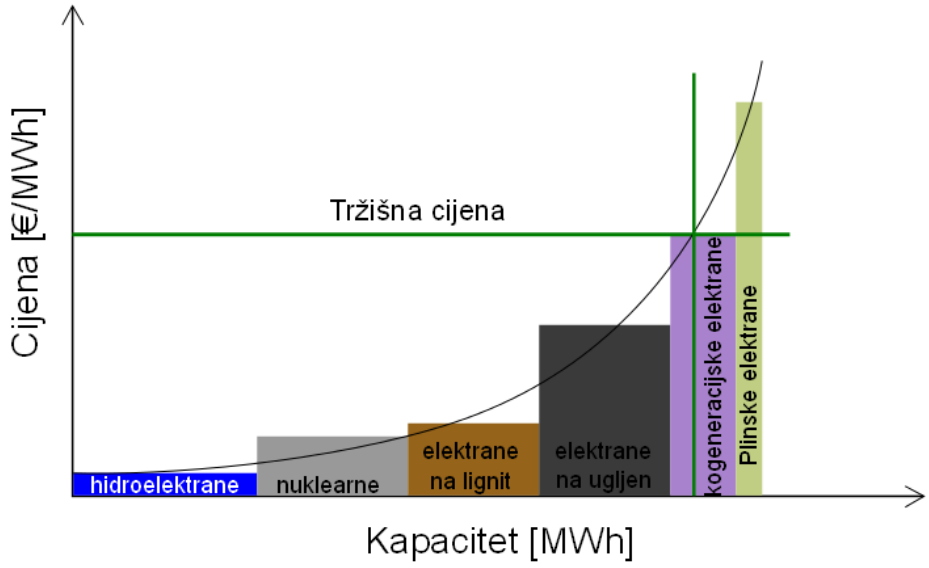


Slika 2.7: *Kretanje cijena električne energije za dan unaprijed* [13]



Slika 2.8.: *Zakupljeni volumen električne energije za dan unaprijed* [13]

HOPS na temelju zakupljenog volumena za dan unaprijed i ranije dogovorenih zakupljenih kapaciteta, tj. tržišnog plana i plana proizvodnje koje mu dostavlja Operator tržišta, izrađuje plan rada sustava kao što je navedeno u tablici 2.4.



Slika 2.9: *Specifične cijene proizvodnje za različite tipove elektrana prikazane na dijagramu za kreiranje tržišne cijene električne energije*

Kao što je vidljivo iz slike 2.9, svaki tip elektrane ima specifičnu cijenu proizvodnje MWh, što se odražava i na cijenu na tržištu električne energije.

Tipove elektrana dijelimo na:

- temeljne
- vršne.

Temeljne elektrane su elektrane na kojima se temelji dnevna potrošnja električne energije jer imaju najmanju cijenu proizvodnje MWh njihov kapacitet se prvi uzima u obzir prilikom izrade dnevnog dijagrama proizvodnje.Na slici 2.9se nalaze na početku jer im je cijena povoljnija. Temeljne elektrane zarade više od ostalih elektrana. Rade tijekom cijelog dana. Zbog tehnologije proizvodnje MWh u temeljnim elektranama, njihovo pokretanje i zaustavljanje nije jednostavno i može potrajati. Primjeri temeljnih elektrana su: hidroelektrane, nuklearne elektrane, elektrane na lignit i ugljen.

Vršne elektrane su elektrane na kojima se temelji dnevno vršno opterećenje elektroenergetskog sustava. Imaju veliku cijenu proizvodnje MWh, stoga im je zarada manja nego temeljnima. Njihov rad nije stalan nego se pale samo po potrebi jer je njihovo vrijeme paljenja i zaustavljanja vrlo brzo i mogu reagirati na brze promjene u sustavu. Na dijagramu je vidljivo da vršne elektrane otprilike rade u razdobljima od 10:00-14:00 i od 18:00-22:00. Primjeri vršnih elektrana su kogeneracijske i plinske elektrane.

3. OPĆENITO O PLANIRANJU INVESTICIJA

3.1. Općenito o planiranju

Kratkoročnim, srednjoročnim i dugoročnim planiranjem u elektroenergetskom sustavu imamo za cilj u danim vremenskim razdobljima zadovoljiti tehničke zahtjeve postavljene pred sustav. U ovom poglavlju osvrt će biti na ista vremenska razdoblja no uzimajući u obzir investicijske odluke elektrana koje proizvode električnu energiju ili će tek postati proizvođači.

Planiranje je aktivnost kojom se provodi određeno sagledavanje i utjecanje na trenutno stanja, a želeći utjecati na budući ishod, tj. određivanje aktivnosti koje će nas dovesti od trenutnog stanja do stanja kakvo želimo da bude u budućnosti.

Planiranje investicija svake tvrtke je osnova za daljnji razvoj i putokaz kojim smjerom će se određena tvrtka razvijati.Svaka tvrtka posjeduje specifične karakteristike zbog kojih je svaki investicijski plan specifičan za svaku tvrtku. Planiranje kao samostalna aktivnost ne bi bila produktivna za tvrtku ako se uz planiranje ne razvija i kontrola. Kontrola planova vrši nadzor nad svim aspektima koji su uključeni u investicijski plan. Kontrola se vrši od financijskog sektora, gdje je bitno kontrolirati da se sredstva koja su određena za projekt utroše na komponente koje udovoljavaju sve postavljene zahtjeve koji su postavljeni i da se ne troši više nego je potrebno, tj. da se ne prijeđe budžet koji je određen za taj projekt, do vremenskom sektora koji nam ukazuje na to da li se investicijski plan odvija po određenom vremenskom planu pošto je kod velikih projekata u pitanju suradnja nekoliko različitih dijelova tvrtke uključujući i vanjske izvođače, stoga je potrebno poštivati plansku vremensku proceduru da bi određeni dijelovi bili završeni u točno određenom vremenskom periodu da ne bi došlo do zastoja i probijanja vremenskih rokova.

Postavljeni plan, tj. cilj za tvrtku predstavlja i određeni izazov na temelju kojeg se mjeri uspješnost i pouzdanost tvrtke što može imati za posljedicu dolazak novih ulagača sa novim kapitalom u tvrtku ako su ciljevi ostvareni ili odlazak ulagača ako ciljevi nisu ostvareni. Stoga se planiranju i postavljanju dugoročnih ciljeva treba ozbiljno i studiozno pristupiti i obratiti pozornost na mnoge čimbenike.

Procesima postavljanja ciljeva tvrtke se utvrđuju:

- postavljanjem ciljeva
- planiranjem poslovanja

- organiziranjem poslovanje
- praćenjem poslovanja
- ponovnim utvrđivanjem ciljeva.

Planiranje se odvija kontinuirano kroz kraći ili duži period. U kraćem periodu potrebno je raditi određene rebalanse planova radi prilagode negativnog odstupanja od plana, potencirati nove pozitivne promjene u planu i reagirati na trenutnu situaciju i prilagodbu tržištu kojem tvrtka pripada.

Planiranjem se postiže bolja optimizacija procesa same tvrtke, razvija se proces poslovnog odlučivanja i upravljanja. Svi ovi procesi ovise i o samoj organizacijskoj strukturi tvrtke. Ukoliko je organizacijska struktura razvijena procesi razvija i izvođenje planova će se brže razvijati, no ukoliko organizacija nije dobro organizirana moguće je da planovi neće biti odrađeni u roku ili u krajnjem slučaju da se planovi neće niti ostvariti.

Osnovne karakteristike poslovnog planiranja možemo definirati kao:

- orijentiranost tvrtke ka budućnosti i razviju
- uključuje korištenje vlastitih resursa i znanja
- obuhvaća veći aspekt radnji i resursa od jednog zasebnog plana
- služi kao podloga za kreiranje upravljanja, nadzora i kontrole u budućnosti.

Planiranje čini srž tvrtke. Uzimajući u obzir sve komponente tvrtke i gledamo li ih zasebno, rezultat toga će biti da će svaki odjel imati neke svoje planove i svoje ciljeve koje će htjeti ispuniti i koji vrlo vjerojatno neće biti kompatibilni s nekim ciljevima drugog odjela. Upravo zbog toga je bitno izvršiti poslovno planiranje za cijelu tvrtku gdje će biti objedinjeni planovi za sve odjele, gdje će odjeli međusobno surađivati i zajedno određivati određene planove za budućnost. U takvoj poslovnoj organizaciji gdje je planiranje temelj za buduće radnje, moguće je očekivati napredovanje i razvijanje tvrtke i same organizacije u tvrtki. Poslovno planiranje upravo nam određuje što će tvrtka činiti, kada će to i kojim redoslijedom činiti, na koji način će to čini i tko će to činiti, uzimajući u obzir vlastite mogućnosti i resurse.

Pitanja na koja nam poslovno planiranje daje odgovoru su:

- što želimo postići
- gdje se vidimo u budućnosti
- kako je tržište organizirano

- kako želimo postići određeni cilj
- koja je naša prednost na tržištu i kako je iskoristiti
- imamo li resurse i ljude sposobne za postizanje planova
- imamo li primjeren prostor za ostvarivanje cilja.

Planiranje je aktivnost kojom se:

- unaprijed zacrtavaju zadaci koje treba ostvariti u budućem razdoblju
- planiraju akcije koje treba poduzeti
- planiraju sredstva kojima treba djelovati da se ostvari načelo efikasnosti
- svjesno prikupljaju i obrađuju sve informacije u cilju racionalnog ostvarenja ciljeva
- na osnovu podataka i procjena o budućim uvjetima poslovanja izabere između više varijanti onu koja je povoljnija
- naslanjamo na poslovnu politiku
- uvijek gleda prema budućnosti
- precizno definiraju zadaci iz usvojene poslovne politike
- zadaci kategoriziraju po važnosti i redoslijedu obavljanja
- složeni zadaci razrade na sastavne elemente i izvršioce
- planovima utvrde efekti koje je moguće postići. [14]

Poslovni plan nam određuje kakve ćemo poslovne odluke donijeti u bliskoj i daljoj budućnosti.Planiranje obuhvaća periode u kojem se odvijaju određene aktivnosti vezanje za postizanje ciljeva.

Periodi se dijele na:

- kratkoročno ili operativno planiranje - do godinu dana
- srednjoročno ili taktičko planiranje - od 1 do 5 godina
- dugoročno ili strateško planiranje- od 5 do 20 godina. [15]

Uvjeti za formiranje poslovne politike:

- vanjski
    - koji postoje i djeluju izvan tvrtke
    - na koje tvrtka direktno ne može utjecati
        - prirodni uvjeti
        - razvitak znanosti i tehnologije
        - organizacija društva
        - tržište

        - ostali vanjski uvjeti (lokacija, energetska osnova, prometnice)
- unutarnji
    - na koje tvrtka može djelovati svojim odlukama
        - izbor djelatnosti i predmeta poslovanja
        - izbor lokacije
        - sastav sredstava
        - unutarnja organizacija
        - kadrovski sastav
        - ostali unutarnji uvjeti.

Poslovno planiranje postavlja pred nas određena pitanja za budućnost. Razlike u pitanjima možemo vidjeti u tablici 3.1 gdje jasno možemo sagledati koje su to bitne razlike u poslovnom planiranju kada se uzme vremenski period u obzir.

Tablica 3.1: *Razlike poslovnog planiranja u ovisnosti o trajanju planiranja* [16]

Planski koraci	**Pitanja koja si postavljamo**	**Trajanje (god.)**	**Najvažnije potrebne informacije**	**Primjeri**
Misija	-Zašto smo ovdje	Dugoročno 10-20	-Osobna motivacija -Očekivanja okoline	-Mi smo IT tvrtka
Strateško planiranje	-Što radimo -Koje ciljeve ostvarujemo -Što poduzimamo da bismo ostvarili ciljeve	Dugoročno 5-15	-Analiza okoline -Analiza tvrtke -Ideje	-Planiramo godišnji rast prometa za 15%
Taktično planiranje	-Kako realizirati -Kakve mjere ćemo poduzeti -Koja sredstva su nam potrebna	Srednjoročno 2-5	-Konkretni program -Materijalni i financijski kapaciteti -Potrebni kadrovi -Poslovni rezultati	-Za 2 godine sagraditi ćemo novu zgradu -Za godinu dana osmislit ćemo novu proizvodnu liniju
Operativno planiranje	-Što će se dogoditi u narednoj godini	Kratkoročno 1	-Proizvodnja -Isporuka -Promet	-U narednoj godini proizvest ćemo 10% više proizvoda
Financijski plan	-Kakve ćemo poslovne rezultate ostvariti u tekućoj godini	Kratkoročno 1	-Ulaz/Izlaz -Prihodi/Rashodi -Troškovi/Efekti	-U tekućoj godini očekujemo profit veći za 7%

3.2. Kratkoročno planiranje

Kratkoročna predviđanja se rade temeljito i detaljno jer se koriste za kontrolu tekuće imovine tvrtke, dok se dugoročne prognoze ne iskazuju tako detaljno. [17]

U kratkoročno planiranje ulaze sva planiranja kraća od godinu dana. Također ulaze sva operativna planiranja koja se provode kvartalno (svaka 3 mjeseca), mjesečno, tjedno i dnevno.

Kratkoročno planiranje je oblik planiranja realizacije dugoročnih planova u kratkoročnom razdoblju kojem je temelj upravljanje prihodima, troškovima, dobiti i novčanim tijekom. [18]

3.3. Srednjoročno planiranje

Srednjoročno planiranje obuhvaća planiranje koje se odvija u razdoblju od 1-5 godina. U srednjoročnom planiranju se definiraju konkretni planovi sa rokovima početka i završetka, sa planom svih sredstava, financijskih i kadrovskih. [18]

3.4. Dugoročno planiranje

Dugoročno planiranje je oblik usmjeravanja razvitka i funkcioniranja poslovnih aktivnosti kroz dugoročno razdoblje koje je duže od 5 godina. [18]

Dugoročno mišljenje:

- naglasak je na rastu
- sagledavanje okružja (kompleksnost tržišta)
- trendovi prošlosti (alternative budućnosti)
- ekonomski napredak (cjelovito okruženje)
- sadašnje aktivnosti (nove namjere)
- kontinuirani razvoj
- godišnja ceremonija planiranja (stalno preispitivanje)
- detaljno planiranje (širi okvir za inovacije i planiranje). [19]

Kreiranje planova, ostvarivanje i kontinuirano praćenje pospješuje kontrolu rada i kvalitetu tvrtke i proizvoda. Planiranjem i radom po određenim planovima dolazimo do toga da sami utječemo na budućnost tvrtke i kontroliramo svoj rad i uspješnost izvedenog plana. Stalnom kontrolom izvedenog plana možemo utjecati na brzinu izvedbe, predvidjeti nepredvidive troškove ili upozoriti na prekomjerno trošenje izdvojenih sredstava i mnoge druge stvari koje se ne odvijaju prema planu koji smo si postavili.

4. ALATI ZA ANALIZE INVESTICIJSKIH ODLUKA

Investicijske odluke u proizvodnim kompanijama izloženim tržišnom okruženju donose se na temelju detaljnih analiza. Analiza se provodi jer investitori žele znati za koliko vremena će im se njihova investicija isplatiti. Kao što je navedeno ranije u radu u poslovnom planiranju mnogi su parametri koji utječu na poslovne odluke. Postoje uvjeti na koje investitori ne mogu utjecati, no postoje i oni za koje su oni direktno odgovorni.

Investitori direktno mogu utjecati na:

- izbor djelatnosti i predmeta poslovanja
- izbor lokacije (ključno zbog blizine resursa potrebnih za poslovanje i kupaca proizvoda)
- sastav sredstava (investiraju li svoj vlastiti novac ili uzimaju dugoročni kredit)
- unutarnja organizacija
- kadrovski sastav
- ostali unutarnji uvjeti.

Investicijske odluke su kompleksne i zahtijevaju kompleksne izračune. Upravo se zbog toga u današnje vrijeme koriste specijalizirani programi, uzimajući u obzir sve parametre, kako bi olakšali investicijske odluke investitora i odgovorili na sva njihova pitanja vezano za ulaganje.

Jedan od programa koji se koristi je EMCAS (ElectricityMarket Complex Adaptive System), razvijen od Argonne nacionalnog laboratorija (Argonne National Laboratory). EMCAS koristi više agentnu simulaciju proizvodnih investicijskih odluka u uvjetima tržišta električne energije.Statistički algoritam računa cijenu i dobit za nove proizvodne tvrtke u različitim stanjima sustava. Kao rezultat analize dobije se scenarij u kojem su uključene nesigurnosti vezane za buduće opterećenje, stanje hidroelektrana, reakcije konkurenata, cijene električne energije, emisije ugljičnog dioksida i tip tržišta u kojem se želi investirati. Scenarij pomaže investitorima donijeti pravovremenu i pravovaljanu poslovnu odluku.U EMCAS-u i sličnim programima dobiveni rezultat je realniji jer analize uzimaju više parametara, a u obzir uzimaju i aktivno sudjelovanje konkurentskih proizvodnih tvrtki što drugi programi ne uzimaju u obzir, pa je njihov rezultat analize najbliži izračunu za nove proizvodne tvrtke po principu minimalizacije troškova. No investicijske odluke se i dalje donose na temelju očekivanja o budućoj dobiti i povratu investicije.

Proizvodne tvrtke su svakodnevno izložene riziku i neizvjesnosti tržišta jer cijena električne energije se mijenja iz sata u sat, cijene goriva se mijenjaju na tjednoj bazi, pa zarada proizvodnih tvrtki može dosta oscilirati u samo jednom danu, od velike zarade ujutro do velikog gubitka navečer.

Restrukturiranje elektroprivrede nije pokrenuto tako davno pa nije moguće još sagledati sve posljedice koje se mogu odraziti na nove proizvodne tvrtke i ulaganja. Investicije su dugoročne, a prošao je relativno kratak rok od kreiranja tržišta električne energije u kojem nismo još prikupili dovoljno podataka koji bi bili relevantni da bi ih mogli uzeti u obzir.

Postoji potreba za daljnjim razvojem programskih alata koji bi mogli još realnije analizirati postojeće stanje tržišta električne energije na taj način da njihova analiza bude što točnija i da uzima i parametre koji do sada nisu bili uzimani u obzir jer nam dosadašnje znanje nije moglo dati informacije o čemu točno tržište ovisi. Razvoj takvih programa je dinamičan jer je i samo tržište električne energije dinamično. Riječ je o novom području istraživanja, a pošto je prošlo kratko vrijeme od uvođenja sustava to predstavlja izazov programerima i istraživačima. Kreiranjem tržišta električne energije pojavila se potreba za alatom koji bi olakšao investicijske odluke stoga su bili upotrebljavani razni modeli na temelju koji su se donosile odluke. Teorija igara, dinamika sustava, teorija realnih opcija i modeliranje zasnovano na agentima jedni su od primjera raznih modela s kojim su se pokušale dobiti analize koje bi bile približno realne i pouzdane i koje bi se koristile za daljnju analizu tržišta električne energije.

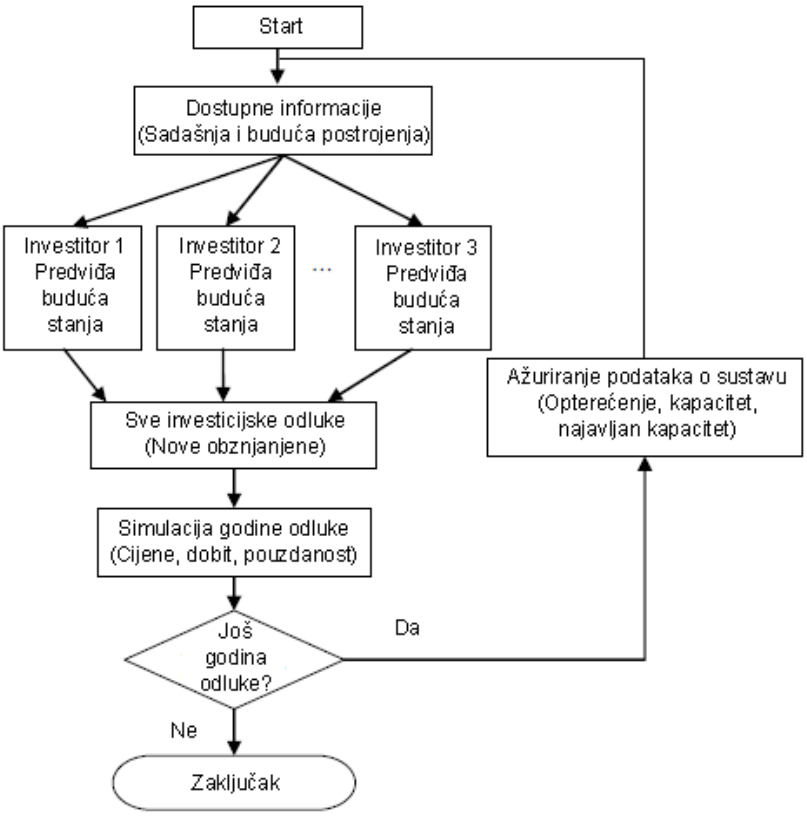
4.1. Simulacija programom EMCAS

Pobliže ćemo objasniti rad modela više agentne simulacije investicijskih odluka u uvjetima tržišta električne energije. Ovakav model uzima pojedinačne neovisne tvrtke koje su mogući ulagači u nova postrojenja, a koje su međusobno povezane u zajedničkom okruženju. Algoritam simulira tržište električne energije u stvarnom i budućem vremenu uzimajući u obzir stanje proizvodnih tvrtki i održavanje istih. Analizom stanja dolazimo do scenarija u kojem su nam prezentirani budući rast opterećenja zbog povećanja potrošača, hidrološki uvjeti i moguća buduća ulaganja konkurenata na tržištu.

Program simulira stanje kroz nekoliko budućih godina i za svaku tvrtku pojedinačno procjenjuje mogućnosti budućih ulaganja analizirajući koliko povećati kapacitet i na koji način da bi se optimalno povećala proizvodnja i dobit. Također u obzir se uzimaju i posljedice

koje će nova postrojenja imati na sadašnja postrojenja i koliko će se promijeniti cijena na tržištu. Nakon što se određena tvrtka odluči na ulaganja potrebno je da svoj plan o ulaganju objavi i učini dostupnim svim proizvodnim tvrtkama u okruženju. Na temelju plana se mijenjaju i analize drugih tvrtki i njihovi planovi o budućem stanju jer uzimaju i novi kapacitet postrojenja koji je objavljen da će biti pušten u pogon. Međutim, planovi između tvrtki u okruženju se ne dijele u godini odluke, tj. ne dijele se u vremenu dok se tvrtke trebaju tek odlučiti na određene korake, nego tek onda kada to vrijeme prođe jer konkurencija može djelovati brže i izgraditi postrojenje i pustiti ga u pogon prije i s time promijeniti stanje tržišta prema kojem smo mi računali i proveli svoju analizu, a odmah s time se mijenja i cijena i vrijeme povrata investicije.

Kao što je prikazano na slici 4.1, investicijske odluke se počinju donositi na temelju dostupnih informacija koje se dijele zainteresiranim investitorima koji onda na temelju toga donose svoje zaključke i predviđanja. Sve investicijske odluke se tada skupljaju i simulira se godina odluke, ukoliko rezultati analize za godinu odluke ne zadovoljavaju investitore, tada se ažuriraju podaci o sustavu i kreće ponovna analiza, no ukoliko je investitor zadovoljan tada se simulacija zaključuje i investitor ima rješenje za svoje ulaganje u nova energetska postrojenja.



Slika 4.1: *Shematski prikaz koraka prilikom izvođenja simulacije za godinu odluke*

Sve tvrtke koriste slične modele, no parametri koje unose se ponešto razlikuju što dovodi i do razlika u rezultatima same analize. Parametri koji se mogu razlikovati od tvrtke do tvrtke su djelatnosti kojima tvrtka želi proširiti svoje djelovanje, vjerojatnosti opterećenja i hidrološki podaci, a dostupnost alternativnih ulaganja je također različita u tvrtkama. Tvrtke tijekom simulacija na temelju prošlih planova mogu naučiti puno jedni o drugima što može pomoći pri analizi mogućih planova ulaganja u nova postrojenja konkurencije, a time i mogućnost da ih se preduhitri u određenim planovima.

Jedna od bitnijih stvari koja može odrediti kakve će nam investicijske odluke biti su različite djelatnosti kojima se tvrtke bave, tj. kakve trenutno proizvodne kapacitete posjeduju.

Postoje četiri vrste nesigurnosti koje se pojavljuju u modelima za analizu ulaganja u nova postrojenja. Nesigurnosti o budućem rastu opterećenja i hidrološki uvjeti su fizički uvjeti, a druge dvije nesigurnosti su pretpostavke o budućim odlukama konkurentskih investitora. Profitabilnost novih postrojenja se procjenjuje tijekom cijelog scenarija.

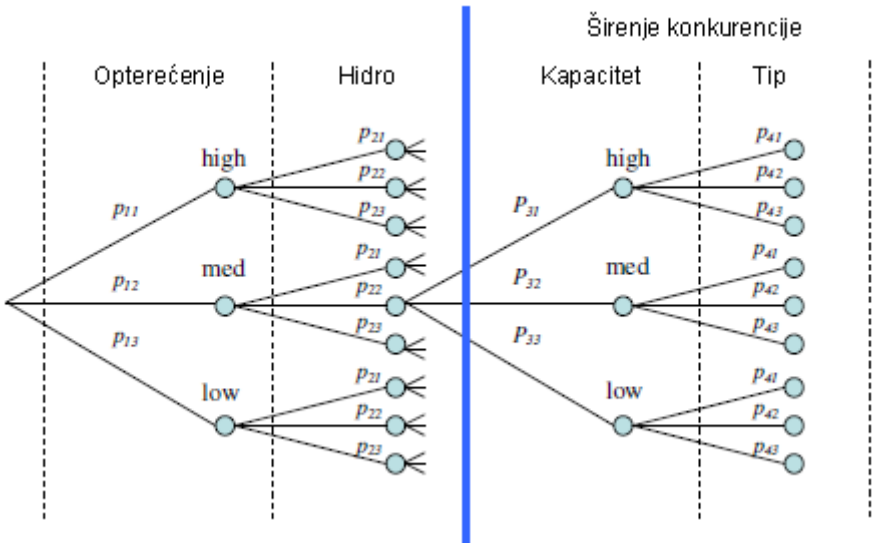
Nesigurnost vezana za buduće opterećenje sustava prikazana je u scenariju u kojem se opisuje godišnji postotak povećanja opterećenja za svaku godinu tijekom promatranog razdoblja.

Hidrološki uvjeti su u modelu predstavljeni kao skup svih hidroelektrana koje su dostupne sa mogućih kapacitetima tijekom promatranog razdoblja.

U rezultatima analize najvažniju ulogu ima scenarij, u kojem je prikazana struktura širenja po količini opterećenja, kapacitetu i tipu elektrane, uzimajući u obzir i širenje konkurencije kao što je prikazano na slici 4.2.

Kako bi se predvidjeli cijena i dobit tijekom životnog vijeka novog postrojenja investitori moraju predvidjeti koja su moguća ulaganja u postrojenja njihove konkurencije na temelju javnih planova o proširenju proizvodnje. Svaki investitor ima svoju viziju koliko bi konkurenti mogli instalirati novih proizvodnih pogona u budućem razdoblju. Više agentni model pretpostavlja instalirani kapacitet i tehnologiju od ostalih proizvođača kao dvije zasebne analize u scenariju. Investitor će u obzir uzeti da će nova postrojenja konkurenata zauzeti određeni postotak ukupnog kapaciteta tržišta.

Cijena električne energije i dobit se u analizi računa za svakog proizvođača posebno, također utjecaj dobiti se analizira i za postojeća postrojenja uzimajući u obzir nove kapacitete.



Slika 4.2: *Scenarij iz analize rezultata programa EMCAS*

Kako bi se stvari pojednostavile za analizu, određene stvari se uzimaju kao zajedničke za sve konkurente, kao što je naprimjer to da uzimaju svi isti scenarij za rast opterećenja i za hidrološke uvjete.

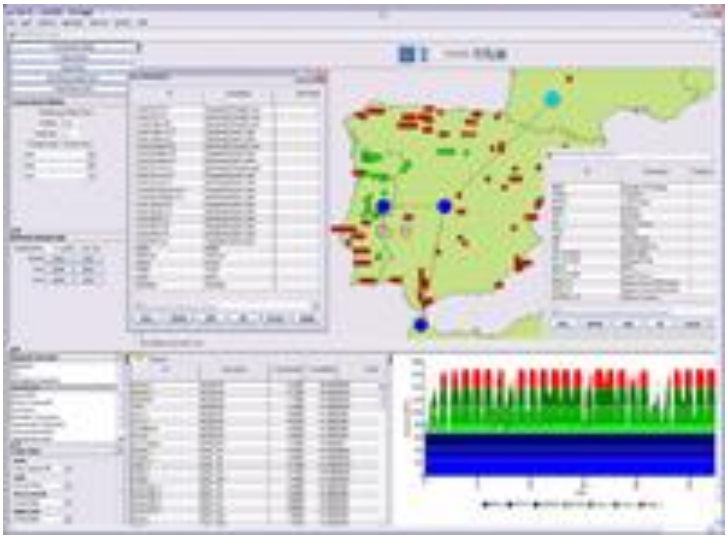
Rezultati analize se koriste za određivanje željenih investicijskih ulaganja za svakog pojedinog investitora. Određeni algoritmi se koriste za izračunavanje očekivane dobiti od svih mogućih investicijskih odluka, uzimajući u obzir i one koje ne ulažu. Prema tim algoritmima optimalna odluka je odabrati alternativu s najvišom očekivanom dobiti. Algoritmi uzimaju u obzir i sklonosti riziku investitora birajući između različitih ciljeva.

U svakoj promatranoj godini, investitori moraju odlučiti koliko novih kapaciteta sagraditi sa različitim tipovima tehnologije. Za ograničavanje mogućih komplikacija, investitor je u mogućnosti odabrati samo jedan tip tehnologije u koji će ulagati. No investitor je u mogućnosti analizirati povećanje kapaciteta za sve različite vrste tehnologije za isti kapacitet i analizom rezultata doći do tip tehnologije u kojoj će dobit biti najveća. Postupak se ponavlja sve dok analiza investitoru ne prikaže rezultate koji će reći da je u toj godini moguće proširiti proizvodnju. U analize se uključuju svi planovi konkurencije da bi rezultati analiza bili što precizniji.

4.2.Primjer Pirinejskog poluotoka

Simulirano je tržište električne energije za Pirinejski poluotok (Portugal i Španjolska) za razdoblje od 20 godina sa polaznom godinom 2008. godinomi zaključenom 2028. godinom.

Elektroenergetska mreža sa slike 4.3 je bila početna točka za analizu elektroenergetskog sustava. U tu mrežu uključene su sve elektrane koje se nalaze na tom području, a u obzir je uzet i tip elektrane i njezin kapacitet, isto kao i širenja kapaciteta iz prošlosti i trenutne najave za budućnost.



Slika 4.3: *Elektroenergetska mreža na Pirinejskom poluotoku*

Za tržište električne energije sa Pirinejskog poluotoka pretpostavili smo određene stvari pa ćemo ih sada navesti. Najveće opterećenje je pretpostavljeno 55,400 MW, uzimajući u obzir da je opterećenje relativno jednoliko tijekom godine sa određenim povećanjima tijekom zime (prosinac i siječanj). U obzir su uzeta 3 scenarija s rastom opterećenja od 2%, 3% i 4% za svaku godinu sa vjerojatnošću od 20%, 60% i 20%. Srednji scenarij se upotrebljava za stvarni rast godišnjeg opterećenja kako simulacija napreduje kroz godine. Scenarij uključuje i 3 pretpostavke za hidrološke uvjete, vlažna, prosječna i sušna godina uzete su u obzir sa vjerojatnostima od 20%, 60% i 20%. Prijenosna ograničenja nisu uzeta u obzir no uvoz električne energije iz Francuske je predstavljen kao stalna vrijednost, a izvoz u Maroko je dodan kao dodatno satno opterećenje.U scenarij su uračunati za instalirani kapacitet različiti tipovi elektrana koje koriste različita goriva, a tipovi goriva su:

- nuklearno
- ugljen
- prirodni plin
- lož ulje
- voda
- vjetar
- i drugi izvori,

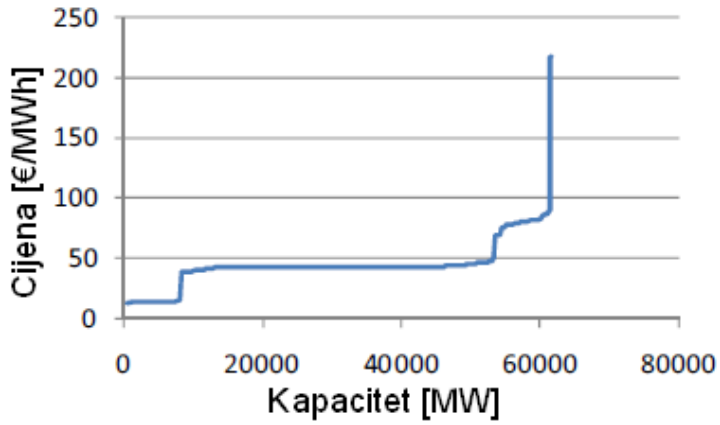
navedena goriva, sa pripadajućim postojećim kapacitetima, kapacitetima koji su trenutno u izgradnji i oni koji su planirani, su detaljnije opisani u tablici 4.1.

Elektrane koje se tek grade i određene elektrane koje će prestati sa radom dok se završi promatrano razdoblje su također u proračunu.

Tablica 4.1: *Postojeći kapaciteti i kapaciteti u izgradnji*

Tip goriva	Postojeći kapacitet (do 2008.) [MW]	Trenutno u izgradnji (do 2012.) [MW]	Elektrane koje se gase (do 2027.) [MW]
Nuklearno	7400	-	6400
Ugljen	12300	-	12000
Prirodni plin	21900	10300	3700
Lož ulje	5800	-	5800
Voda	19900	-	-
Vjetar	14400	3300	-
Ostalo	9500	1600	-
Ukupno	91200	15200	27900

Početna krivulja na slici 4.4je prikazala dugu vodoravnu krivulju za vrijednost 40€/MWh jer većina elektrana na prirodni plin i ugljen imaju specifičnu cijenu proizvodnje oko te vrijednosti sa pretpostavljenom vrijednošću za emisije CO2 na 20€/t.



Slika 4.4: *Promjena cijene u ovisnosti o rastu kapaciteta*

Na Pirinejskom poluotoku postoje brojna postrojenja za proizvodnju električne energije, no u analizi smo se usredotočili na 8 proizvođača koji su navedeni u tablici 4.2. Imena proizvodnih tvrtki su izmišljena, no tehnički podaci su isti stvarnim proizvodnim postrojenjima. Ukupno postoji 111 elektrana na toplinsku energiju i 38 hidroelektrana. U ovoj

analizi u proračun su uzeta samo proširenja u elektrane koje koriste toplinsku energiju za proizvodnju električne energije.

Sedam postojećih i jedno novo postrojenje, navedeni u tablici 4.2., imaju potencijala za proširenje za četiri nova postrojenja prikazana u tablici 4.3. Osam postojećih postrojenja imaju iste popuste u analizi širenja, 5% na ugljeni prah (PCC), 5% na kombinirani proces s integriranim uplinjavanjem (IGCC), 5% na kombinirani proces sa prirodnim plinom (NGCC) i 6% za plinske turbine (GT).Sva postrojenja koriste dobit kao kriterij za odlučivanje u nove investicije, a također koriste i isto faktor rizika od -3.

Tablica 4.2: *Glavne elektrane i njihov udio u ukupnom kapacitetu*

Identifikacijska oznaka	Ime elektrane	Broj energetskih postrojenja	Udio u kapacitetu (%)
A	Elektrana A	21	25
B	Elektrana B	25	24
C	Elektrana C	14	11
D	Elektrana D	18	9
E	Elektrana E	7	7
F	Elektrana F	4	3
G	Elektrana G	6	3
Nove	Novo postrojenje	0	0
Ostale	Ostale	16	18

Tablica 4.3: *Karakteristike postrojenja u koja je moguće ulaganje*

Tehnologija	Kapacitet [MW]	Cijena za koju se nadmeće [€/MWh]	Kapitalna cijena [€/kW]	Vrijeme povratka [god]	Vrijeme izgradnje [god]
PCC	800	38,9	1200	25	4
IGCC	375	40,9	1500	25	4
NGCC	420	40,2	550	20	2
GT	250	48,9	250	15	2

Legenda tablice 4.3:

- PCC - elektrane na ugljeni prah
- IGCC - kombinirani proces s integriranim uplinjavanjem
- NGCC - kombinirani proces sa prirodnim plinom
- GT - plinske turbine.

Pretpostavili smo da sva postrojenja imaju ista očekivanja o budućim granicama sustava. Svi predviđaju da će toplinska granicama biti 30% (to znači da očekuju da će se toplinska energija povećati za 30% od trenutne vrijednosti).

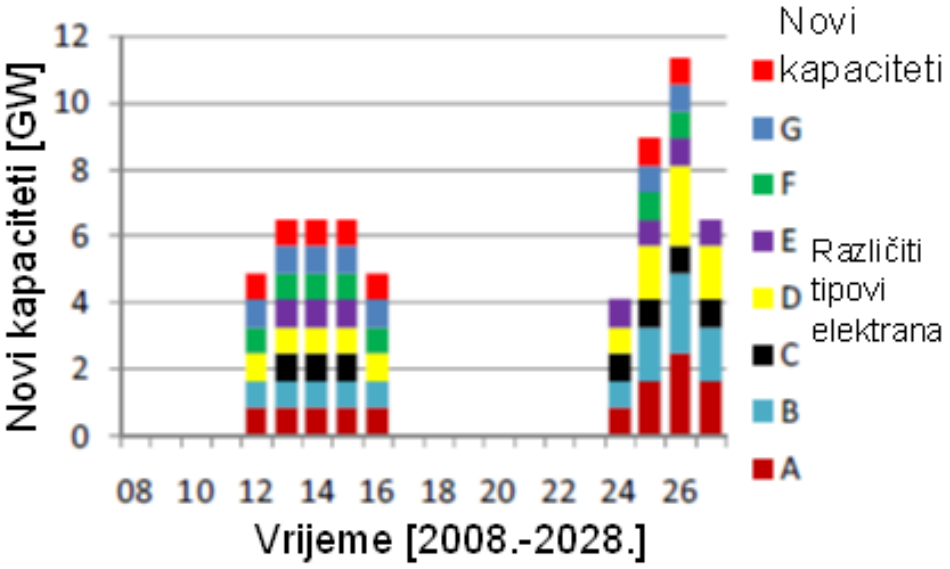
Tri najveća postrojenja A, B i D individualno očekuju da će njihovi konkurenti izgraditi 75%, 85% ili 95% potrebnog kapaciteta da bi se zadovoljile buduće granice sustava, tj. buduće opterećenje sustava. Druga postrojenja predviđaju da će njihovi konkurenti izgraditi 90%, 95% ili 100% potrebnog kapaciteta. Kod svih konkurenata, tipovi elektrana PCC, IGCC i NGCC se upotrebljavaju u svih postrojenjima.

U scenariju su se stvorile dvije grane u dva konkurentska sloja proširenja koje imaju istu vjerojatnost od 1/3. Uključujući tri grane za povećanje opterećenja, hidrološke uvjete, konkurentska proširenja, i tipove elektrana koje su uključene u proširenje konkurencije, scenarij ima ukupno 81 granu.

Pretpostavili smo da će većina parametara biti jednaka i da će očekivanja investitora biti jednaka.

4.3. Analiza rezultata simulacije u programu EMCAS

Kao što je prikazano na slici 4.5, vidljiv je nagli porast novih kapaciteta. Postrojenja su odlučila investirati i izgraditi nove kapacitete u elektranama na ugljenu prašinu (PCC) i to u 5 godini nakon početka simulacije, točnije u 2012. godini postrojenja počinju sa radom.



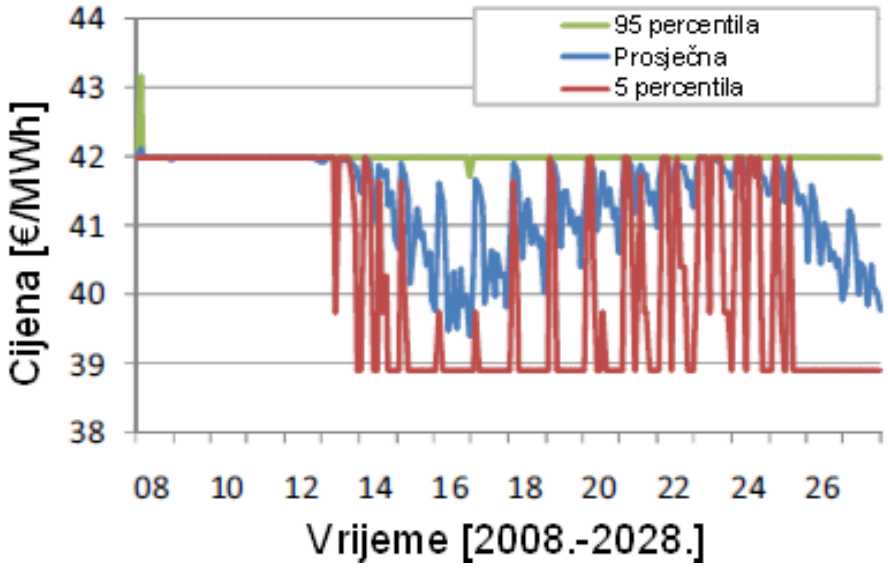
Slika 4.5: *Ulaganja u nove kapacitete tijekom promatranog razdoblja od 20 godina*

Sljedeći period ulaganja u nova postrojenja pojavljuje se pred kraj simulacije i to u 15 godini simulacije točnije u 2024. godini.

Sva postrojenja su uložila u nove kapacitete, no postrojenja A, B i D su izgradila više kapaciteta od ostalih, vjerojatno zbog njihovog manjeg očekivanja o proširenju konkurencije.

Potrebno je primijetiti da svako postrojenje ima ograničenja o mogućnostima proširenja na godišnjoj razini, što dovodi do smanjenih ulaganja u prvih 5 godina simulacije.

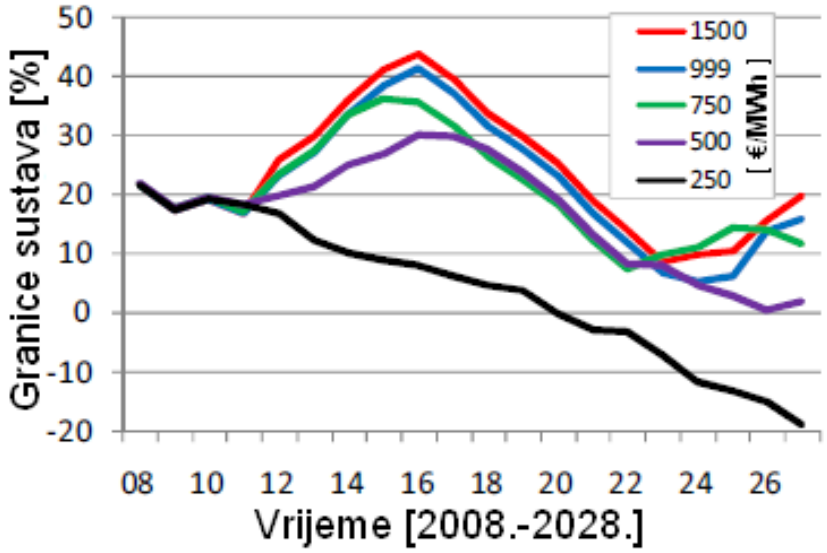
Na slici 4.6vidimo da se cijena tijekom promatranog razdoblja nije puno promijenila i ostala je na razini od otprilike 40€/MWh. Veća promjena cijene nije nastupila jer se cijena određuje na temelju najviše specifične cijene proizvodnje za toplinsku elektranu i sve ostale elektrane koje rade ili koje su u izgradnji imaju specifičnu cijenu u tom rasponu kao što je vidljivo na slici 4.4 i u tablici 4.3.



Slika 4.6: *Promjena cijene tijekom promatranog razdoblja od 20 godina*

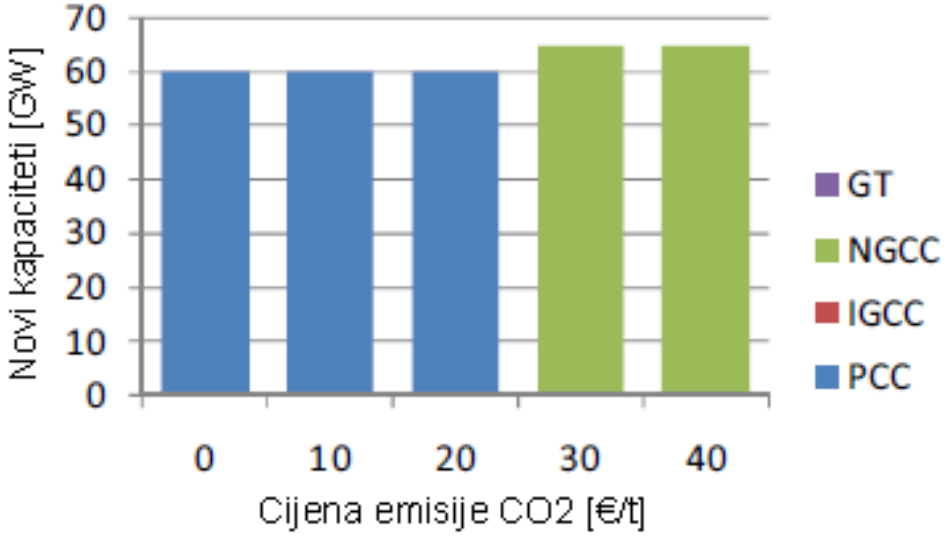
U algoritmu, kada je pretpostavljeno da ne postoji dovoljno kapaciteta u sustavu da bi se zadovoljilo opterećenje, cijena se određuje na temelju regularne cijene. Na slici 4.7 prikazano je kako cijena ima važnu ulogu u odlučivanju o ulaganju u nova postrojenja, a time i na granice sustava.

S najnižom cijenom od 250 €/MWh, investitori ne očekuju veliku dobit u ulaganjima u nove kapacitete i zbog toga se granice sustava smanjuju. Također je vidljiv početak drugog perioda investicija u nove kapacitete pri kraju promatranog razdoblja.



Slika 4.7: *Utjecaj cijena na nova ulaganja u nove kapacitete*

Cijena za emisije CO2 dodaje se u operativne troškove postojećih i novih postrojenja te na taj način utječe na tržišnu cijenu. Kako bismo analizirali utjecaj cijene za emisije CO2 na odluke investitora, kreirali smo scenarij u kojem smo mijenjali cijenu emisije CO2 od 0 do 40 €/t. Rezultat provedenog scenarija je vidljiv na slici 4.8.



Slika 4.8: *Utjecaj promjene cijene emisije CO2 na ulaganja u nove kapacitete*

Slika 4.8 ukazuje na to da su investitori promijenili tip elektrane u koju ulažu. Pri cijeni emisije CO2 između 20-30 €/t investitori su prestali ulagati u elektrane na ugljeni prah i počeli su ulagati u elektrane sa kombiniranim procesom sa prirodnim plinom. Također je vidljivo i malo povećanje kapaciteta i da se ukupna djelatnost proizvođača nije puno promijenila.

Investitori ulažu u samo jedan tip tehnologije ili u elektrane na ugljeni prah (PCC) ili na kombinirane elektrane sa prirodnim plinom (NGCC) što je vrlo rizična odluka za budućnost jer postrojenja postaju vrlo ovisna o samo jednoj vrsti goriva. Prosječna cijena na tržištu električne energije se u simulacijama kreće između 30,8 i 48,8 €/MWh u pet scenarija.

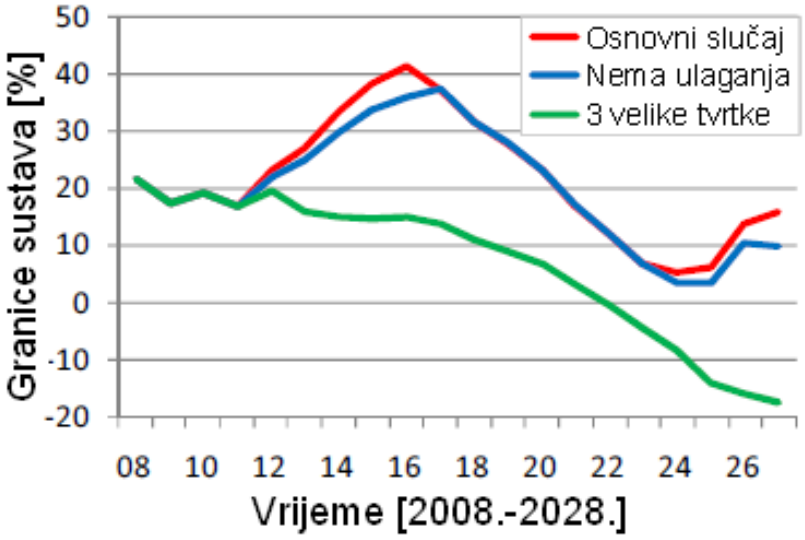


Slika 4.9: *Utjecaj promjene rizika na ulaganja u nove kapacitete*

Osjetljivost investitora na rizik ima velik utjecaj na ulaganja. Na slici 4.9 jasno je vidljivo da preuzimanje više rizika donosi izgradnju više kapaciteta. Također možemo vidjeti da investitori ulažu u kombinirani proces s integriranim uplinjavanjem (IGCC) i kombinirani proces sa prirodnim plinom (NGCC) tek kod najviše razine rizika (5). Ulaganja konkurencije nemaju veliki utjecaj na investicijske odluke investitora i ne mijenjaju rizik investitora.

Na kraju analize provedena je simulacija kako bi se vidjelo na koji način ukupni broj novih postrojenja ovisi o broju tvrtki koje ulažu u nove kapacitete.

Najveća promjena je vidljiva kada u simulaciji odredimo samo tri velike tvrtke koje ulažu u nova postrojenja. Kao što je vidljivo na slici 4.10 granice sustava padaju ispod nule i postoji velika količina neisporučene električne energiju zadnjih 5 godina promatranog razdoblja. Velike tvrtke ne grade mnogo novih kapaciteta, čak i ako sve ostale konkurente uklonimo iz simulacije. Razlog tome može biti što tri velike tvrtke ne žele ulagati u nove kapacitete i time riskirati smanjenje dobiti trenutnih postrojenja.



Slika 4.10: *Promjena ulaganja u ovisnosti o broju investitora*

Program više agentne simulacije investicijskih odluka u uvjetima tržišta električne energije nam je preko analize stvarnog primjera tržišta sa Pirinejskog poluotoka ukazao na koji način je moguće iskoristit takav alat pri investicijskim odlukama. Rezultati analize za Pirinejski poluotok ukazuju da model može pružiti uvid u dugoročne investicijske odluke na stvarnom tržištu električne energije. Ulaganja u kapacitete, cijene i pouzdanost mogu biti analizirani kao funkcija tržišta, na razini konkurencije i individualnim odlukama svake tvrtke.

U programu je moguće simulirati složen sustav tržišta i na temeljnu unesenih parametara dobiti rezultate analize koja će pokazati koje odluke i kada donijeti da bi nam dobit bila najveća.Moguće je predvidjeti kretanja cijena i ulaganja konkurencije u nove kapacitete što nam omogućuje da ih predvidimo i pokušamo ih preduhitriti u namjeri i ostvarimo najveću moguću dobit.Modeli kao što je ovaj će se i dalje razvijati, a s time u svezi će i rezultati analiza biti točniji i biti će moguće još točnije predvidjeti buduća stanja.Jedna od stavki koje će se mijenjati su svakako parametri koji se unose jer kako vrijeme bude prolazilo imati ćemo sve veći uvid u tržišta električne energije i moći ćemo uvidjeti postoje li određene stvari na koje nismo obraćali do sada pozornost, a uvelike utječu na sustav.

5. ANALIZA UTJECAJA IZGRADNJE NOVE ELEKTRANE NA CIJENU ELEKTRIČNE ENERGIJE

5.1. Programski alat Power World

Power World je interaktivni simulator elektroenergetskog sustava kreiran za simuliranje rada elektroenergetskog sustava na visokom naponu usmjeren da bude krajnje jednostavan i da bude što interaktivniji. Power World simulator se sastoji od više osnovnih dijelova. Njegov središnji dio je sveobuhvatan algoritam za rješavanje tokova snaga sposoban za učinkovito rješavanje sustava do 100 000 sabirnica. Upravo zbog toga ovaj simulator je vrlo koristan alat koji se može koristiti za analizu tokova snaga.Za razliku od ostalih dostupnih komercijalnih programa za analizu tokova snaga, Power World omogućava vizualni prikaz sustava kroz korištenje animiranih dijagrama u boji u kojima je omogućeno uvećavanje i pomicanje slike.Elektroenergetski sustav je moguće kreirati pomoću određenih već postojećih modela koji dolaze uz simulator ili kreirati svoj vlastiti sustav koristeći alat za uređivanje sustava. Dalekovode je moguće uključivati i isključivati iz sustava, nove dalekovode ili generatore moguće je dodavati, a mogu se uspostaviti i novi dalekovodi između postojećih. Opsežno korištenje vizualnih prikaza i animacija u simulatoru povećavaju razumijevanje karakteristika sustava, problema, ograničenja, a omogućuje i lakše otkrivanje kako ih otkloniti.

Osnovni paket također sadrži sve alate potrebne za ekonomsko upravljanje sustavom, ekonomsku analizu određenog područja, izračunavanje faktora prijenosa snage, analizu kratkog spoja i analizu u slučaju nužde. Svim navedenim značajkama i alatima moguće je pristupiti kroz vizualno sučelje simulatora.Osnovnom dijelu simulatora na raspolaganju je još nekoliko različitih alata kroz koje je moguće napraviti još dodatnih analiza sustava. Neki od dodatnih alata koje je moguće koristiti su:

- alat za analizu naponske stabilnosti (PVQV) - svrha PVQV je omogućiti analizu karakteristika stabilnosti napona u sustavu
- alata za optimalne tokove snaga (OPF) - svrha OPF-a je pronaći optimalan raspored rada elektrana koji minimalizira proizvodne troškove uz zadovoljavanje svih mrežnih ograničenja. U simulatoru OPF linearni algoritam određuje optimalna rješenja na način da ponavlja analizu između rješavanja standardnog toka snaga i rješavanja linearnog programa kako bi se promijenile kontrole sustava i uklonila bilo kakva ograničenja

- alat za analizu sigurnosti koji koristi proračun OPF-a (SCOPF) - OPF alat koji minimizira sustav uzimajući u obzir kontrole sustava, a istodobno ispunjava ograničenja ravnoteže snaga i provođenje granica osnovnog scenarija.AlatSCOPF ide jedan korak dalje i uzima u obzir korake koje će možda biti potrebno provesti tijekom simulacije i osiguravajući da minimiziranje sustava ne podliježe kršenju ikakvih ograničenja
- alat za analizu rezerve u sustavu (OPFR) - alat koji služi za simulaciju analize rezervi tržišta električne energije
- alat za analizu dostupnog prijenosnog kapaciteta (ATC) - ATC analiza određuje maksimalni mogući prijenos MW između dva dijela sustava bez kršenja postavljenih ograničenja
- Power World automatski server (SimAuto) - SimAuto omogućuje pristup funkcijama Power World simulatora u okviru programa pisanog u drugom programu od strane korisnika. SimAuto je alat kojem je moguće pristupiti s raznim programskim jezicima koji imaju COM kompatibilnost. Primjeri koje je moguće koristiti su BorlandDelphi, Microsoft Visual C++, Microsoft VisualBasic i MatLab.

Za korištenje simulatora najvažnije je prepoznati da postoje dva različita modula u kojima simulator radi, modul za kreiranje i modul za izvršavanje analize. Modul za kreiranje se koristi za izgradnju novihelektroenergetskih sustava ili za izmjene postojećih, dok se modul za izvršavanje analize koristi za pokretanje simulacije trenutnog elektroenergetskog sustava.

5.2.Model optimalnih tokova snaga – OPF

U ovom radu obrađen će biti model optimalnih tokova snaga (OPF).

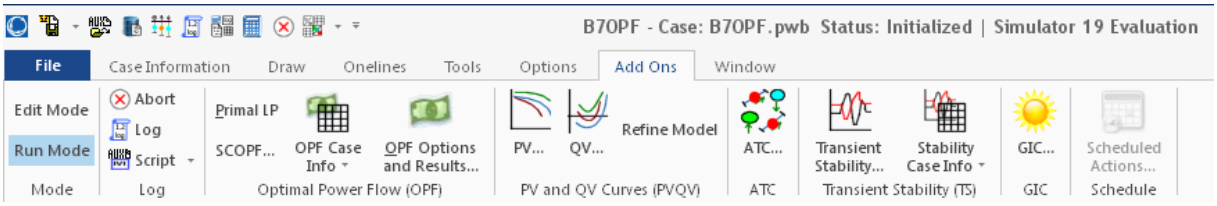
Za pokretanje OPF-a u simulatoru potrebno je odabrati Primal LP. Osnovni koraci u LP OPF algoritmu su:

- rješava tokove snaga
- linearizira sustav snaga
- rješava linearna ograničenja OPF problema koristeći primarni LP algoritam i računajući promjene u kontrolnim varijablama (varijable sustava na koje operator može utjecati)
- ažurira varijable kontrole i rješava tokove snaga
- ako su promjene u varijablama kontrole ispod tolerancije, rješenje je pronađeno.

Dodatne mogućnosti Power World programa u modulu optimalnih tokova snaga su:

- pretpostavlja MVA po proizvodnoj jedinici - opcija omogućuje korisniku da odredi MVA osnovu koja će se koristiti za cijelu postrojenje. Prema zadanim postavkama zadana je vrijednost od 100 MVA
- osjetljivost sabirnice - sabirnička osjetljivost ukazuje na to kako se gubici manjeg ili većeg područja mijenjaju sa snagom na sabirnici
- praćenje/provođenje elemenata u slučaju nužde - omogućuje da se odredi na koji će se način elementi u slučaju nužde ponašati u simulatoru
- prikaz snage - omogućuje mijenjanje između prikaza MW i kW.

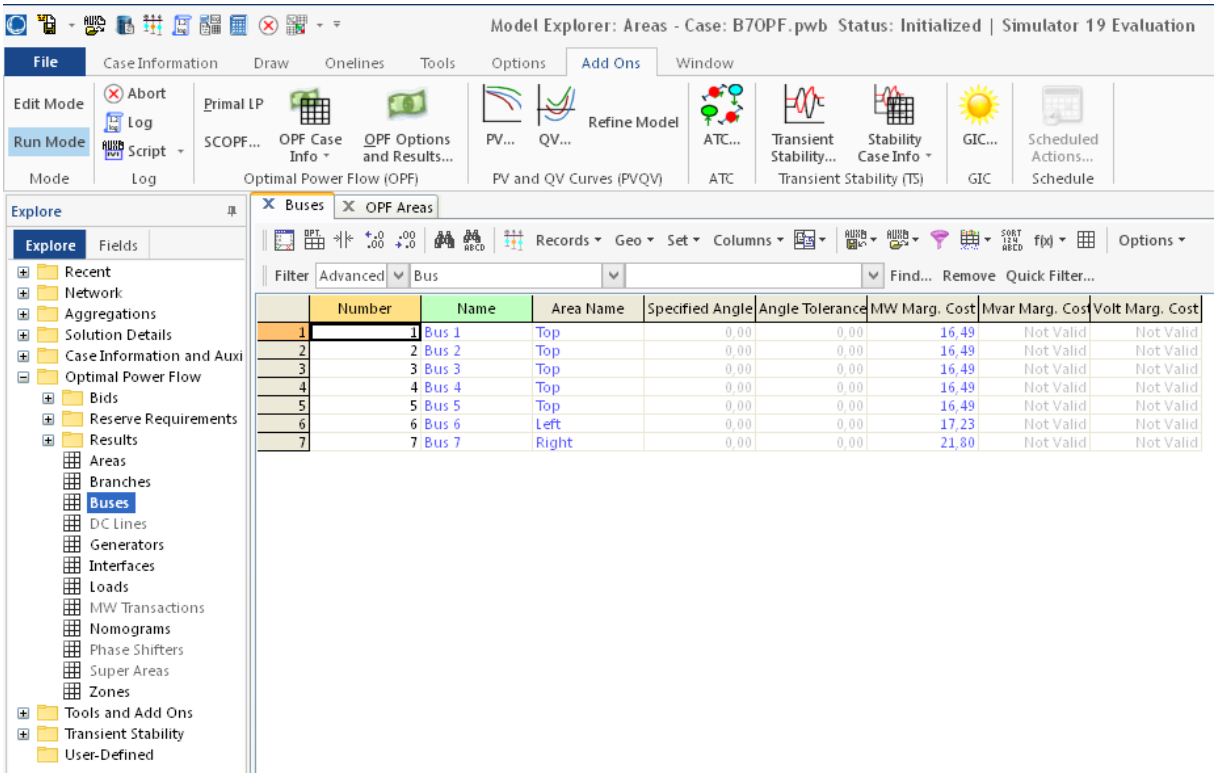
Slika 5.1 prikazuje izbornik u kojem je moguće podešavati karakteristike sustava za OPF modul optimiziranja sustava. Također je moguće podešavati mnoge druge karakteristike kao što je prikazano na slici 5.2.



Slika 5.1: *Izbornik OPF u dodatnim opcijama*

Opcija OPF će biti moguća samo ako simulator posjeduje OPF dodatak programu. OPF kontrola sustava je vrlo slična ekonomskoj kontroli u tome što obje pokušavaju minimizirati troškove proizvodnje. Dodatna funkcija OPF-a je minimizirati trošak dok se poštuju ograničenja vodova, transformatora i sustava. Također opcija OPF-a je beskorisna bez realnih podataka o troškovima proizvodnje, koja se obično dobije iz nekog drugog izvora i unosi u simulator. OPF kontrola se također oslanja na krivulju troškova kako bi se postigao ekonomski optimalni tok snaga. Međutim, OPF algoritam unosi krivulju troškova koja se unosi kao funkcija trećeg reda, automatski linearizira jer je algoritam linearan. Proračun OPF-a uvažavati će limite generatora bez obzira ako je u individualnoj kartici generatora podešeno da se limiti ne uzimaju u obzir.

U standardnom načinu rada simulator rješava jednadžbe tokova snaga pomoću Newton-Raphson algoritma za tokove snaga.



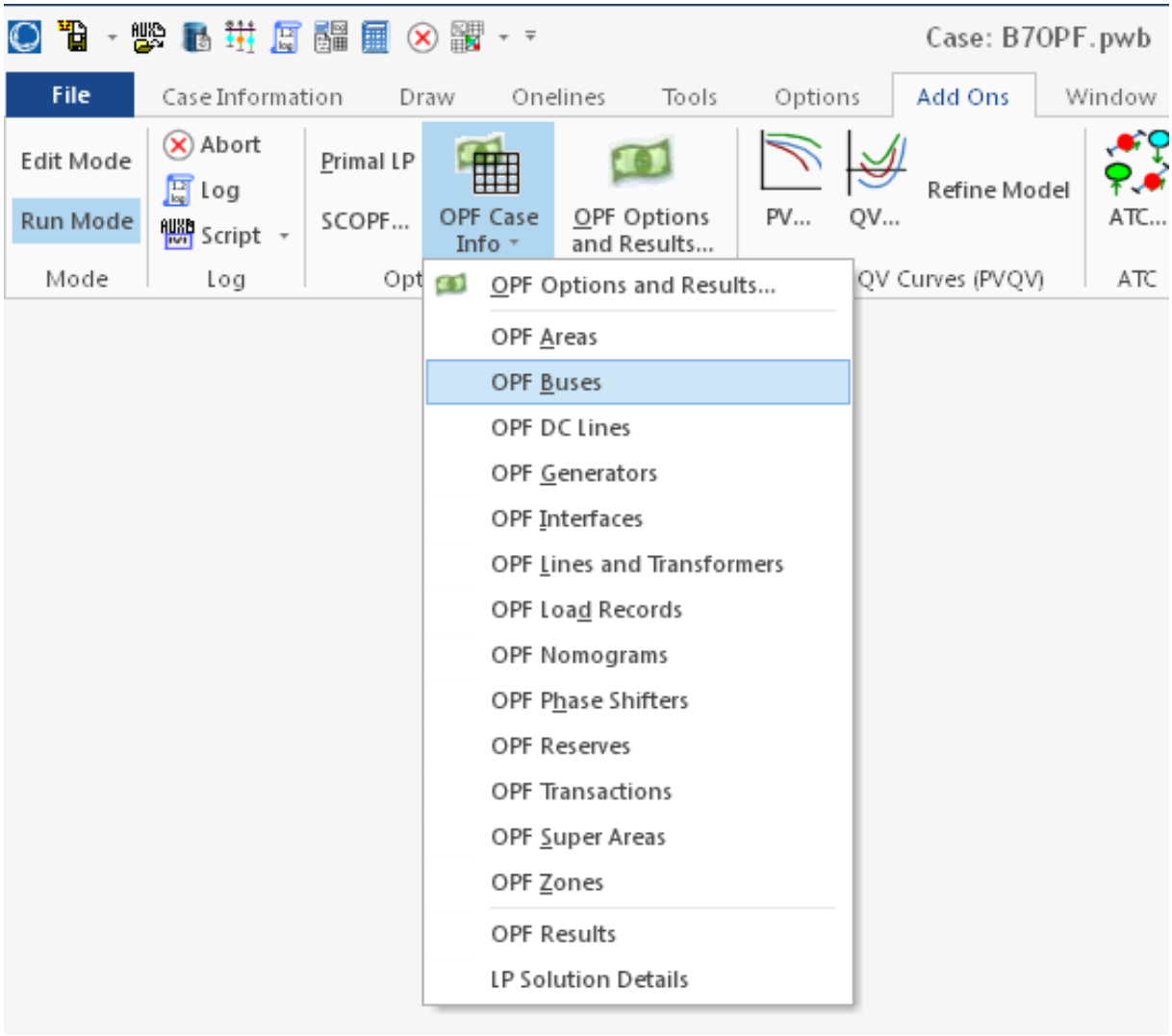
Slika 5.2: *OPF opcije i rezultati*

Model koji će biti korišten u simulaciji tržišta električne energije zove se model optimalnih tokova snaga (OPF). Za rješavanje OPF sustava simulator koristi linearno programiranje (LP) za rješavanje jednadžbi.Svrha OPF-a je optimizirati sustav i troškove mijenjajući različite dijelove sustava i uzimajući u obzir ograničenja koja se koriste za balansiranje sustava snaga i raznih operativnih ograničenja. U OPF-u linearno programiranje određuje optimalno rješenje sustava uspoređujući između rješavanja standardnog sustava i rješavanja linearnog programa da bi se promijenile kontrole sustava i time uklonila bilo kakva ograničenja. Svrha OPF algoritma je optimizirati sustav funkcijom cilja.

U simulatoru su trenutno dostupne dvije funkcije cilja:

- minimalni trošak – pokušava što više umanjiti zbroj ukupnih troškova na određenom manjem ili većem području
- minimalna promjena kontrole – pokušava optimizirati zbroj apsolutnih vrijednosti promjena na manjem ili većem području.

Određivanje veličine područja u simulatoru daje brojne mogućnosti jer time dobivamo kontrolu za cijeli sustav, određenu proizvodnu jedinicu ili za nekoliko sustava. Određivanje područja i mnoge druge opcije moguće je postaviti u izborniku sa slike 5.3.



Slika 5.3: *OPF izbornik*

U rješavanju problema ograničenja optimiziranja, kao što je OPF, postoje dva opća problema, jednakosti i nejednakosti. Jednadžbe ograničenja su ograničenja koja trebaju biti uvijek zadovoljene. Na primjer, u OPF-u ravnoteža između radne i jalove snage u sustavu uvijek mora biti uravnotežena (u granicama ograničenja).Nasuprot tome, varijable u nejednadžbamaograničenja trebaju se provoditi, ali ne trebaju biti uvijek u svojim graničnim vrijednostima. Na primjer, protok MVA može i ne mora biti u svojim ograničenjima isto tako izlazna radna snaga generatora može i ne mora biti na svojoj graničnoj vrijednosti, snaga može biti u granicama ili manja od njih, a nikako veća.

Važno je za napomenuti da se zbog načina rješavanja OPF-a, ponavljanjem između tokova snaga i linearnog programiranja, neka ograničenja provode tijekom simulacije tokova snaga, a neka se provode tijekom simulacije linearnim programiranjem. Ograničenja koja se provode za vrijeme simulacije tokova snaga, za većinu slučajeva su ograničenja koja se provode za

vrijeme svih simulacija tokova snaga. Ono što razlikuje linearno programiranje OPF-a od standardnog toka snaga su ograničenja koja se izričito provode samo u linearnom programiranju.

5.3.Simulacija u programu Power World

5.3.1. Parametri sustava osnovnog modela Power World-a

Simulacija u programu Power World u osnovnom paketu simulira samo tokove snaga i njihovo opterećenje određenih vodova. U početnom slučaju ne postoje ograničenja koja se postavljaju pred sustav stoga u tom slučaju simulacija pokazuje trenutno realno stanje sustava. Iz takve simulacije moguće je donijeti zaključke o preopterećenosti određenih dijelova sustava i pokušati naći rješenje u samoj simulaciji i to primijeniti na stvarni sustav.U OPF dodatku, naš osnovni sustav, isti sustav dobiva ograničenja što se tiče elektroenergetskog dijela, pa onda simulacija prilagođava sustav na takav način da svi dijelovi sustava rade u svojim optimalnim granicama. Podaci koji su tada uneseni za sustav su realni, no rezultati analize nisu jer OPF tada ne prikazuje stvarno stanje nego prikazuje optimalno stanje sustava. U OPF dodatku programu tokovima snaga se dodaje i ekonomska strana, tj. uzima se stanje na tržištu električne energije u obzir pri odabiru optimalnog rada sustava, program odabire najpovoljnije elektrane koje će raditi po najpovoljnijoj cijeni, no zadovoljavajući sve elektroenergetske parametre sustava i sve potrošače koji su spojeni u sustavu. U sustav se dodaju generatori koji predstavljaju nove elektrane. Simulacija se izvodi svaki puta kada na neku od 7 sabirnica spojimo generator. Generatorima mijenjamo tehnologiju proizvodnje električne energije kako bismo uvidjeli koja tehnologija nam je najisplativija. Kaošto je vidljivo na slici 5.4 u dijelu za izgradnju sustava uneseni su parametri sustava.

Tablica 5.1: *Parametri generatora koji su spojeni u sustav*

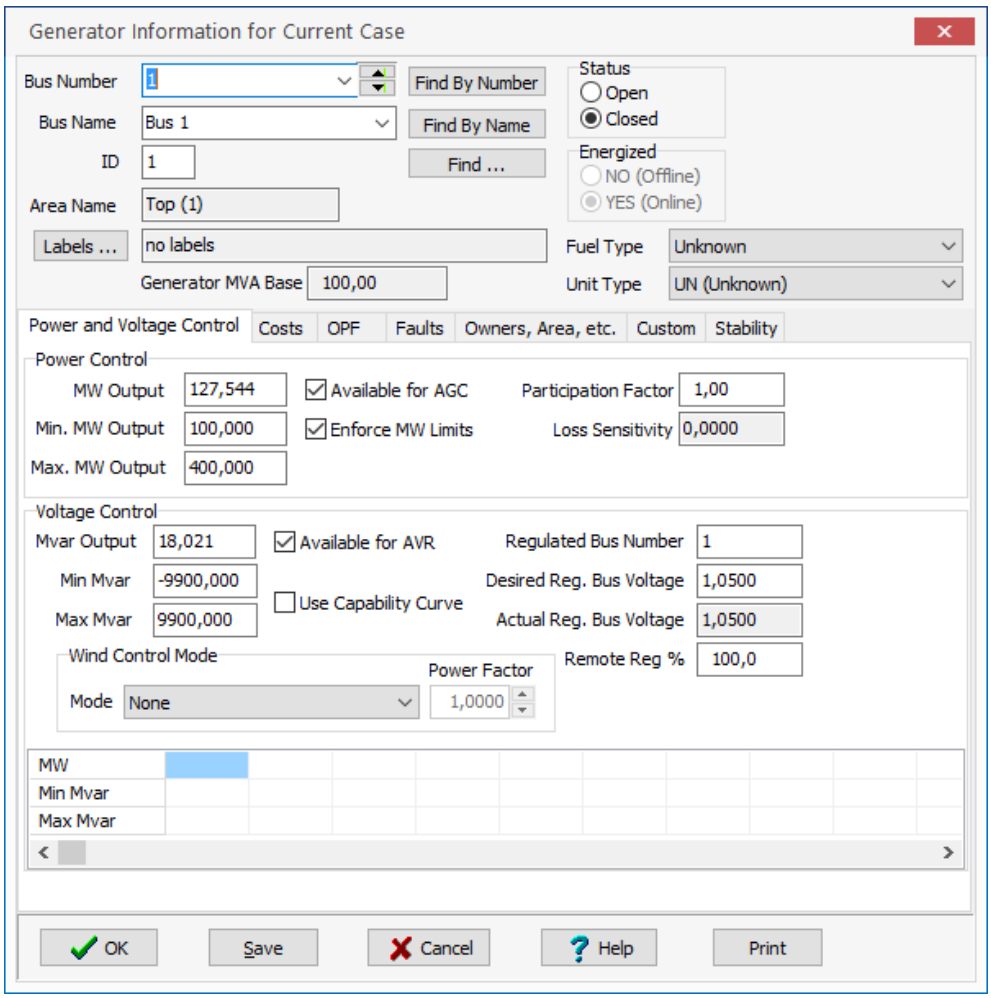
Generator	Minimalna snaga [MW]	Maksimalna snaga [MW]	Cijena energenta [kn/MBtu]	Količina potrošene toplinske energije [MBtu/h]	Kubični koeficijenti uložene energije [MBtu/h]	
					B	C
G1	100	400	2,035	373,5	7,62	0,002
G2	150	500	2,061	403,61	7,52	0,00136
G4	50	200	2,093	253,24	7,84	0,0013
G6	150	500	2,193	388,93	7,57	0,0013
G7	0	600	2,574	194,28	7,77	0,0019

Tablica 5.2: *Tehnologija kojom se generatori služe za proizvodnju električne energije*

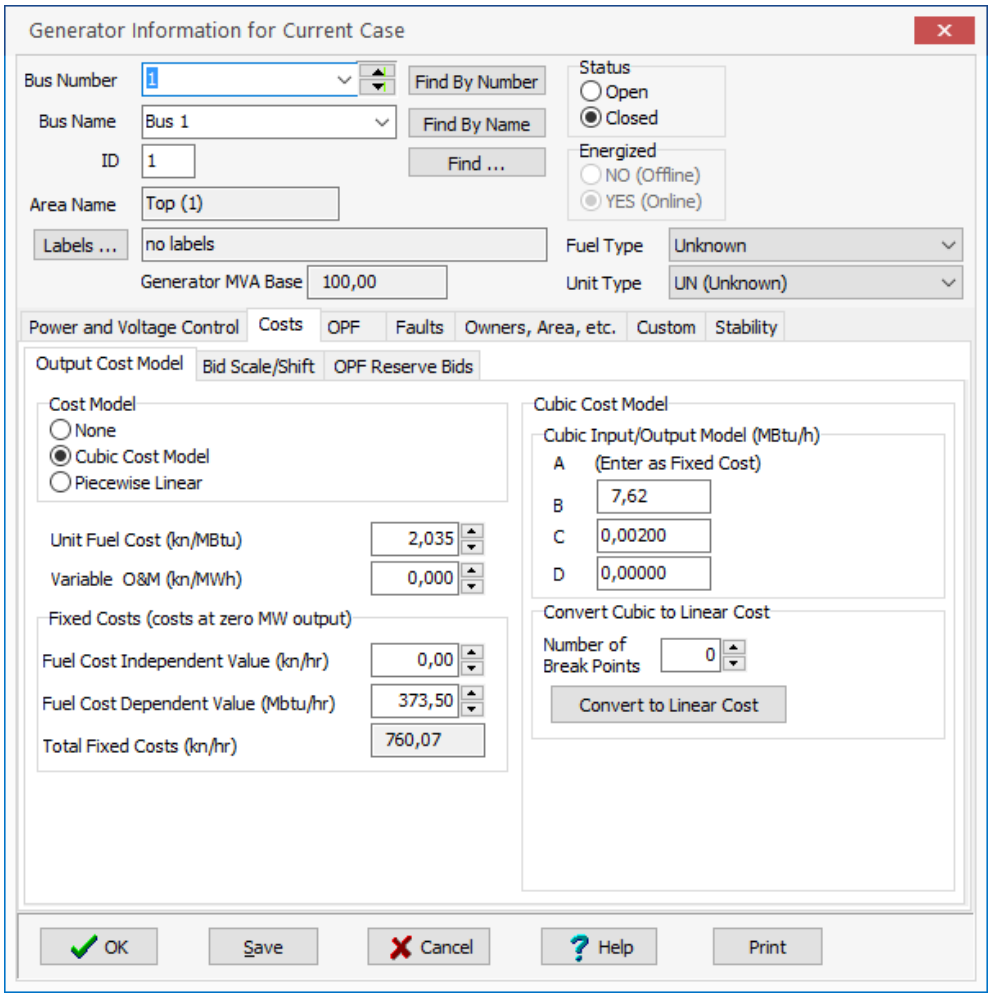
Generator	Tehnologija (energent)
G1	Nuklearno
G2	Ugljen
G4	Ugljen
G6	Ugljen
G7	Plin

U tablici 5.1 vidljivi su parametri generatori koji su već uneseni u sustavu pomoću kojih je moguće zaključiti kakvu tehnologiju koji generator upotrebljava. Parametri koji se mogu unositi vezano za generatora i cijene vidljivi su na slikama 5.4 i 5.5.

Jedna od bitnijih stvari u proizvodnji je tehnologija kojom se služe generatori za proizvodnju električne energije. Tehnologija određuje kolika će biti najniža cijena po kojoj može proizvoditi pojedina elektrana, a da ne bude na gubitku. Prikaz tehnologije možemo vidjeti u tablici 5.2.



Slika 5.4: *Izbornik za unos parametara generatora*



Slika 5.5: *Izbornik za unos parametara cijena*

Također na slici 5.6 su vidljivi svi dalekovodi koji međusobno povezuju sve ispod navedene elemente. Na svakom dalekovodu je vidljiv određeni plavi ili narančasti krug. U krugu je vidljiv tijek električne snage kroz taj vod, u prikazu je moguće uključiti opciju da se prikazuje stvarna vrijednost energije u MWh ili postotna vrijednost korištenja toga voda. Krug na vodu će biti plave boje dok god je snaga kroz njega u optimalnim granicama, kada snaga prijeđe tu vrijednost vod će promijeniti boju u narančastu, a nakon što prijeđe opterećenje od 100% vod će promijeniti boju u crvenu.

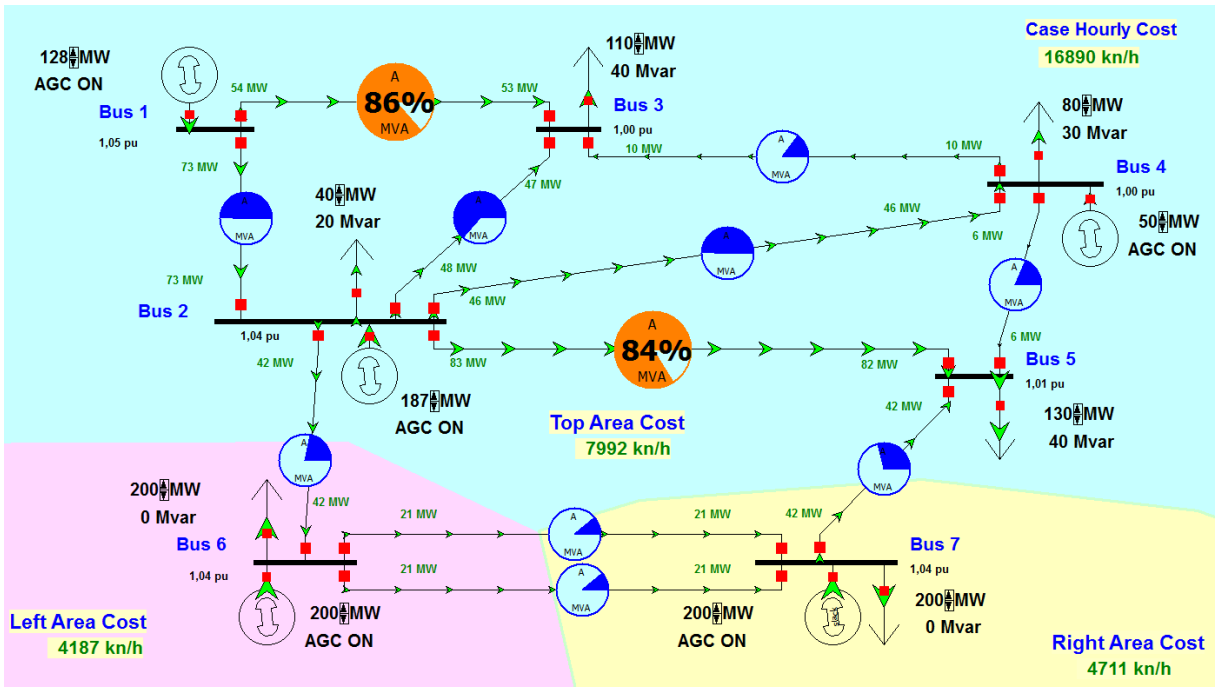
Mreža sa slike 5.4 sadrži ove elemente:

- generatore:
  - G1 - 127 MW
  - G2 - 187 MW
  - G4 - 50 MW

- G6 - 200 MW
- G7 - 200 MW

- potrošače:
  - 40 MW, 20 Mvar
  - 110 MW , 40 Mvar
  - 80 MW, 30 Mvar
  - 130 MW, 40 Mvar
  - 200 MW
  - 200 MW
- sabirnice 1-7
- 3 manja područja u elektroenergetskom sustavu u kojima se zasebno kreira cijena električne energije (gornje – plavo područje, lijevo – ružičasto područje, desno – žuto područje).

Rezultati su prikazani u jedinici kn, no ne predstavljaju stvarnu valutnu vrijednost nego su samo za ilustraciju.



Slika 5.6: *Jednofazna shema analiziranog elektroenergetskog sustava*

Prikazana slika 5.6 je slučaj u kojem još nije uključen OPF modul za tržište električne energije. OPF modul je potrebno uključiti za sva tri područja koja se nalaze u sustavu.

Podaci koji su prikazani u tablici 5.3 su troškovi pojedinu sabirnicu, a u tablici 5.4 možemo analizirati cijene za pojedino područje.

Tablica 5.3: *Marginalne cijene za svaku sabirnicu*

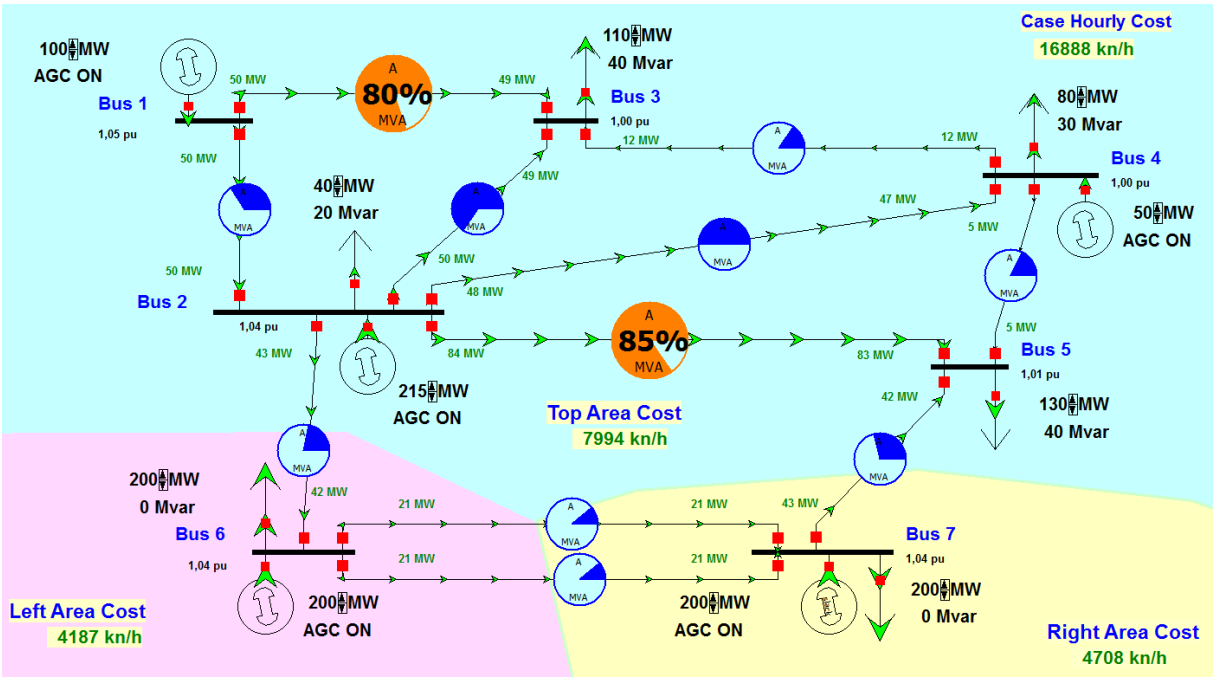
Broj sabirnice	Ime	Ime područja	Marginalna cijena[kn/MW]
1	Bus 1	Gore	16,53
2	Bus 2	Gore	16,53
3	Bus 3	Gore	16,53
4	Bus 4	Gore	16,53
5	Bus 5	Gore	16,53
6	Bus 6	Lijevo	17,23
7	Bus 7	Desno	21,8

Tablica 5.4: *Marginalne cijene za svako područje*

Broj područja	Ime područja	Status AGC	Marginalna cijena, prosječna[kn/MW]
1	Gore	OPF	16,54
2	Lijevo	OPF	17,32
3	Desno	OPF	22,01

5.3.2. Simulacija sa OPF modelom

Na slici 5.7 vidljiv je isti sustav kao sa slike 5.6, no sa uključenom OPF opcijom za sva tri područja u sustavu. Kao što možemo vidjeti karakteristike sustava su se promijenile.



Slika 5.7: *Jednofazna shema nakon pokretanja OPF opcije u simulatoru. Osnovna simulacija*

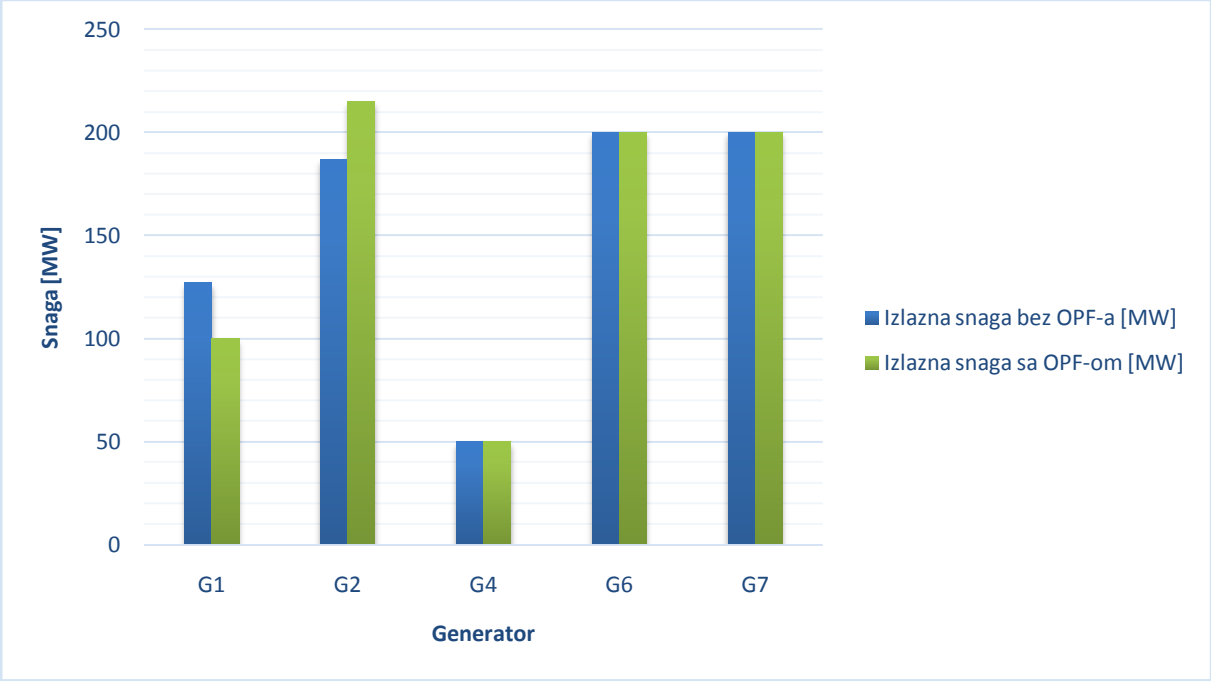
Promijene koje su nastupile nakon uključivanja OPF opcije su:

- generatoru na sabirnici 1 smanjena je snaga sa 128 MW na 100 MW
- generatoru na sabirnici 2 povećana je snaga sa 187 MW na 215 MW.

Također je vidljivo da je došlo do smanjenja opterećenja voda sa sabirnice 1 na sabirnicu 2, dok se povećalo opterećenje voda sa sabirnice 1 na sabirnicu 2. Sve ostale vrijednosti su ostale nepromijenjene.

Tablica 5.5: *Usporedba izlaznih snaga na generatorima bez i sa OPF dodatkom*

Generator	Izlazna snaga bez OPF-a [MW]	Izlazna snaga sa OPF-om [MW]
G1	127	100
G2	187	215
G4	50	50
G6	200	200
G7	200	200



Slika 5.8:*Usporedba izlaznih snaga na generatorima bez i sa OPF dodatkom*

Analiziramo li podatke iz tablice 5.5 koje smo dobili isključivanjem i aktiviranjem OPF dodataka, a vezano za izlaznu snagu na generatorima, možemo primijetiti da se snaga na generatoru G1 uključivanjem OPF dodatka smanjila, dok se izlazna snaga generatora G2 povećala. Izlazna snaga na ostalim generatorima nije mijenjala kao što je vidljivo na slici 5.8.

Uzimajući u obzir što OPF dodatak radi u simulaciji možemo zaključiti da generator G1 proizvodi najskuplju električnu energiju i upravo je zbog toga OPF dodatak njemu smanjio proizvodnju, isto tako generator G2 proizvodi jeftiniju električnu energiju i zbog toga mu je OPF dodatak povećao proizvodnju električne energije. Ukupna cijena na tržištu se nije promijenila.

5.3.3. OPF model sa dodatnim generatorom na nuklearno gorivo

U sustav sa slike 5.7 simulirano će biti dodavanje generatora na svaku sabirnicu. Za svako dodavanje generatora na pojedinu sabirnicu simulirana ćemo biti nova simulacija radi lakšeg praćenja rezultata. U ovoj simulaciji generator ima ulogu nove elektrane. Elektrane će koristiti različite tehnologije proizvodnje električne energije. Nova elektrana u elektroenergetskom sustavu trebala bi smanjiti ukupnu cijenu električne energije, a razina smanjenja će ovisiti o energentu kojeg elektrana koristi. Elektrani ne određujemo minimalnu potrošnju, a maksimalnu snagu postavljamo na 500 MW. Unoseći podatke na ovaj način OPF dodatak će sam odrediti koliko će snage povući iz nove elektrane, a mi ćemo imati objektivniji rezultat jer nismo utjecali na njega unosom minimalne izlazne snage elektrane, a isto tako postavili smo dovoljno veliku maksimalnu vrijednost stoga ni ona ne ograničava OPF dodatak.

Simulacija će biti prvo određena za nuklearno gorivo.

Tablica 5.6: *Troškove koje unosimo za generatore različitih tehnologija proizvodnje električne energije*

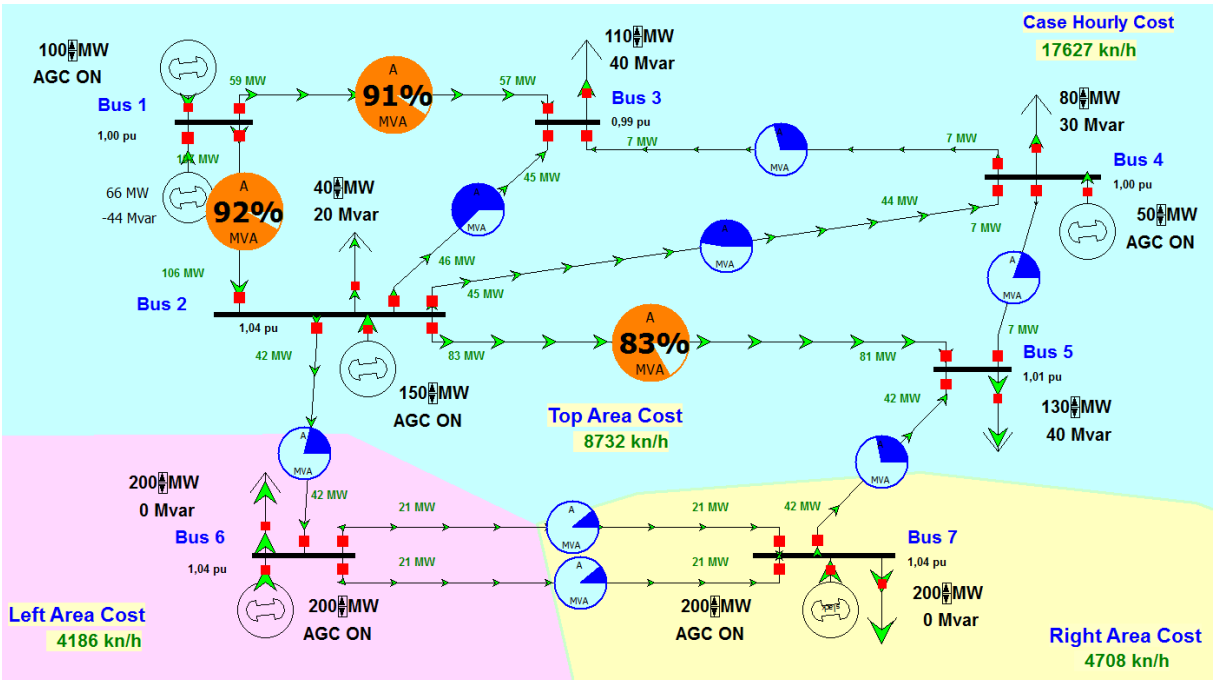
Gorivo	Troškovi goriva (kn/MBtu)	Dio ukupnih troškova ovisan o troškovima goriva		Kubni model ulazno/izlazne karakteristike agregata				Ukupni fiksni troškovi (kn/h)
		(MBtu/h)	(KJ/h)	B (MBtu/h)	B (MJ/h)	C (MBtu/h)	C (MJ/h)	
Nuklearno	2,035	373,50	394,06	7,62	8,04	0,002	0,002	760,07
Ugljen	2,139	388,93	410,34	7,57	7,98	0,0013	0,0013	731,92
Plin	2,574	194,28	204,97	7,77	8,19	0,00194	0,0019	500,08

Tablica 5.7:*Snage generatora koje dodajemo u elektroenergetski sustav*

Generator	Minimalna snaga [MW]	Maksimalna snaga [MW]
G8	0	500

5.3.3.1. Dodatni generator na sabirnici 1

Na sabirnicu 1 dodajemo generator sa karakteristikama koje smo naveli u tablici 5.6 i 5.7.



Slika 5.9:*Shema sa dodatnim generatorom na sabirnici 1*

Kao što prikazuje slika 5.9 dodali smo jedan generator na sabirnicu 1. OPF je simulirao da taj generator u mrežu daje 66 MW s time da je za tih 66 MW umanjio snagu generatora G2 na sabirnici 2, koja sada iznosi 150 MW što je vidljivo u tablici 5.9. Također možemo zaključiti da su se vodovi od sabirnice 1 do sabirnice 2 i od sabirnice 1 do sabirnice 3 dodatno opteretili i sada su na 92% odnosno na 91%.

Cijena proizvodnje električne energije se povećala i sada iznosi 17627 kn/h.

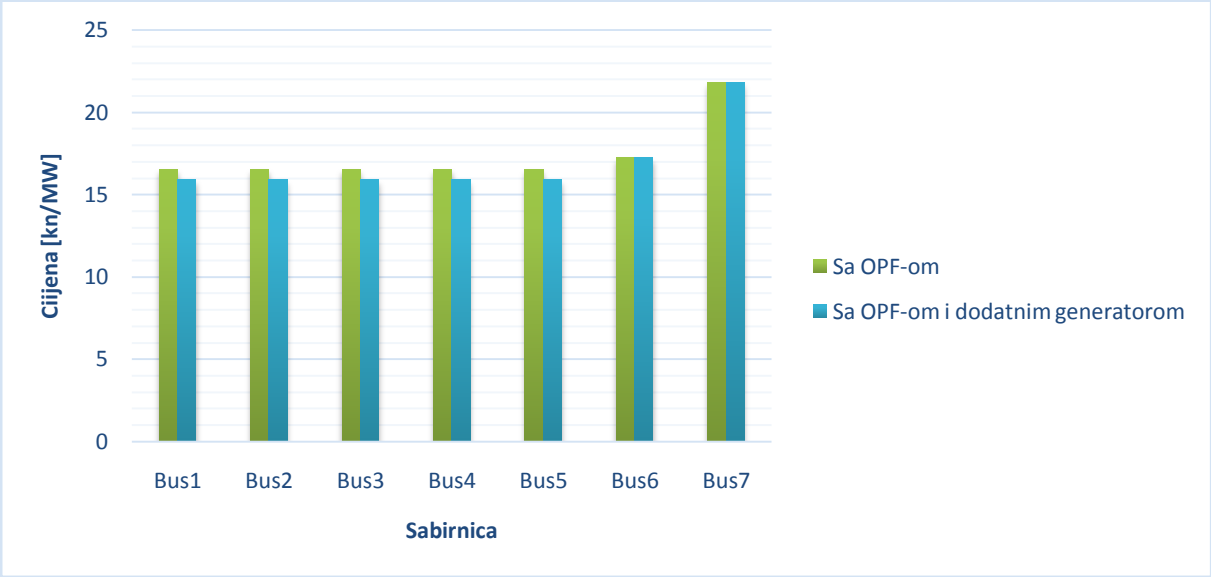
U tablicama 5.8i 5.9 su prikazane nove marginalne cijene i izlazne snage generatora.

Tablica 5.8:*Marginalne cijene sa dodatnim generatorom na sabirnici 1*

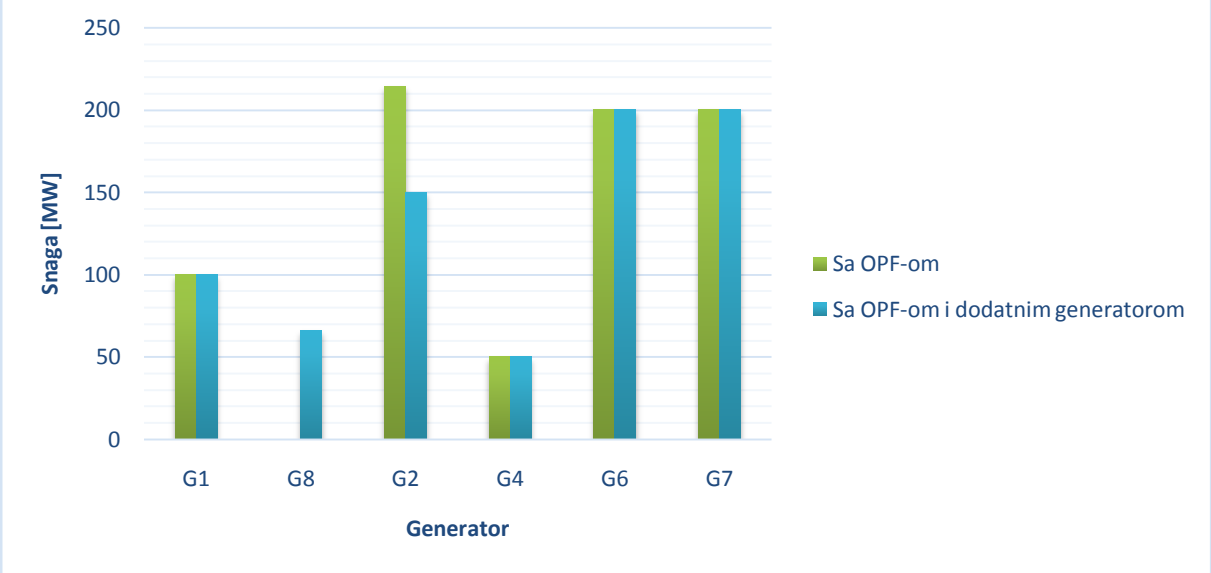
Sabirnica	Ime područja	Marginalna cijena MW [kn]
Bus 1	Gore	15,91
Bus 2	Gore	15,91
Bus 3	Gore	15,91
Bus 4	Gore	15,91
Bus 5	Gore	15,91
Bus 6	Lijevo	17,23
Bus 7	Desno	21,8

Tablica 5.9: *Izlazne snage generatora sa dodatnim generatorom na sabirnici 1*

Sabirnica	Ime područja	Generator	Izlazna snaga [MW]	Izlazna snaga bez dodatnog generatora [MW]
Bus 1	Gore	G1	100	100
Bus 1	Gore	G8	66,18	0
Bus 2	Gore	G2	150	215
Bus 4	Gore	G4	50	50
Bus 6	Lijevo	G6	200,17	200
Bus 7	Desno	G7	200,35	200



Slika 5.10:*Marginalne cijene za sabirnice uz dodatni generator na sabirnici 1*



Slika 5.11: *Izlazne snage generatora sa dodatnim generatorom na sabirnici 1*

Uspoređujući marginalne cijene vidljivo je da do smanjenja cijene dolazi dodavanjem novog generatora u elektroenergetsku mrežu. Također je vidljivo da do promijene cijene dolazi samo u području „gore“, dok se cijena u područjima „lijevo“ i „desno“ ne mijenja.

Kod izlaznih snaga generatora također je vidljivo da do promjena ne dolazi u područjima „lijevo“ i „ desno“ nego samo u području „gore“. Iz slike 5.11 možemo zaključiti da najskupljucijenu proizvodnje ima generator G2 jer mu se proizvodnja smanjuje.

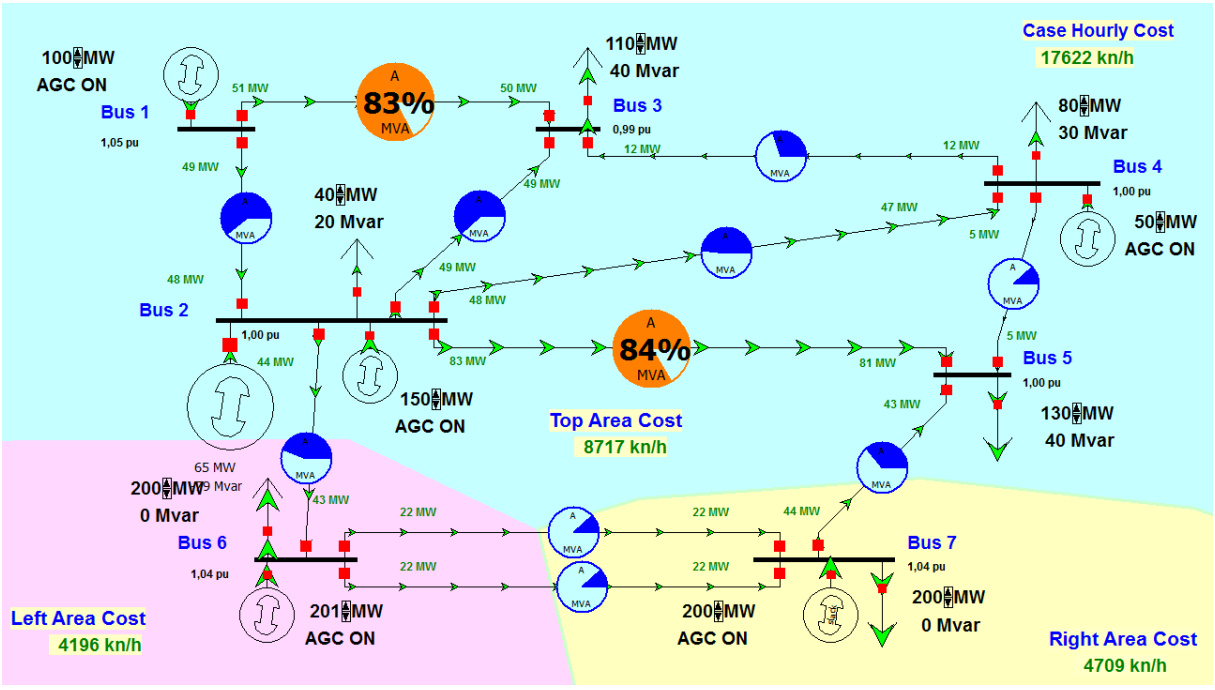
5.3.3.2. Dodatni generator na sabirnici 2

Na sabirnicu 2 dodajemo generator sa karakteristikama koje smo naveli u tablici 5.6 i 5.7.

Kao što prikazuje slika 5.12 dodali smo jedan generator na sabirnicu 2. OPF je simulirao dataj generator u mrežu daje 65 MW s time da je za tih 65 MW umanjio snagu generatora G2 na sabirnici 2, koja sada iznosi 150 MW što je vidljivo u tablici 5.11. Vidljivo je i da su se opterećenja vodova smanjila, a da je vod između sabirnica 1 i 2 sada u optimalnim vrijednostima.

Cijena proizvodnje električne energije je ostala na istoj razini i sada iznosi 17622kn/h.

U tablicama 5.10 i 5.11 su prikazane nove marginalne cijene i izlazne snage generatora.



Slika 5.12:*Shema sa dodatnim generatorom na sabirnici 2*

Tablica 5.10:*Marginalne cijene sa dodatnim generatorom na sabirnici 2*

Sabirnica	Ime područja	Marginalna cijena MW [kn]
Bus 1	Gore	15,91
Bus 2	Gore	15,91
Bus 3	Gore	15,91
Bus 4	Gore	15,91
Bus 5	Gore	15,91
Bus 6	Lijevo	17,23
Bus 7	Desno	21,8

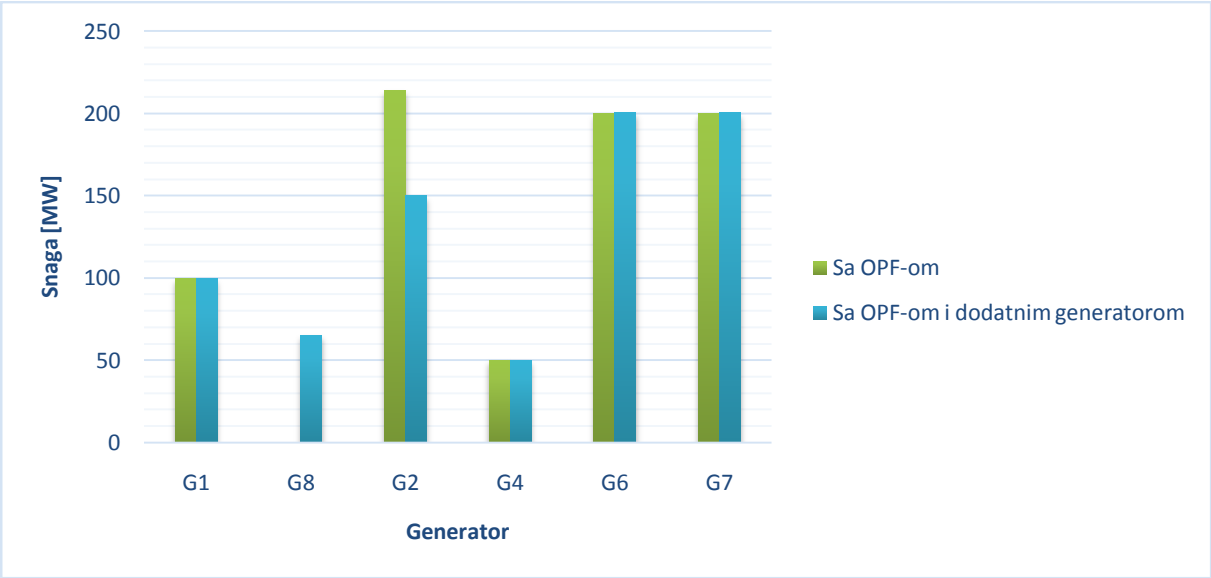
Tablica 5.11: *Izlazne snage generatora sa dodatnim generatorom na sabirnici 2*

Sabirnica	Ime područja	Generator	Izlazna snaga [MW]	Izlazna snaga bez dodatnog generatora [MW]
Bus 1	Gore	G1	100	100
Bus 2	Gore	G8	65,24	0
Bus 2	Gore	G2	150	215
Bus 4	Gore	G4	50	50
Bus 6	Lijevo	G6	200,72	200
Bus 7	Desno	G7	200,36	200

Uspoređujući rezultate saslika 5.13 i 5.14vidljivo je da sa cijena smanjuje samo u području „gore“, dok u području „lijevo“ i „desno“ nema promjena. Izlazna snaga se umanjila na generatoru G2, a povećala na generatoru G8.



Slika 5.13: *Marginalne cijene za sabirnice uz dodatni generator na sabirnici 2*

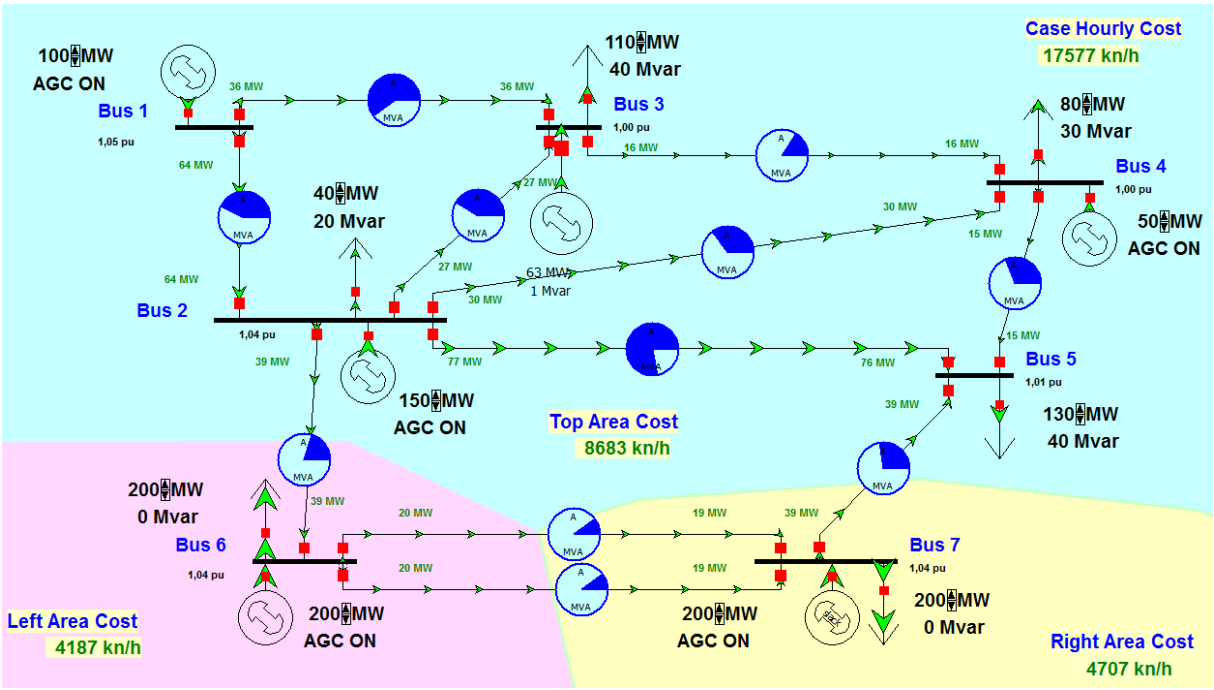


Slika 5.14: *Izlazne snage generatora sa dodatnim generatorom na sabirnici 2*

5.3.3.3. Dodatni generator na sabirnici 3

Na sabirnicu 3 dodajemo generator sa karakteristikama koje smo naveli u tablici 5.6 i 5.7.

U tablicama 5.12 i 5.13 su prikazane nove marginalne cijene i izlazne snage generatora.



Slika 5.15:*Shema sa dodatnim generatorom na sabirnici 3*

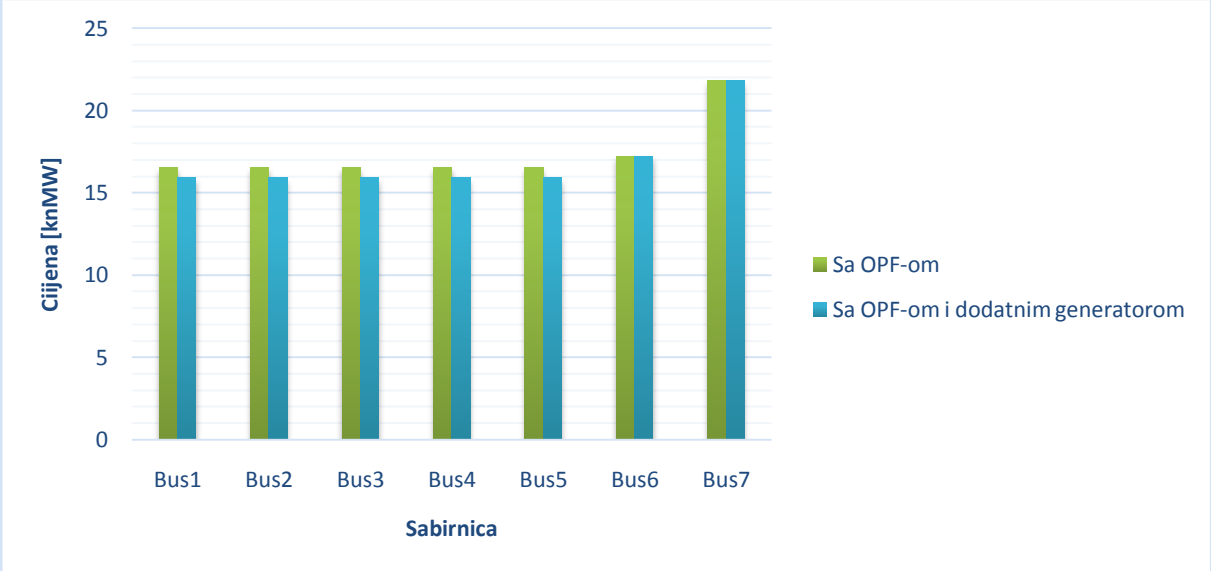
Kao što prikazuje slika 5.15 dodali smo jedan generator na sabirnicu 3. OPF je simulirao da taj generator u mrežu daje 63 MW s time da je za tih 63 MW umanjio snagu generatora G2 na sabirnici 2, koja sada iznosi 150 MW što je vidljivo u tablici 5.13. Opterećenja vodova su optimalna.

Tablica 5.12:*Marginalne cijene sa dodatnim generatorom na sabirnici 3*

Sabirnica	Ime područja	Marginalna cijena MW [kn]
Bus 1	Gore	15,91
Bus 2	Gore	15,91
Bus 3	Gore	15,91
Bus 4	Gore	15,91
Bus 5	Gore	15,91
Bus 6	Lijevo	17,23
Bus 7	Desno	21,8

Tablica 5.13: *Izlazne snage generatora sa dodatnim generatorom na sabirnici 3*

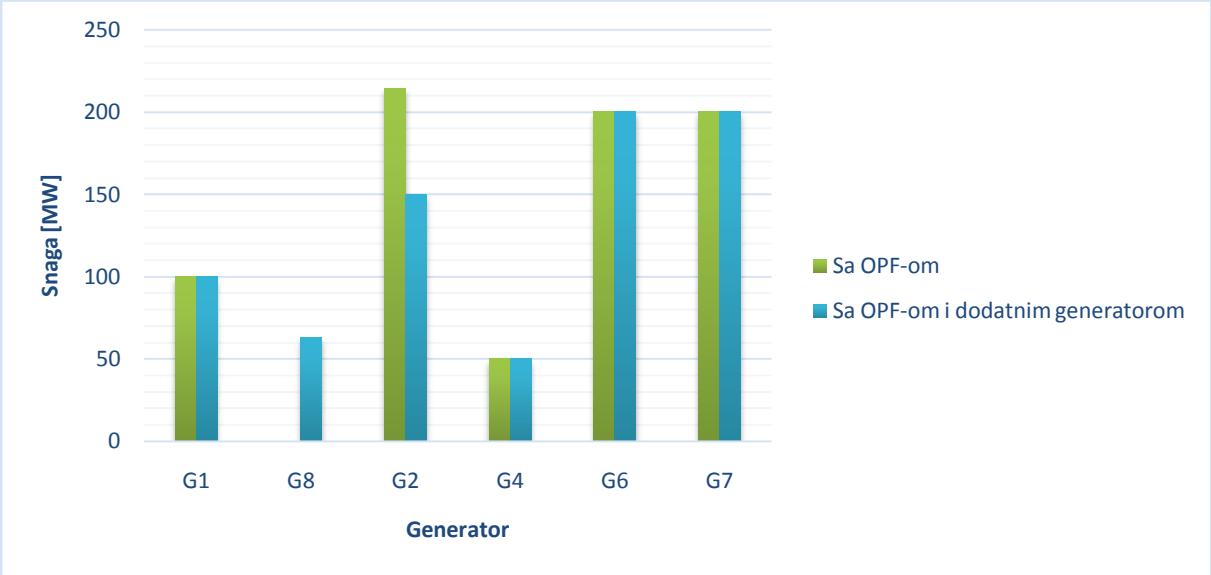
Sabirnica	Ime područja	Generator	Izlazna snaga [MW]	Izlazna snaga bez dodatnog generatora [MW]
Bus 1	Gore	G1	100	100
Bus 3	Gore	G8	63,1	0
Bus 2	Gore	G2	150	215
Bus 4	Gore	G4	50	50
Bus 6	Lijevo	G6	200,2	200
Bus 7	Desno	G7	200,3	200



Slika 5.16: *Marginalne cijene za sabirnice uz dodatni generator na sabirnici 3*

Cijena proizvodnje električne energije se smanjila i sada iznosi 17577 kn/h.

Uspoređujući rezultate sa slika 5.16 i 5.17 vidljivo je da se cijena umanjuje u području „gore“, a izlazna snaga se umanjuje na generatoru G2.



Slika 5.17: *Izlazne snage generatora sa dodatnim generatorom na sabirnici 3*

5.3.3.4. Dodatni generator na sabirnici 4

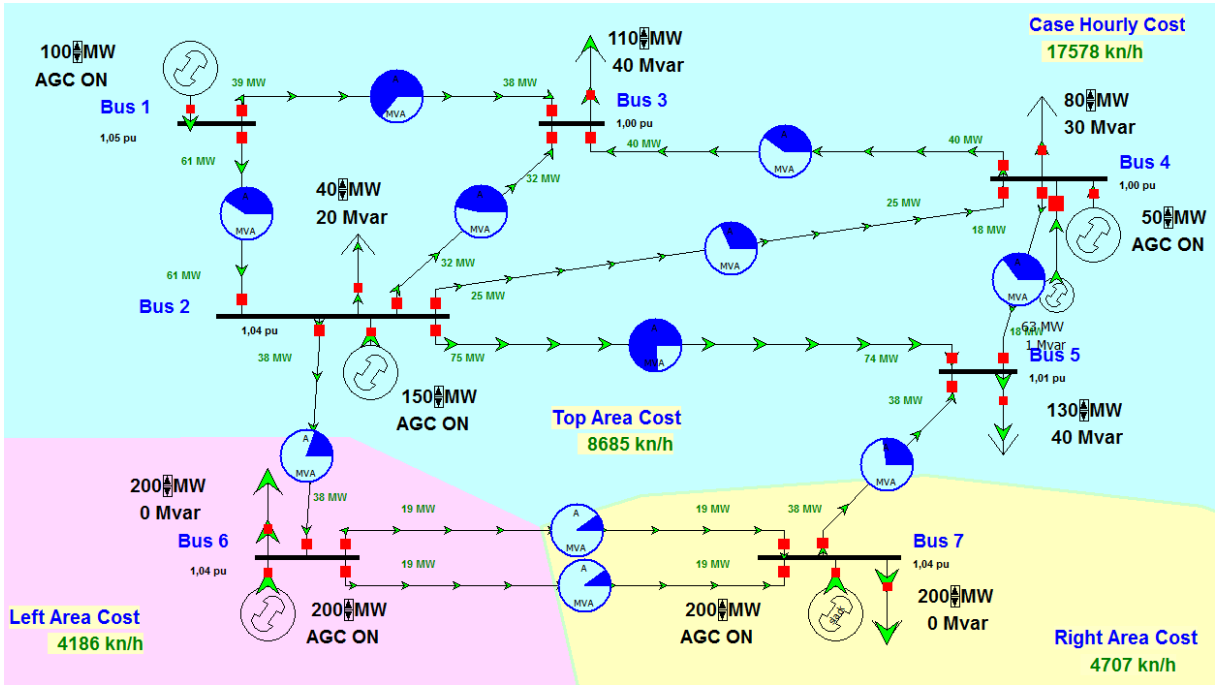
Na sabirnicu 4 dodajemo generator sa karakteristikama koje smo naveli u tablici 5.6 i 5.7.

U tablicama 5.14 i 5.15 su prikazane nove marginalne cijene i izlazne snage generatora.

Kao što prikazuje slika 5.18 dodali smo jedan generator na sabirnicu 4. OPF je simulirao da taj generator u mrežu daje 63 MW s time da je za tih 63 MW umanjio snagu generatora G2 na sabirnici 2, koja sada iznosi 150 MW što je vidljivo u tablici 5.14. Opterećenja vodova su optimalna.

Tablica 5.14:*Marginalne cijene sa dodatnim generatorom na sabirnici 4*

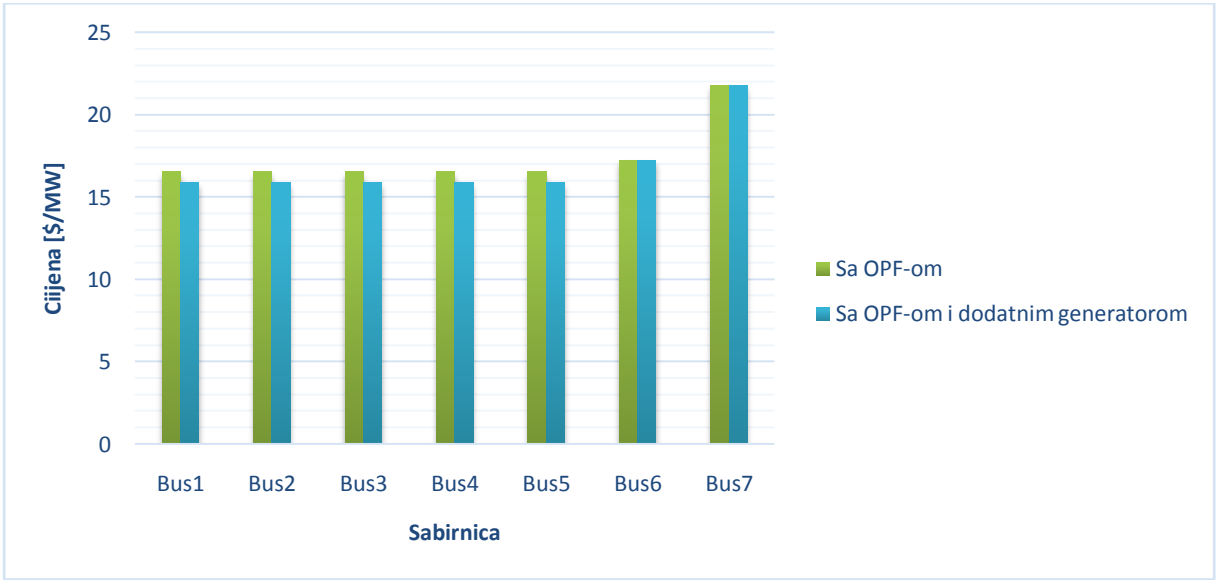
Sabirnica	Ime područja	Marginalna cijena MW [kn]
Bus 1	Gore	15,91
Bus 2	Gore	15,91
Bus 3	Gore	15,91
Bus 4	Gore	15,91
Bus 5	Gore	15,91
Bus 6	Lijevo	17,23
Bus 7	Desno	21,8



Slika 5.18:*Shema sa dodatnim generatorom na sabirnici 4*

Tablica 5.15: *Izlazne snage generatora sa dodatnim generatorom na sabirnici 4*

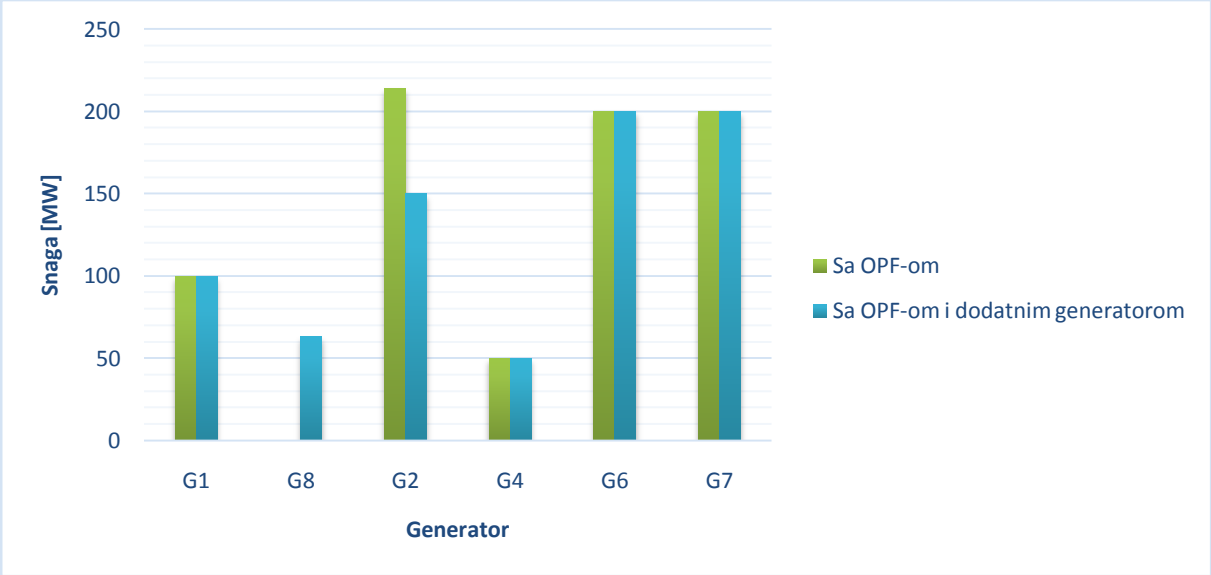
Sabirnica	Ime područja	Generator	Izlazna snaga [MW]	Izlazna snaga bez dodatnog generatora [MW]
Bus 1	Gore	G1	100	100
Bus 4	Gore	G8	63,3	0
Bus 2	Gore	G2	150	215
Bus 4	Gore	G4	50	50
Bus 6	Lijevo	G6	200,1	200
Bus 7	Desno	G7	200,3	200



Slika 5.19: *Marginalne cijene za sabirnice uz dodatni generator na sabirnici 4*

Cijena proizvodnje električne energije je ostala nepromijenjena iznosi 17577 kn/h.

Uspoređujući rezultate sa slika 5.19 i 5.20 vidljivo je da se cijena umanjuje u području „gore“, a da se izlazna snaga umanjuje samo na generatoru G2.



Slika 5.20: *Izlazne snage generatora sa dodatnim generatorom na sabirnici 4*

5.3.3.5. Dodatni generator na sabirnici 5

Na sabirnicu 5 dodajemo generator sa karakteristikama koje smo naveli u tablici 5.6 i 5.7.

U tablicama 5.16 i 5.17 su prikazane nove marginalne cijene i izlazne snage generatora.

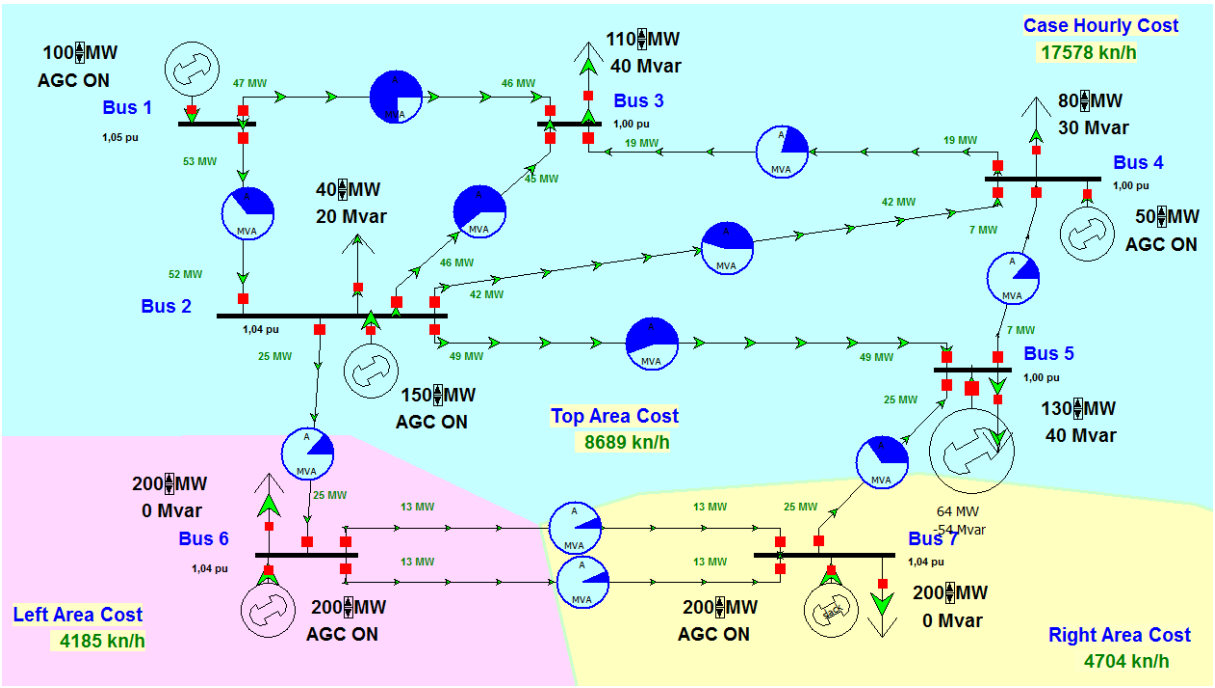
Tablica 5.16:*Marginalne cijene sa dodatnim generatorom na sabirnici 5*

Sabirnica	Ime područja	Marginalna cijena MW [kn]
Bus 1	Gore	15,91
Bus 2	Gore	15,91
Bus 3	Gore	15,91
Bus 4	Gore	15,91
Bus 5	Gore	15,91
Bus 6	Lijevo	17,23
Bus 7	Desno	21,8

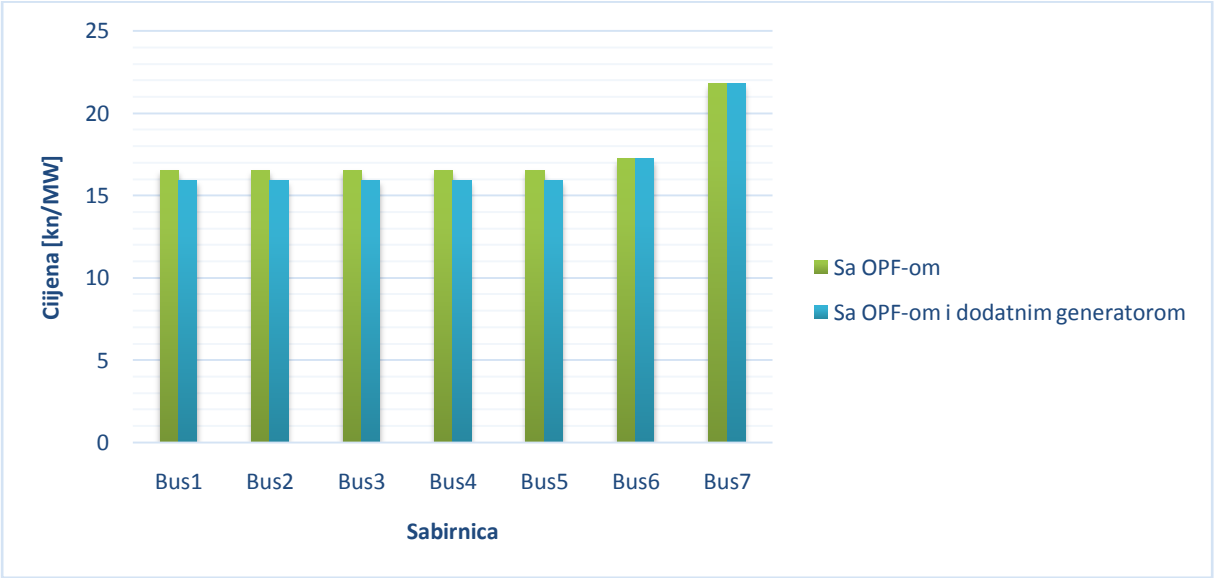
Cijena proizvodnje električne energije je ostala nepromijenjena iznosi 17578 kn/h.

Tablica 5.17: *Izlazne snage generatora sa dodatnim generatorom na sabirnici 5*

Sabirnica	Ime područja	Generator	Izlazna snaga [MW]	Izlazna snaga bez dodatnog generatora [MW]
Bus 1	Gore	G1	100	100
Bus 5	Gore	G8	63,5	0
Bus 2	Gore	G2	150	215
Bus 4	Gore	G4	50	50
Bus 6	Lijevo	G6	200,1	200
Bus 7	Desno	G7	200,1	200



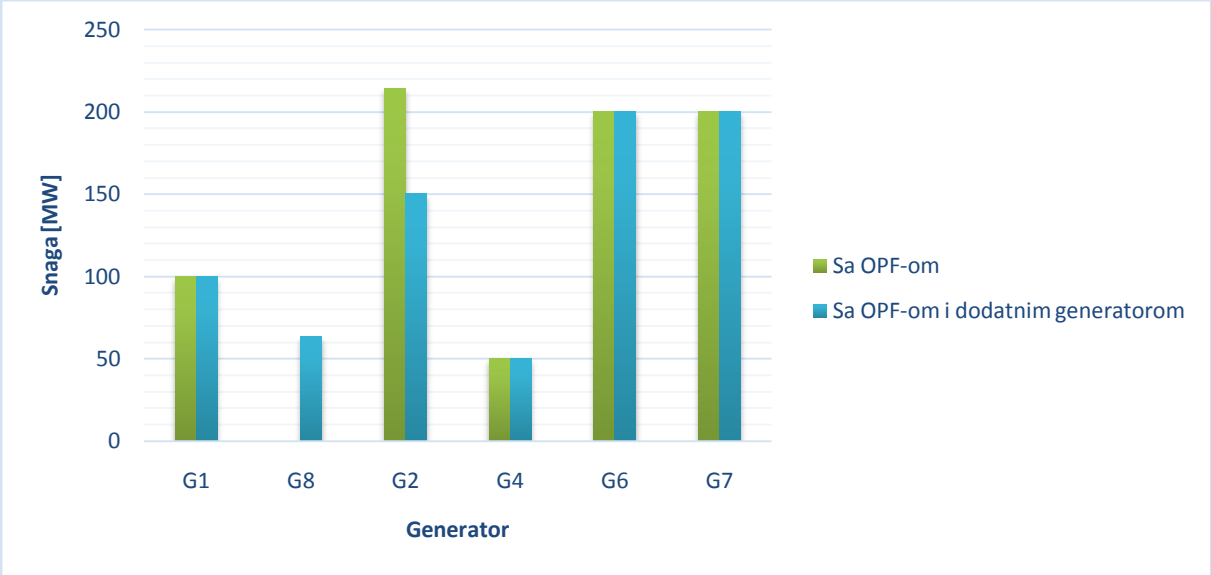
Slika 5.21:*Shema sa dodatnim generatorom na sabirnici 5*



Slika 5.22: *Marginalne cijene za sabirnice uz dodatni generator na sabirnici 5*

Kao što prikazuje slika 5.21 dodali smo jedan generator na sabirnicu 5. OPF je simulirao da taj generator u mrežu daje 63 MW s time da je za tih 63 MW umanjio snagu generatora G2 na sabirnici 2, koja sada iznosi 150 MW što je vidljivo u tablici 5.14. Opterećenja vodova su optimalna.

Uspoređujući rezultate sa slika 5.22 i 5.23 vidljivo je da do umanjenja cijene dolazi u području „gore“, a izlazna snaga se umanjuje na generatoru G2.



Slika 5.23: *Izlazne snage generatora sa dodatnim generatorom na sabirnici 5*

5.3.3.6. Dodatni generator na sabirnici 6

Na sabirnicu 6 dodajemo generator sa karakteristikama koje smo naveli u tablici 5.6 i 5.7.

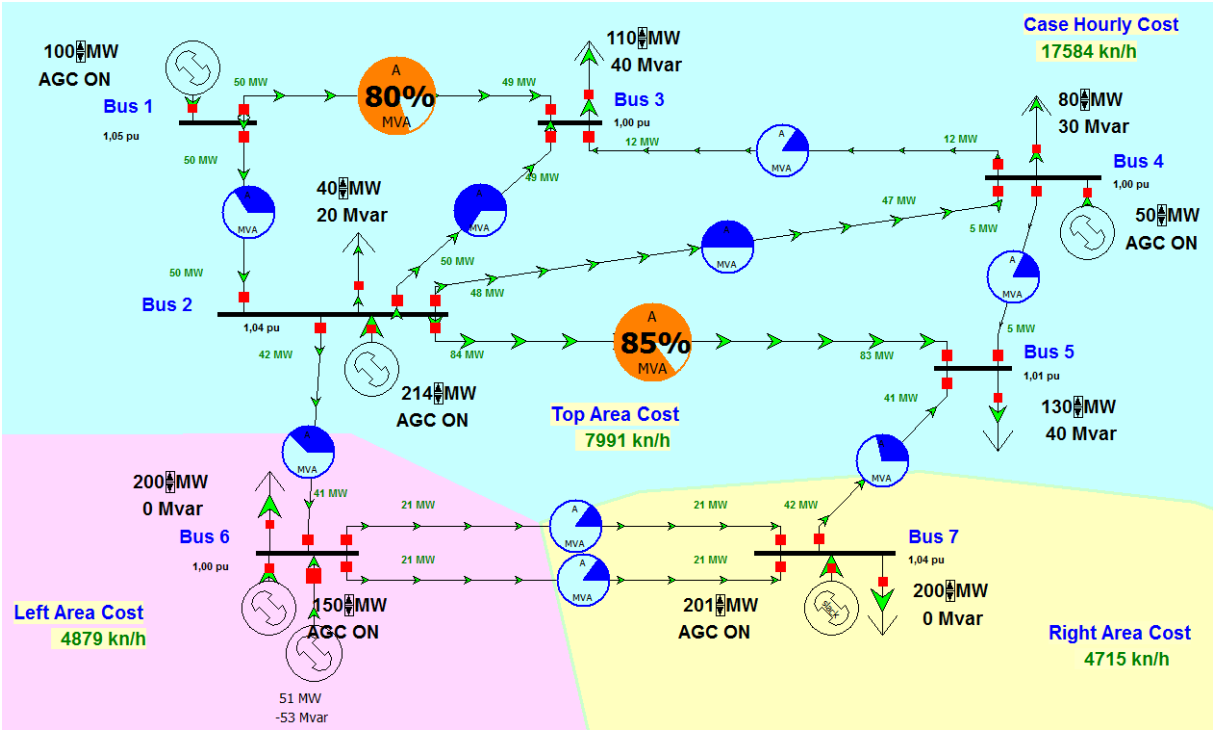
U tablicama 5.18 i 5.19 su prikazane nove marginalne cijene i izlazne snage generatora.

Tablica 5.18:*Marginalne cijene sa dodatnim generatorom na sabirnici 6*

Sabirnica	Ime područja	Marginalna cijena MW [kn]
Bus 1	Gore	16,53
Bus 2	Gore	16,53
Bus 3	Gore	16,53
Bus 4	Gore	16,53
Bus 5	Gore	16,53
Bus 6	Lijevo	15,91
Bus 7	Desno	21,8

Kao što prikazuje slika 5.24 dodali smo jedan generator na sabirnicu 6. OPF je simulirao da taj generator u mrežu daje 51 MW s time da je za tih 51 MW umanjio snagu generatora G6 na sabirnici 6, koja sada iznosi 150 MW što je vidljivo u tablici 5.19. Opterećenja vodova su se povisila posebno na vodovima između sabirnica 1 i 3 i između sabirnica 2 i 5.

Cijena proizvodnje električne energije se malo povisila i iznosi 17584kn/h.



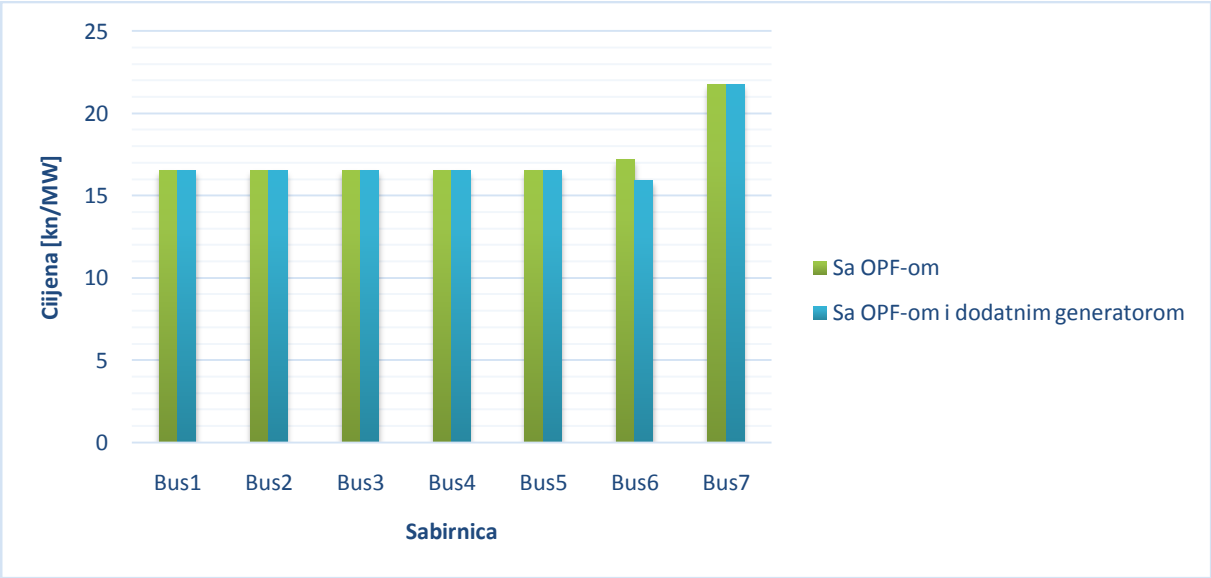
Slika 5.24:*Shema sa dodatnim generatorom na sabirnici 6*

Tablica 5.19: *Izlazne snage generatora sa dodatnim generatorom na sabirnici 6*

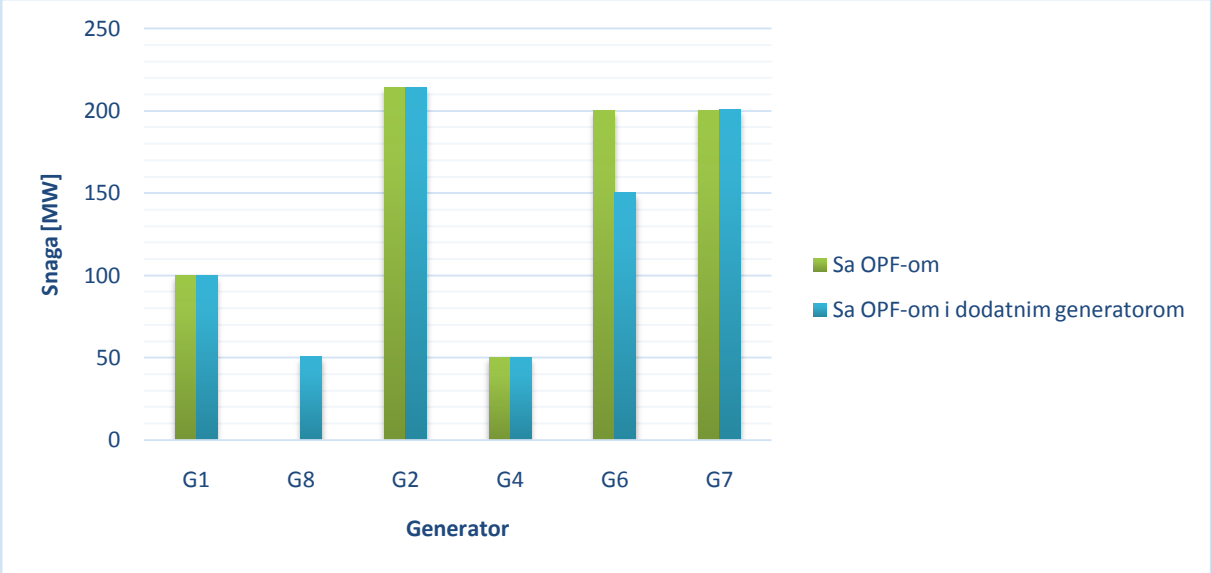
Sabirnica	Ime područja	Generator	Izlazna snaga [MW]	Izlazna snaga bez dodatnog generatora [MW]
Bus 1	Gore	G1	100	100
Bus 6	Gore	G8	50,5	0
Bus 2	Gore	G2	214,3	215
Bus 4	Gore	G4	50	50
Bus 6	Lijevo	G6	150	200
Bus 7	Desno	G7	200,7	200

Sa slika 5.25 i 5.26 vidljivo je da se promijenila struktura grafova, to je prvenstveno zbog toga jer je generator sada dodan na sabirnicu 6 koja se više ne nalazi u području „gore“ nego u području „lijevo“, obzirom na to se mijenja i cijena u području „lijevo“, smanjuje se, dok se

cijena u području „gore“ ostala na istoj vrijednosti nakon što se u tom području više ne nalazi dodatni generator. Izlazna snaga se u ovoj simulaciji povećala na generatoru G8 na sabirnici 6 u području „lijevo“, dok se smanjila na generatoru G6 na sabirnici 7 u području „lijevo“.



Slika 5.25: *Marginalne cijene za sabirnice uz dodatni generator na sabirnici 6*



Slika 5.26: *Izlazne snage generatora sa dodatnim generatorom na sabirnici 6*

5.3.3.7. Dodatni generator na sabirnici 7

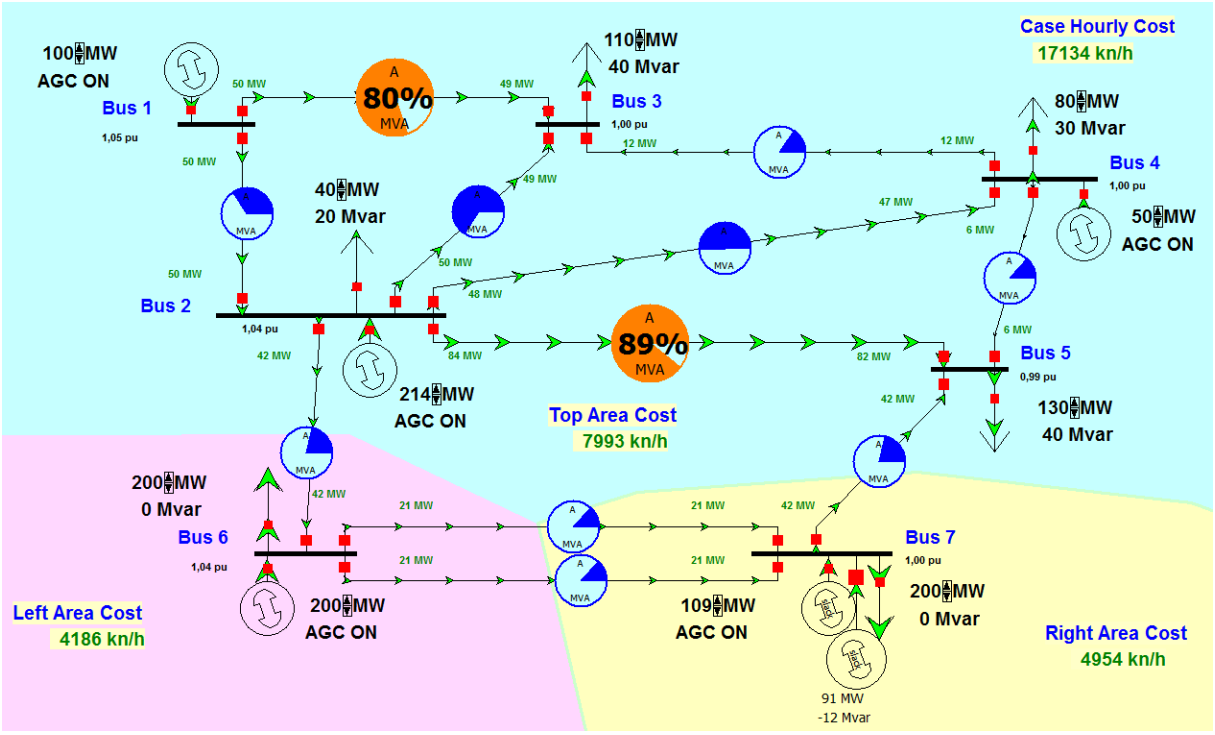
Na sabirnicu 7 dodajemo generator sa karakteristikama koje smo naveli u tablici 5.6 i 5.7.

U tablicama 5.20 i 5.21 su prikazane nove marginalne cijene i izlazne snage generatora.

Kao što prikazuje slika 5.27 dodali smo jedan generator na sabirnicu 7. OPF je simulirao da taj generator u mrežu daje 91 MW s time da je za tih 91 MW umanjio snagu generatora G7 na sabirnici 7, koja sada iznosi 109MW što je vidljivo u tablici 5.21. Opterećenja vodova se nisu promijenila.

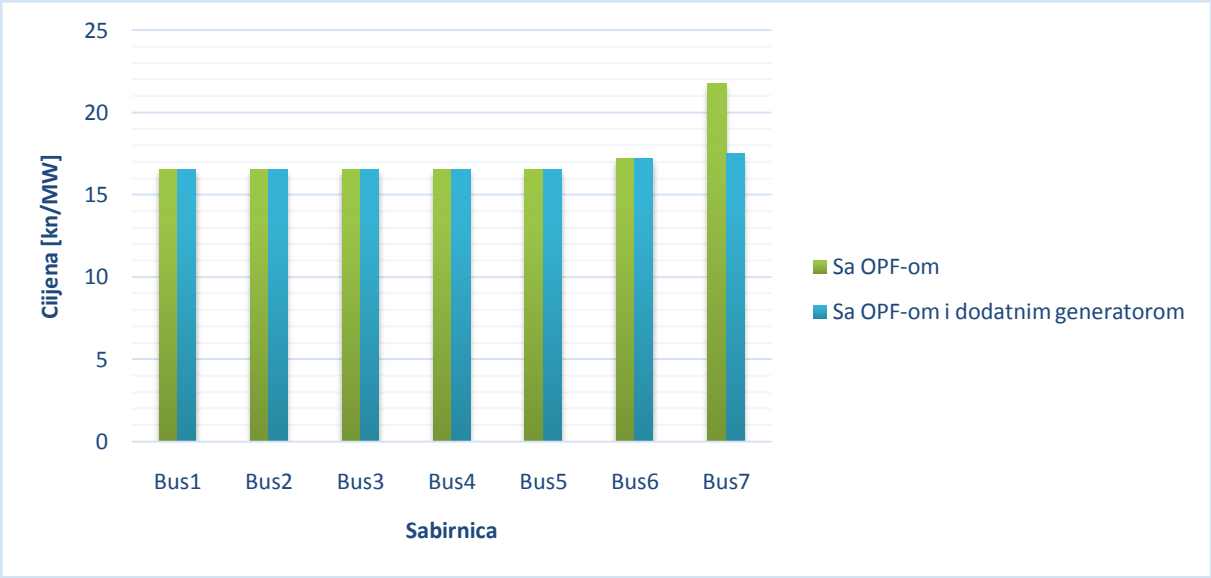
Tablica 5.20:*Marginalne cijene sa dodatnim generatorom na sabirnici 7*

Sabirnica	Ime područja	Marginalna cijena MW [kn]
Bus 1	Gore	16,53
Bus 2	Gore	16,53
Bus 3	Gore	16,53
Bus 4	Gore	16,53
Bus 5	Gore	16,53
Bus 6	Lijevo	17,23
Bus 7	Desno	17,54

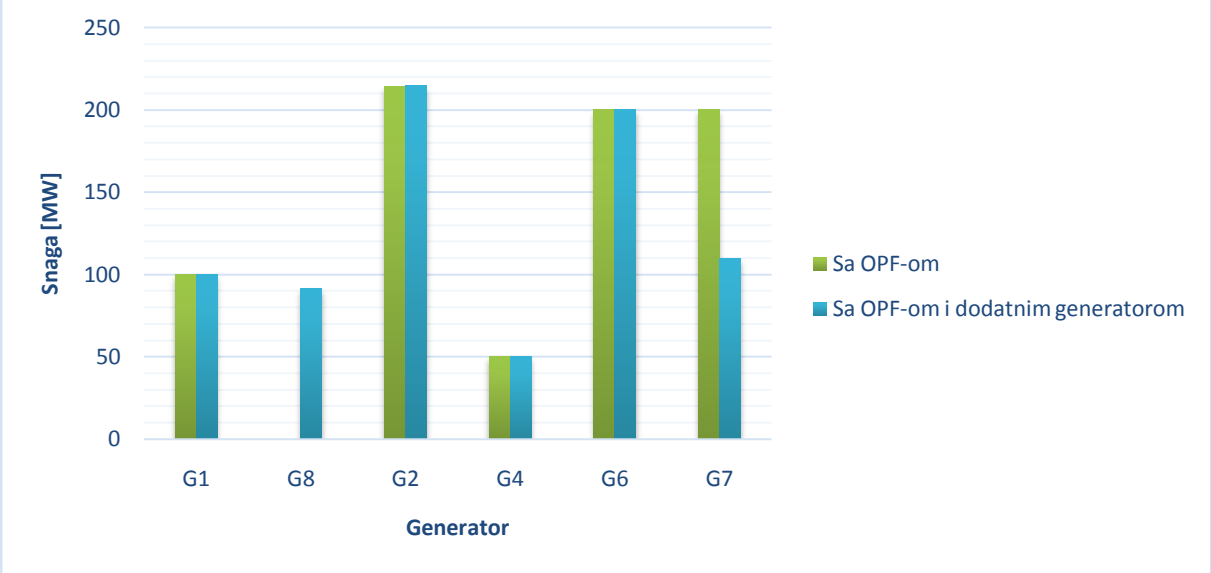


Slika 5.27:*Shema sa dodatnim generatorom na sabirnici 7*

Cijena proizvodnje električne energije se malo povisila i iznosi 17134 kn/h.



Slika 5.28: *Marginalne cijene za sabirnice uz dodatni generator na sabirnici 7*



Slika 5.29: *Izlazne snage generatora sa dodatnim generatorom na sabirnici 7*

Tablica 5.21: *Izlazne snage generatora sa dodatnim generatorom na sabirnici 7*

Sabirnica	Ime područja	Generator	Izlazna snaga [MW]	Izlazna snaga bez dodatnog generatora [MW]
Bus 1	Gore	G1	100	100
Bus 7	Gore	G8	91,1	0
Bus 2	Gore	G2	214,5	215
Bus 4	Gore	G4	50	50
Bus 6	Lijevo	G6	200,2	200
Bus 7	Desno	G7	109,4	200

Sa slika 5.28 i 5.29 vidljivo je da se promijenila struktura grafova, to je prvenstveno zbog toga jer je generator sada dodan na sabirnicu 7 koja se više ne nalazi u području „gore“ ili „lijevo“, nego u području „desno“, obzirom na to se mijenja i cijena u području „desno“, smanjuje se, dok je cijena u ostalim područjima ostala nepromijenjena nakon što se u tim područjima više ne nalazi dodatni generator. Izlazna snaga se u ovoj simulaciji povećala na generatoru G8 na sabirnici 7 u području „desno“, dok se smanjila na generatoru G7 na sabirnici 7 u području „desno“.

5.3.4. OPF model sa dodatnim generatorom na ugljen

U sustav sa slike 5.7 simulirano će biti dodavanje generatora na svaku sabirnicu kao što je bilo odrađeno u poglavlju 5.3.3.

Energent koji će se koristiti u ovoj simulacijije ugljen.

5.3.4.1. Dodatni generator na sabirnici 1

Na sabirnicu 1 dodajemo generator sa karakteristikama koje smo naveli u tablici 5.6 i 5.7.

U tablicama 5.22 i 5.23 su prikazane nove marginalne cijene i izlazne snage generatora.

Kao što prikazuje slika 5.30 dodali smo jedan generator na sabirnicu 1. OPF je simulirao da taj generator u mrežu daje 66 MW s time da je za tih 66 MW umanjio snagu generatora G2 na sabirnici 2, koja sada iznosi 150 MW što je vidljivo u tablici 5.23. Opterećenja vodova su porasla na tri voda, no i dalje su u granicama dopuštenoga.

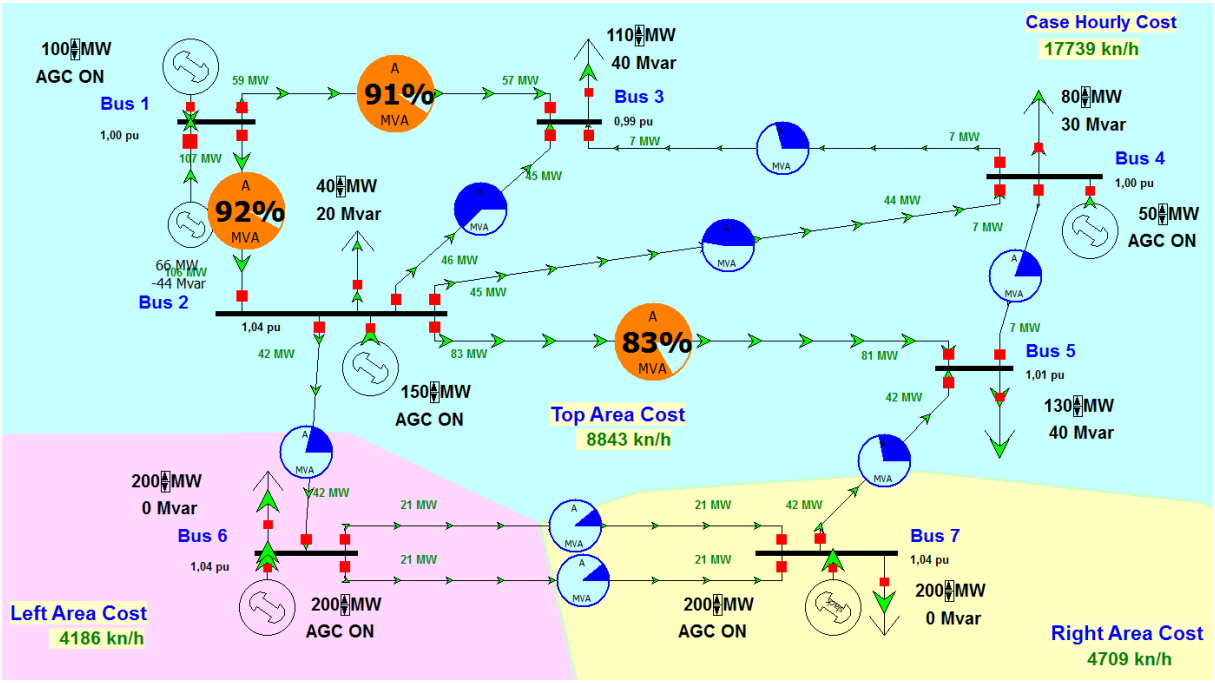
Tablica 5.22:*Marginalne cijene sa dodatnim generatorom na sabirnici 1*

Sabirnica	Ime područja	Marginalna cijena MW [$]
Bus 1	Gore	16,47
Bus 2	Gore	16,47
Bus 3	Gore	16,47
Bus 4	Gore	16,47
Bus 5	Gore	16,47
Bus 6	Lijevo	17,23
Bus 7	Desno	21,80

Cijena proizvodnje električne energije iznosi 17739kn/h.

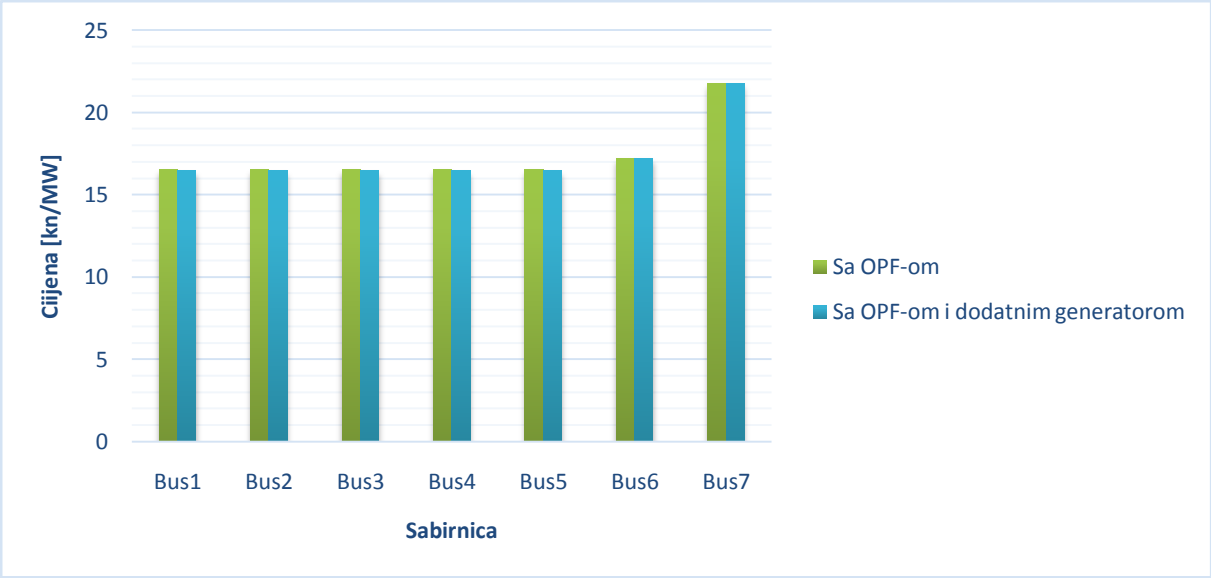
Tablica 5.23: *Izlazne snage generatora sa dodatnim generatorom na sabirnici 1*

Sabirnica	Ime područja	Generator	Izlazna snaga [MW]	Izlazna snaga bez dodatnog generatora [MW]
Bus 1	Gore	G1	100	100
Bus 1	Gore	G8	66,2	0
Bus 2	Gore	G2	150	215
Bus 4	Gore	G4	50	50
Bus 6	Lijevo	G6	200,2	200
Bus 7	Desno	G7	200,4	200

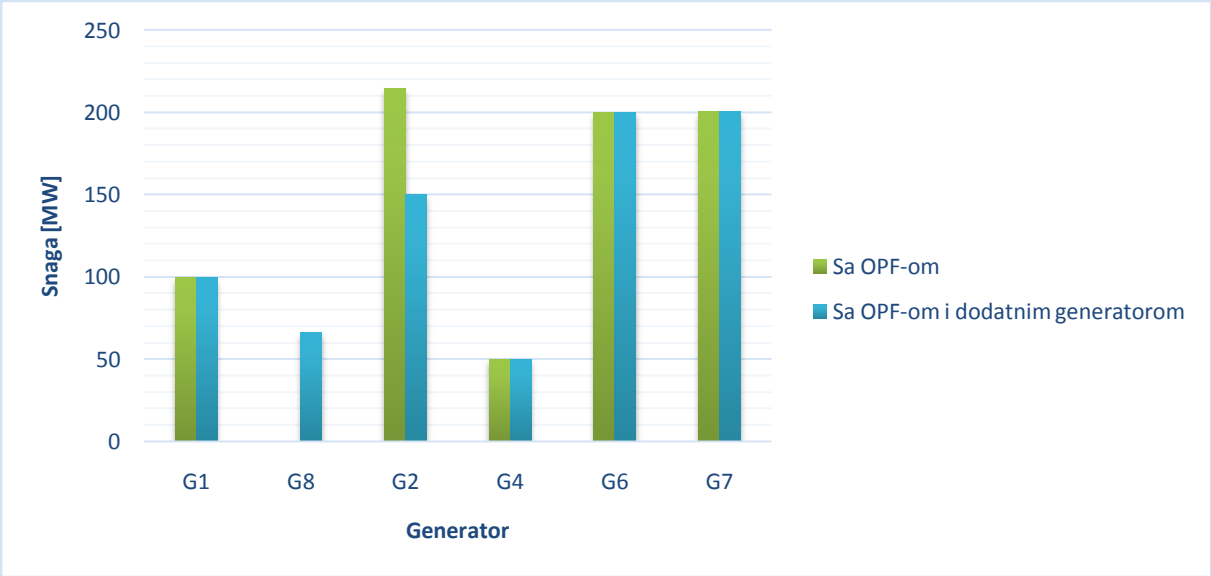


Slika 5.30:*Shema sa dodatnim generatorom na sabirnici 1*

Sa slika 5.31 i 5.32 vidimo da ne dolazi do promjena u cijeni. Generatoru G2 na sabirnici 2 je smanjena proizvodnja upravo za iznos koji novi generator G8 predaje u elektroenergetski sustav. Premda je novi generator spojen u mrežu ne dolazi do promjene cijene proizvodnje električne energije niti na jednoj sabirnici. Sve sabirnice su zadržale cijene koje su imale i prije dodavanja dodatnog generatora G8.



Slika 5.31: *Marginalne cijene za sabirnice uz dodatni generator na sabirnici 1*



Slika 5.32: *Izlazne snage generatora sa dodatnim generatorom na sabirnici 1*

5.3.4.2. Dodatni generator na sabirnici 2

Na sabirnicu 2 dodajemo generator sa karakteristikama koje smo naveli u tablici 5.6 i 5.7.

U tablicama 5.24 i 5.25 su prikazane nove marginalne cijene i izlazne snage generatora.

Cijena proizvodnje električne energije je nešto niža i iznosi 17733 kn/h.

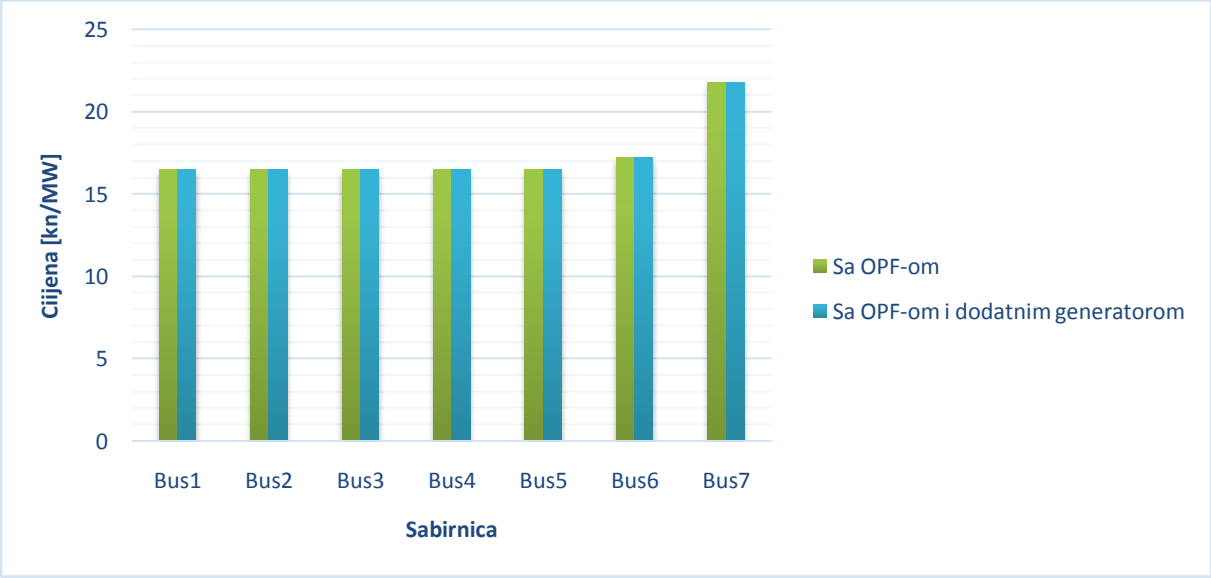
Tablica 5.24:*Marginalne cijene sa dodatnim generatorom na sabirnici 2*

Sabirnica	Ime područja	Marginalna cijena MW [kn]
Bus 1	Gore	16,47
Bus 2	Gore	16,47
Bus 3	Gore	16,47
Bus 4	Gore	16,47
Bus 5	Gore	16,47
Bus 6	Lijevo	17,23
Bus 7	Desno	21,80

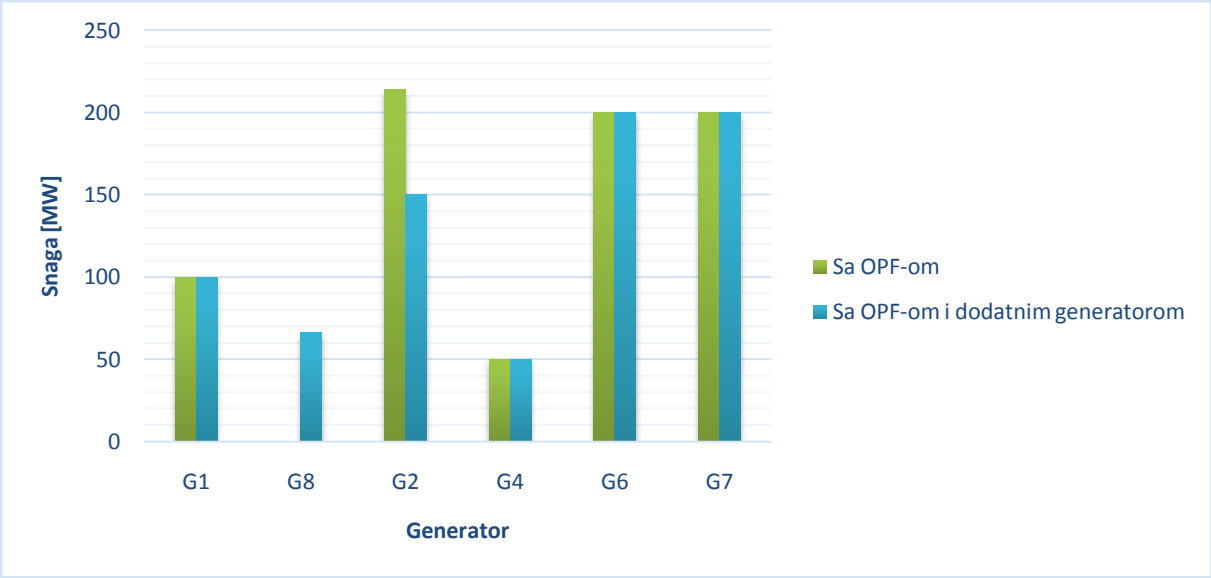
Tablica 5.25: *Izlazne snage generatora sa dodatnim generatorom na sabirnici 2*

Sabirnica	Ime područja	Generator	Izlazna snaga [MW]	Izlazna snaga bez dodatnog generatora [MW]
Bus 1	Gore	G1	100	100
Bus 2	Gore	G8	66,2	0
Bus 2	Gore	G2	150	215
Bus 4	Gore	G4	50	50
Bus 6	Lijevo	G6	200,2	200
Bus 7	Desno	G7	200,4	200

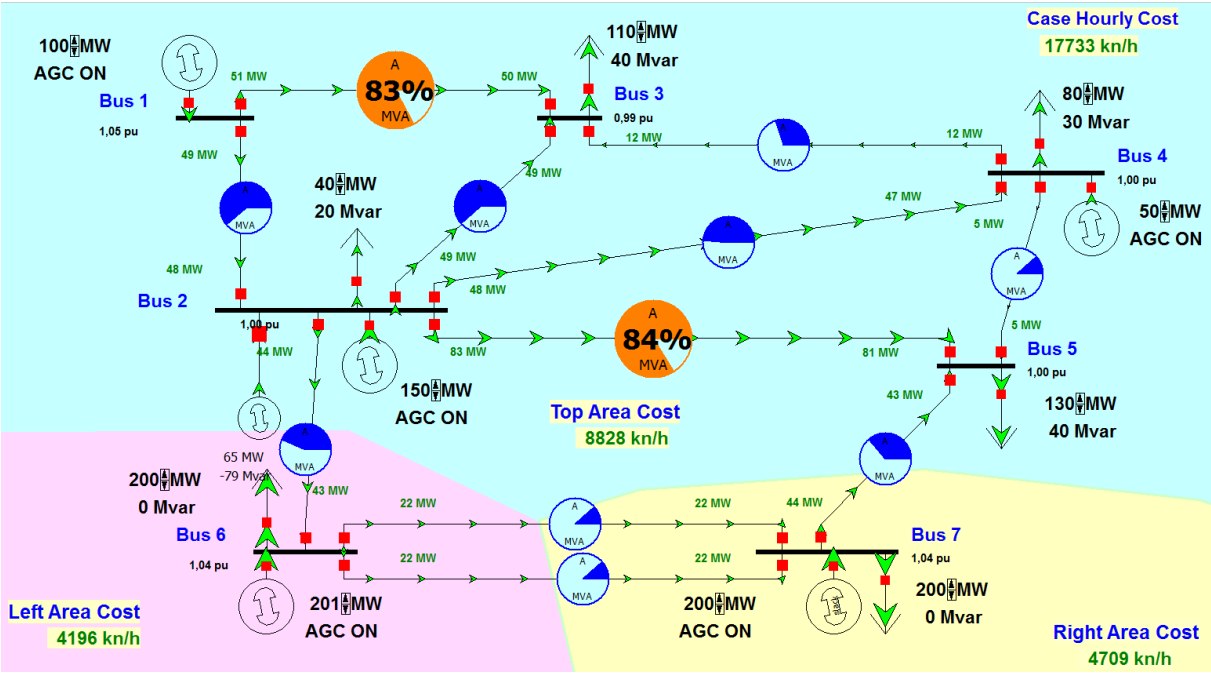
Kao što prikazuje slika 5.35 dodali smo jedan generator na sabirnicu 2. OPF je simulirao da taj generator u mrežu daje 65 MW s time da je za tih 65 MW umanjio snagu generatora G2 na sabirnici 2, koja sada iznosi 150 MW što je vidljivo u tablici 5.25. Opterećenja vodova su nešto manja, no imamo samo dva voda koja su malo više opterećena.



Slika 5.33: *Marginalne cijene za sabirnice uz dodatni generator na sabirnici 2*



Slika 5.34: *Izlazne snage generatora sa dodatnim generatorom na sabirnici 2*



Slika 5.35:*Shema sa dodatnim generatorom na sabirnici 2*

Sa slika 5.33 i 5.34možemo zaključiti da ne dolazi do promijene u cijeni proizvodnje električne energije. Što se tiče izlazne snage generatora tu je i dalje vidljivo da dolazi do smanjenja na generatoru G2 uslijed dodavanja dodatnog generatora G8 na sabirnicu 2 u području „gore“.

5.3.4.3. Dodatni generator na sabirnici 3

Na sabirnicu 3 dodajemo generator sa karakteristikama koje smo naveli u tablici 5.6 i 5.7.

U tablicama 5.26 i 5.27 su prikazane nove marginalne cijene i izlazne snage generatora.

Kao što prikazuje slika 5.36 dodali smo jedan generator na sabirnicu 3. OPF je simulirao da taj generator u mrežu daje 63 MW s time da je za tih 63 MW umanjio snagu generatora G2 na sabirnici 2, koja sada iznosi 150 MW što je vidljivo u tablici 5.27. Opterećenja vodova su u optimalnim vrijednostima.

Cijena proizvodnje električne energije se dosta spustila i iznosi 17687 kn/h.

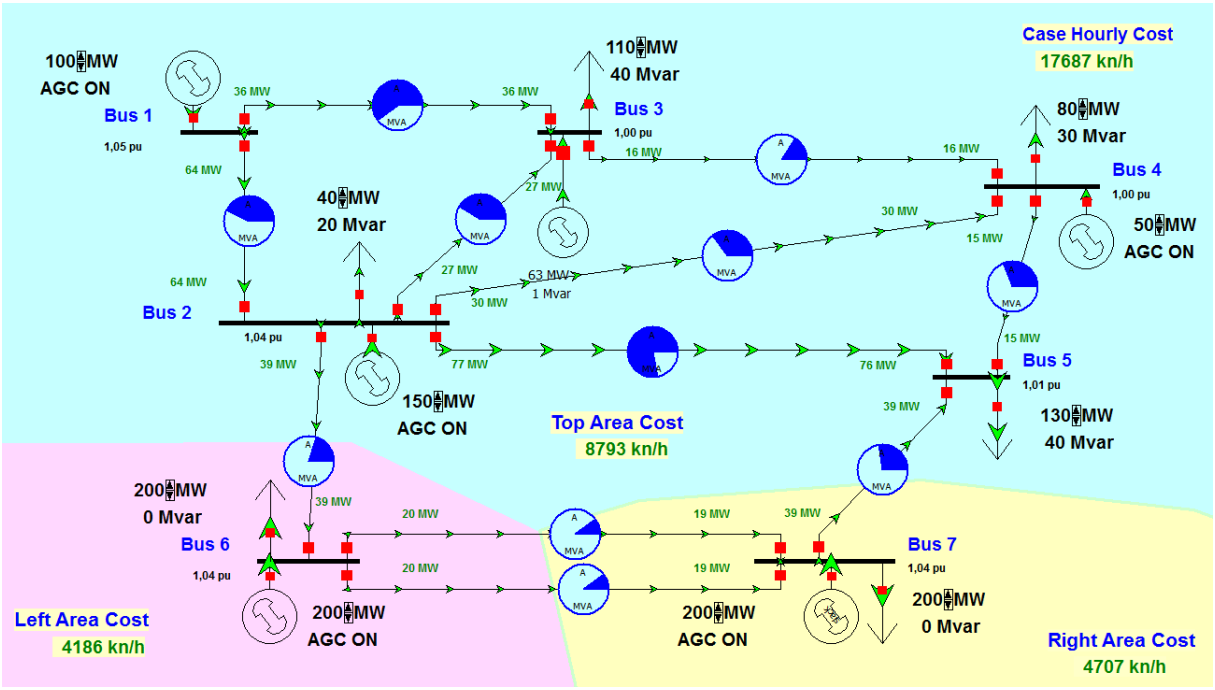
Sa slika 5.37 i 5.38 možemo zaključiti da se cijena proizvodnje električne energije na sabirnicama ne mijenja. Što se tiče izlazne snage generatora tu je i dalje vidljivo da dolazi do smanjenja za isti iznos na generatoru G2 uslijed dodavanja dodatnog generatora G8 na sabirnicu 2.

Tablica 5.26:*Marginalne cijene sa dodatnim generatorom na sabirnici 3*

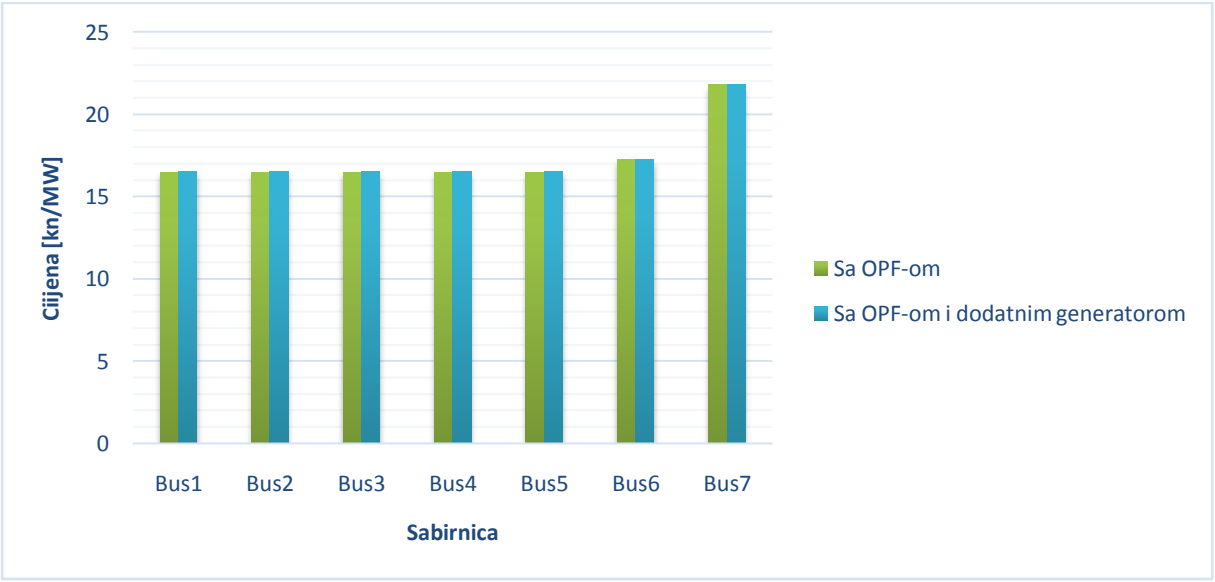
Sabirnica	Ime područja	Marginalna cijena MW [kn]
Bus 1	Gore	16,47
Bus 2	Gore	16,47
Bus 3	Gore	16,47
Bus 4	Gore	16,47
Bus 5	Gore	16,47
Bus 6	Lijevo	17,23
Bus 7	Desno	21,80

Tablica 5.27: *Izlazne snage generatora sa dodatnim generatorom na sabirnici 3*

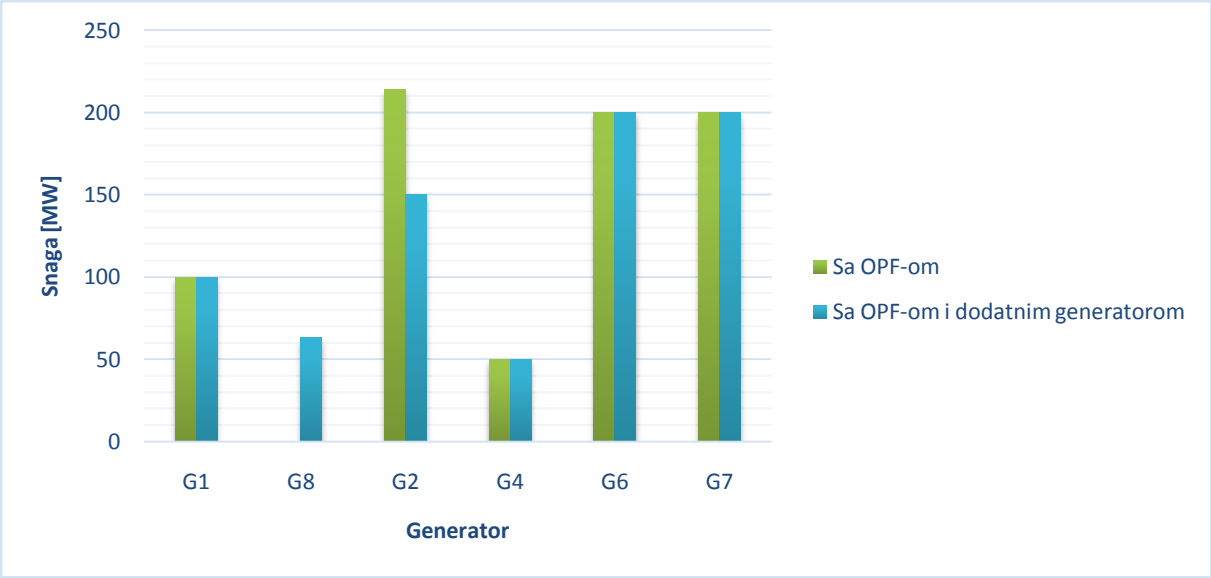
Sabirnica	Ime područja	Generator	Izlazna snaga [MW]	Izlazna snaga bez dodatnog generatora [MW]
Bus 1	Gore	G1	100	100
Bus 3	Gore	G8	63,1	0
Bus 2	Gore	G2	150	215
Bus 4	Gore	G4	50	50
Bus 6	Lijevo	G6	200,1	200
Bus 7	Desno	G7	200,3	200



Slika 5.36:*Shema sa dodatnim generatorom na sabirnici 3*



Slika 5.37: *Marginalne cijene za sabirnice uz dodatni generator na sabirnici 3*



Slika 5.38: *Izlazne snage generatora sa dodatnim generatorom na sabirnici 3*

5.3.4.4. Dodatni generator na sabirnici 4

Na sabirnicu 4 dodajemo generator sa karakteristikama koje smo naveli u tablici 5.6 i 5.7.

U tablicama 5.28 i 5.29 su prikazane nove marginalne cijene i izlazne snage generatora.

Kao što prikazuje slika 5.39 dodali smo jedan generator na sabirnicu 4. OPF je simulirao da taj generator u mrežu daje 63 MW s time da je za tih 63 MW umanjio snagu generatora G2 na sabirnici 2, koja sada iznosi 150 MW što je vidljivo u tablici 5.29. Opterećenja vodova su u optimalnim vrijednostima.

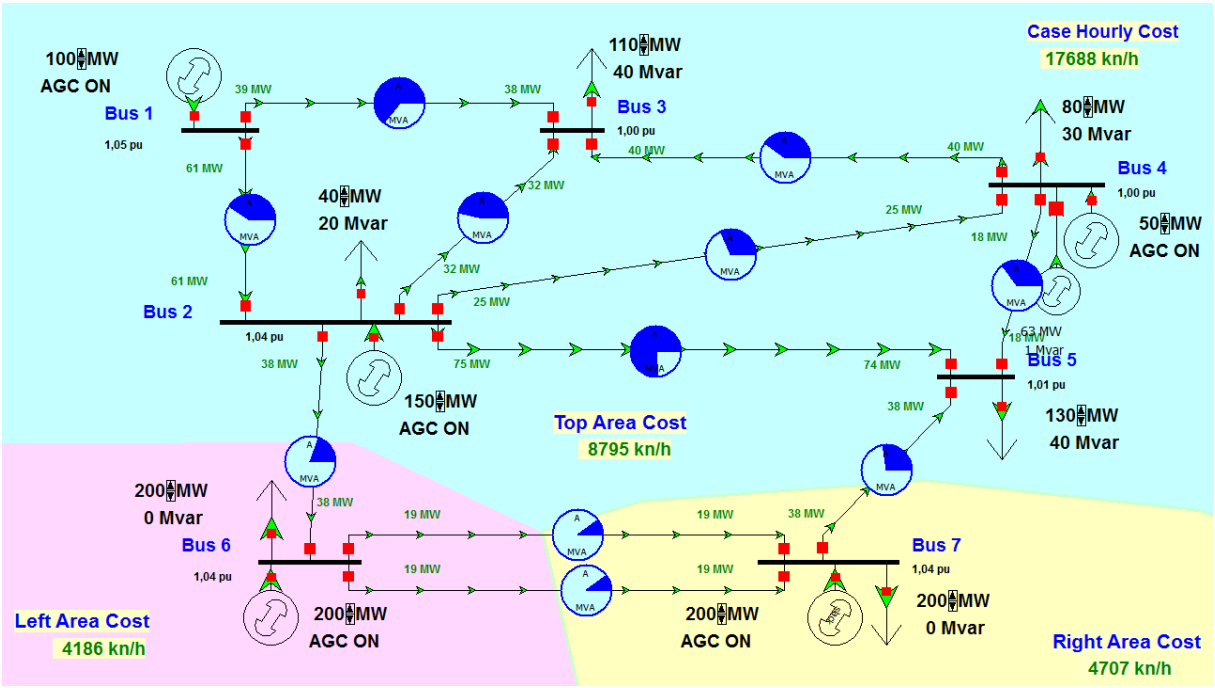
Cijena proizvodnje električne energije je nešto niža i iznosi 17688 kn/h.

Tablica 5.28:*Marginalne cijene sa dodatnim generatorom na sabirnici 4*

Sabirnica	Ime područja	Marginalna cijena MW [kn]
Bus 1	Gore	16,47
Bus 2	Gore	16,47
Bus 3	Gore	16,47
Bus 4	Gore	16,47
Bus 5	Gore	16,47
Bus 6	Lijevo	17,23
Bus 7	Desno	21,80

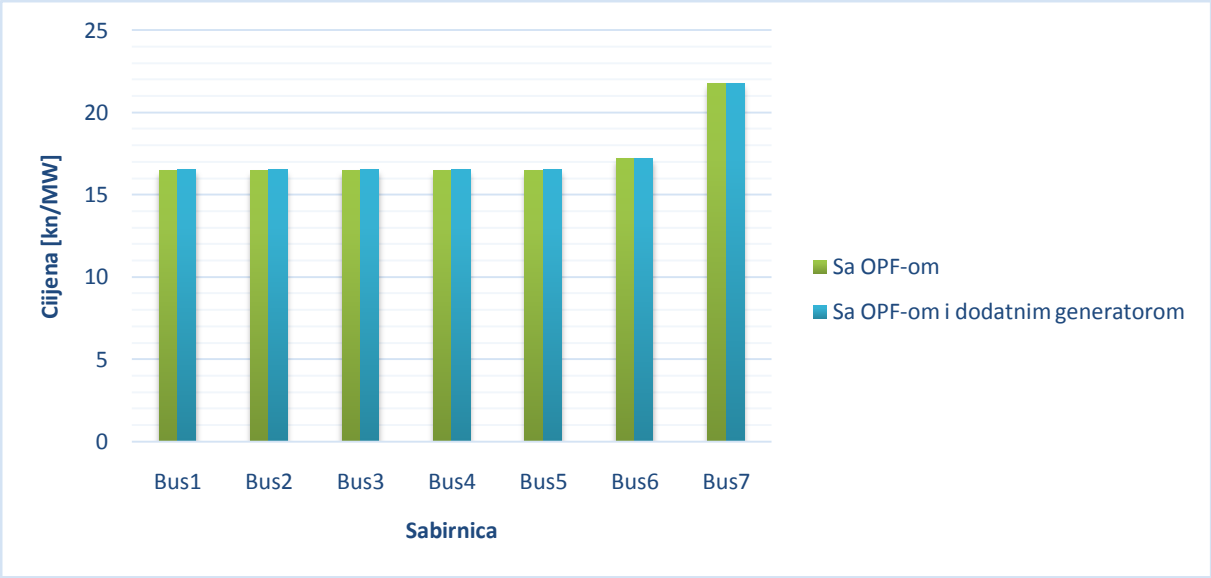
Tablica 5.29: *Izlazne snage generatora sa dodatnim generatorom na sabirnici 4*

Sabirnica	Ime područja	Generator	Izlazna snaga [MW]	Izlazna snaga bez dodatnog generatora [MW]
Bus 1	Gore	G1	100	100
Bus 4	Gore	G8	63,3	0
Bus 2	Gore	G2	150	215
Bus 4	Gore	G4	50	50
Bus 6	Lijevo	G6	200,1	200
Bus 7	Desno	G7	200,3	200

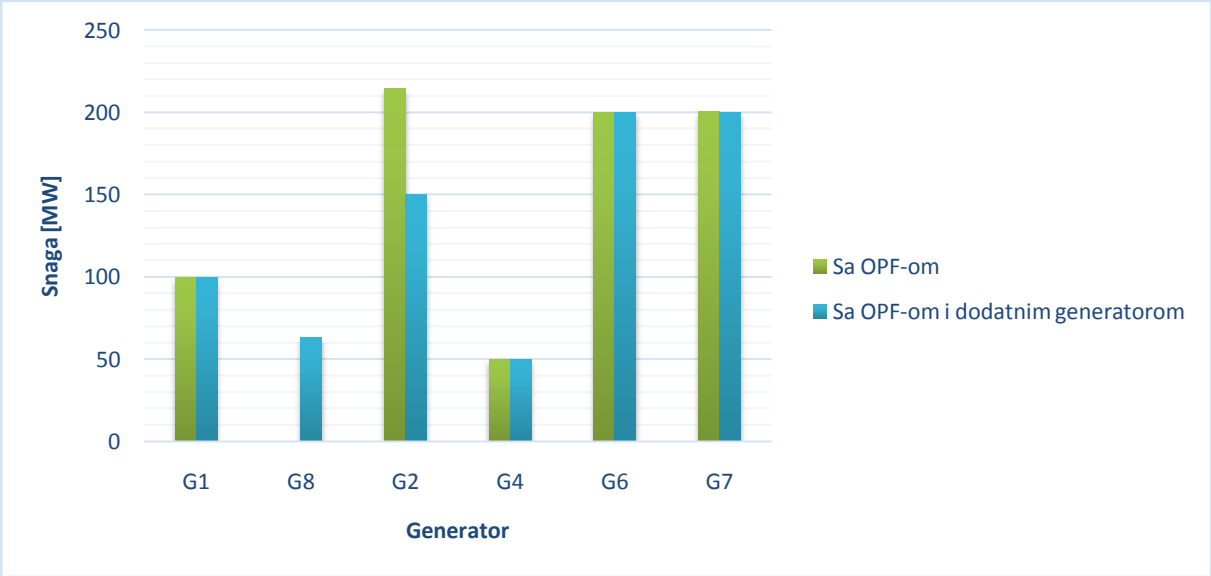


Slika 5.39:*Shema sa dodatnim generatorom na sabirnici 4*

Sa slika 5.40 i 5.41 možemo zaključiti da promijene u cijeni proizvodnje električne energije nema. Također je vidljivo da dolazi do smanjenja proizvodnje električne energije na generatoru G2 na sabirnici 2 uslijed dodavanja dodatnog generatora u to područje.



Slika 5.40: *Marginalne cijene za sabirnice uz dodatni generator na sabirnici 4*



Slika 5.41: *Izlazne snage generatora sa dodatnim generatorom na sabirnici 4*

5.3.4.5. Dodatni generator na sabirnici 5

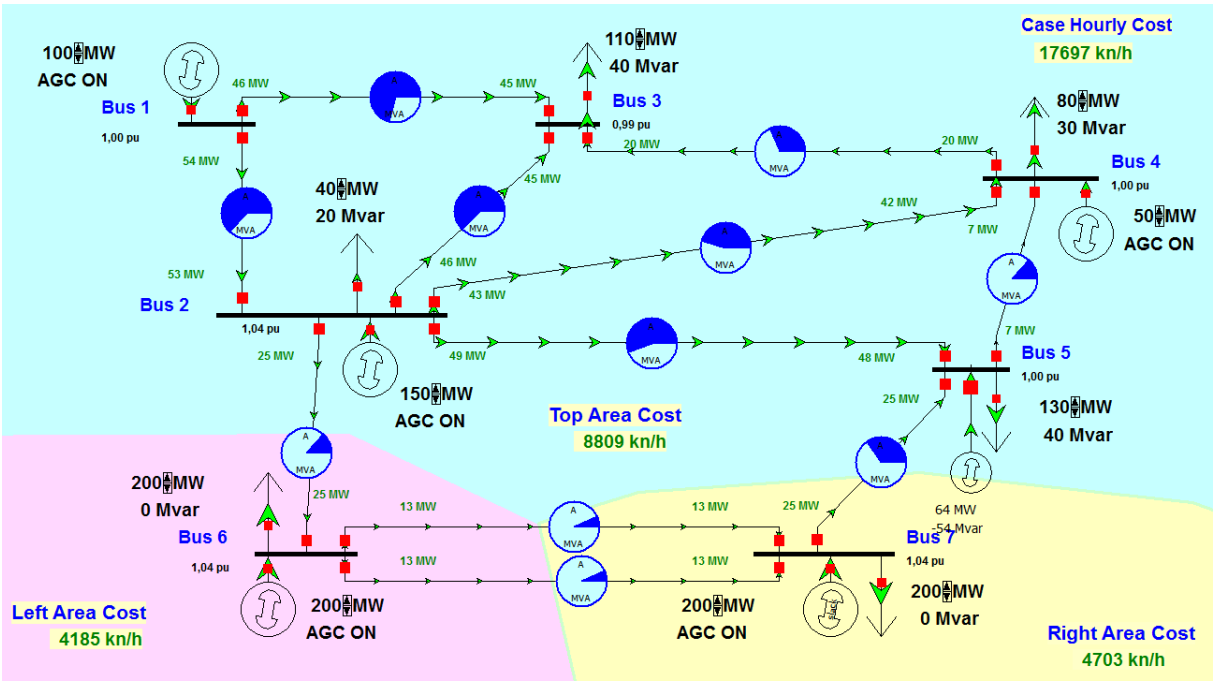
Na sabirnicu 5 dodajemo generator sa karakteristikama koje smo naveli u tablici 5.6 i 5.7.

U tablicama 5.30 i 5.31 su prikazane nove marginalne cijene i izlazne snage generatora.

Kao što prikazuje slika 5.42 dodali smo jedan generator na sabirnicu 5. OPF je simulirao da taj generator u mrežu daje 64 MW s time da je za tih 64 MW umanjio snagu generatora G2

na sabirnici 2, koja sada iznosi 150 MW što je vidljivo u tablici 5.31. Opterećenja vodova su u optimalnim vrijednostima.

Cijena proizvodnje električne energije je malo porasla i iznosi 17697kn/h.



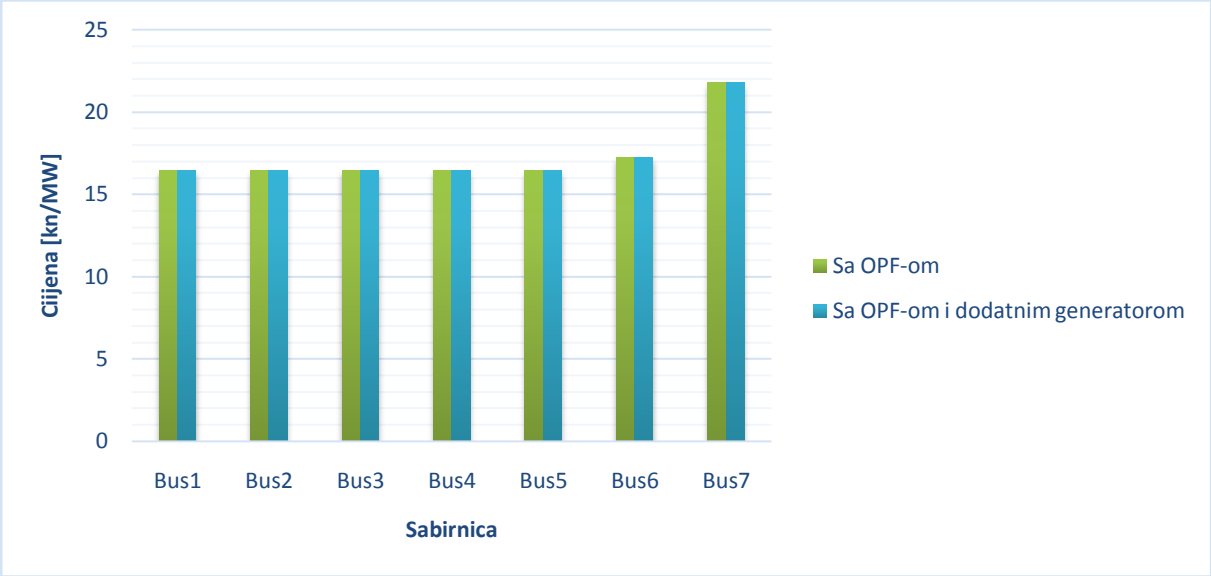
Slika 5.42:*Shema sa dodatnim generatorom na sabirnici 5*

Tablica 5.30:*Marginalne cijene sa dodatnim generatorom na sabirnici 5*

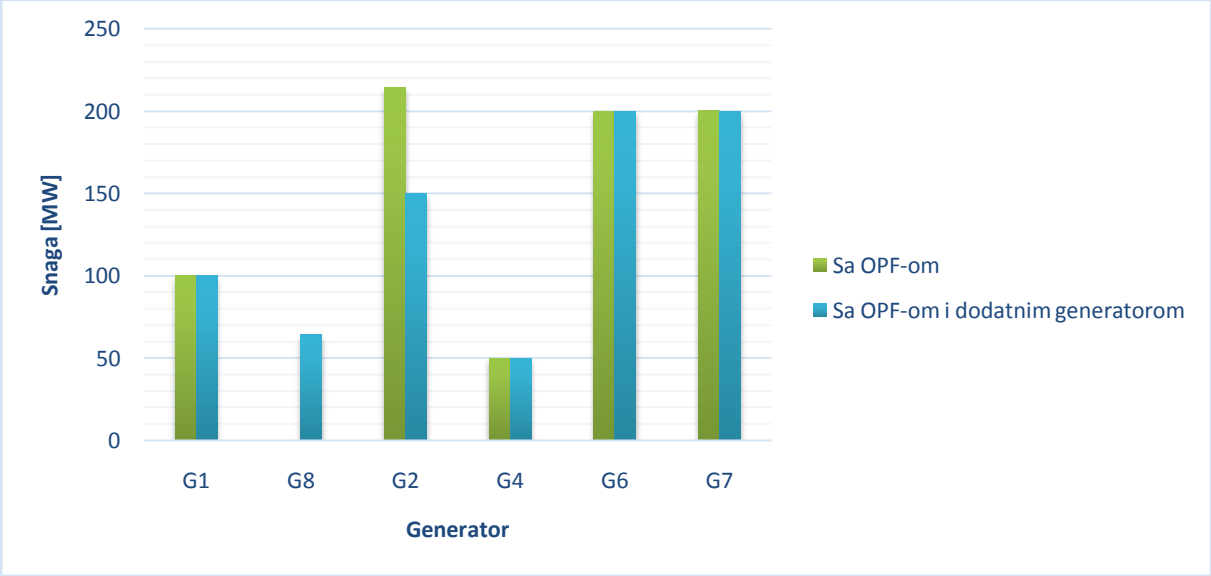
Sabirnica	Ime područja	Marginalna cijena MW [kn]
Bus 1	Gore	16,47
Bus 2	Gore	16,47
Bus 3	Gore	16,47
Bus 4	Gore	16,47
Bus 5	Gore	16,47
Bus 6	Lijevo	17,23
Bus 7	Desno	21,80

Tablica 5.31: *Izlazne snage generatora sa dodatnim generatorom na sabirnici 5*

Sabirnica	Ime područja	Generator	Izlazna snaga [MW]	Izlazna snaga bez dodatnog generatora [MW]
Bus 1	Gore	G1	100	100
Bus 5	Gore	G8	64,1	0
Bus 2	Gore	G2	150	215
Bus 4	Gore	G4	50	50
Bus 6	Lijevo	G6	200,1	200
Bus 7	Desno	G7	200,1	200



Slika 5.43: *Marginalne cijene za sabirnice uz dodatni generator na sabirnici 5*



Slika 5.44: *Izlazne snage generatora sa dodatnim generatorom na sabirnici 5*

Sa slika 5.43 i 5.44 možemo zaključiti da ne dolazi do promijene u cijeni proizvodnje električne na sabirnicama U grafu 5.25 vidljivo je da dolazi do smanjenja proizvodnje električne energije na generatoru G2 na sabirnici 2 u području „gore“, uslijed dodavanja dodatnog generatora u to područje. Izlazne snage generatora G6 i G7 se ne mijenjaju.

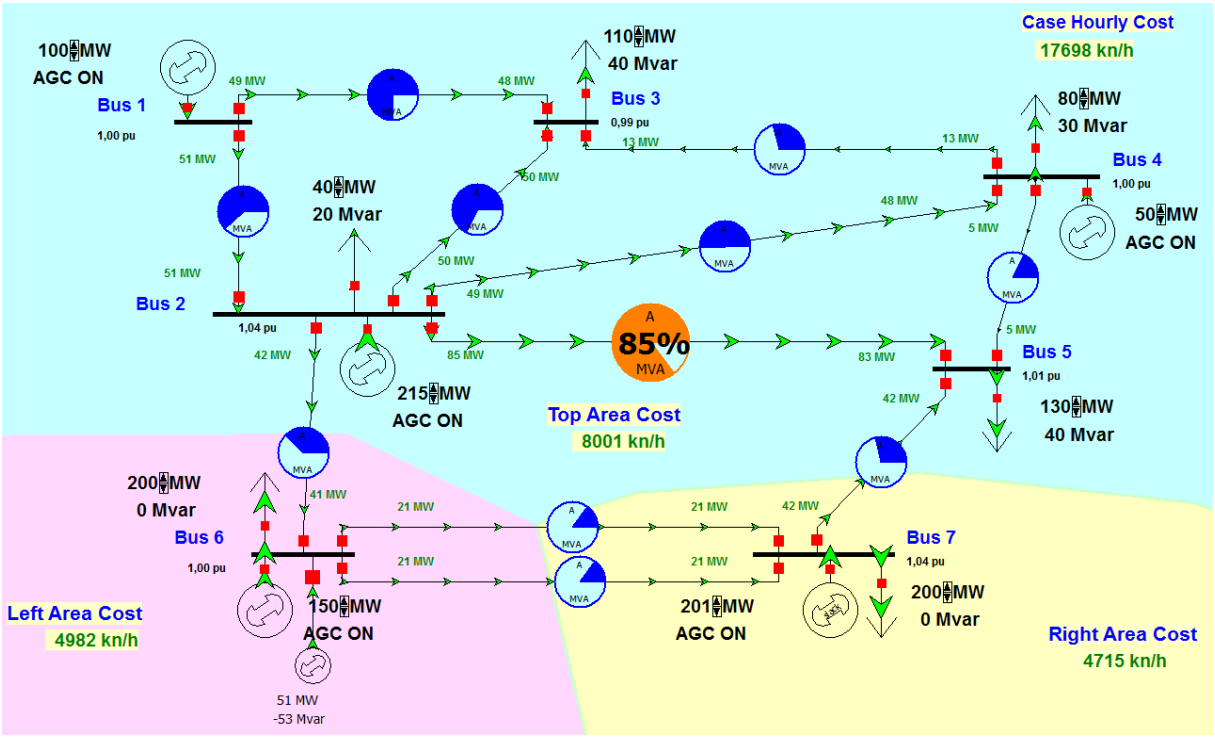
5.3.4.6. Dodatni generator na sabirnici 6

Na sabirnicu 6 dodajemo generator sa karakteristikama koje smo naveli u tablici 5.6 i 5.7.

U tablicama 5.32 i 5.33 su prikazane nove marginalne cijene i izlazne snage generatora.

Kao što prikazuje slika 5.45 dodali smo jedan generator na sabirnicu 6. OPF je simulirao da taj generator u mrežu daje 51 MW s time da je za tih 51 MW umanjio snagu generatora G6 na sabirnici 6, koja sada iznosi 150 MW što je vidljivo u tablici 5.33. Opterećenja vodova su u optimalnim vrijednostima, osim na vodu koji spaja sabirnice 2 i 5. Na tom vodu se povećalo opterećenje.

Cijena proizvodnje električne energije je ostala na istoj razini i iznosi 17698kn/h.



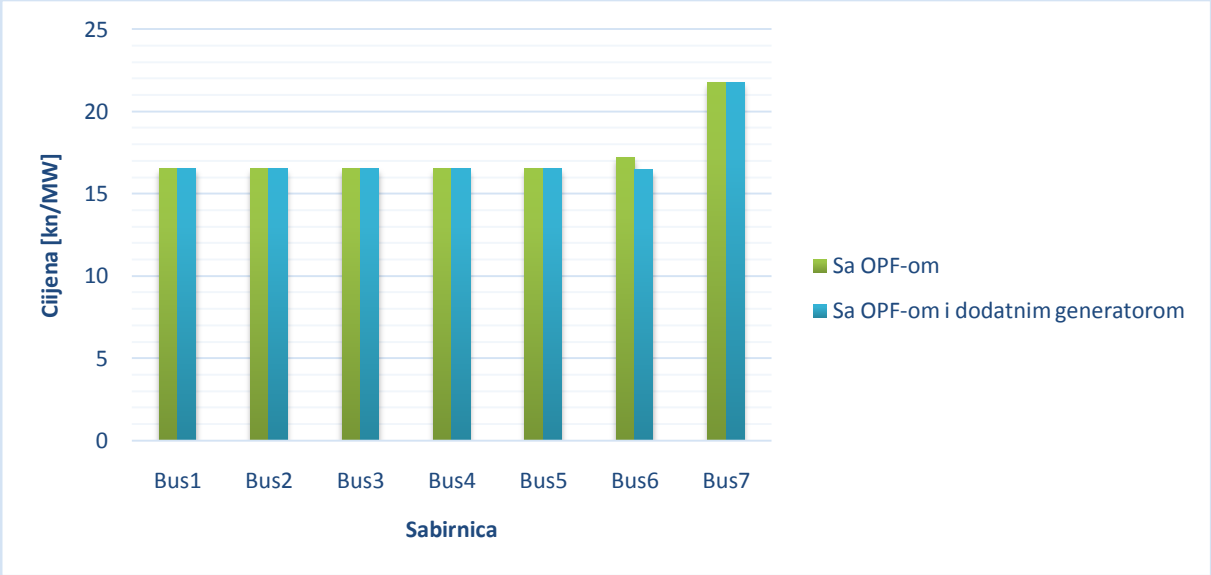
Slika 5.45:*Shema sa dodatnim generatorom na sabirnici 6*

Tablica 5.32: *Izlazne snage generatora sa dodatnim generatorom na sabirnici 6*

Sabirnica	Ime područja	Generator	Izlazna snaga [MW]	Izlazna snaga bez dodatnog generatora [MW]
Bus 1	Gore	G1	100	100
Bus 6	Gore	G8	50,5	0
Bus 2	Gore	G2	214,9	215
Bus 4	Gore	G4	50	50
Bus 6	Lijevo	G6	150	200
Bus 7	Desno	G7	200,7	200

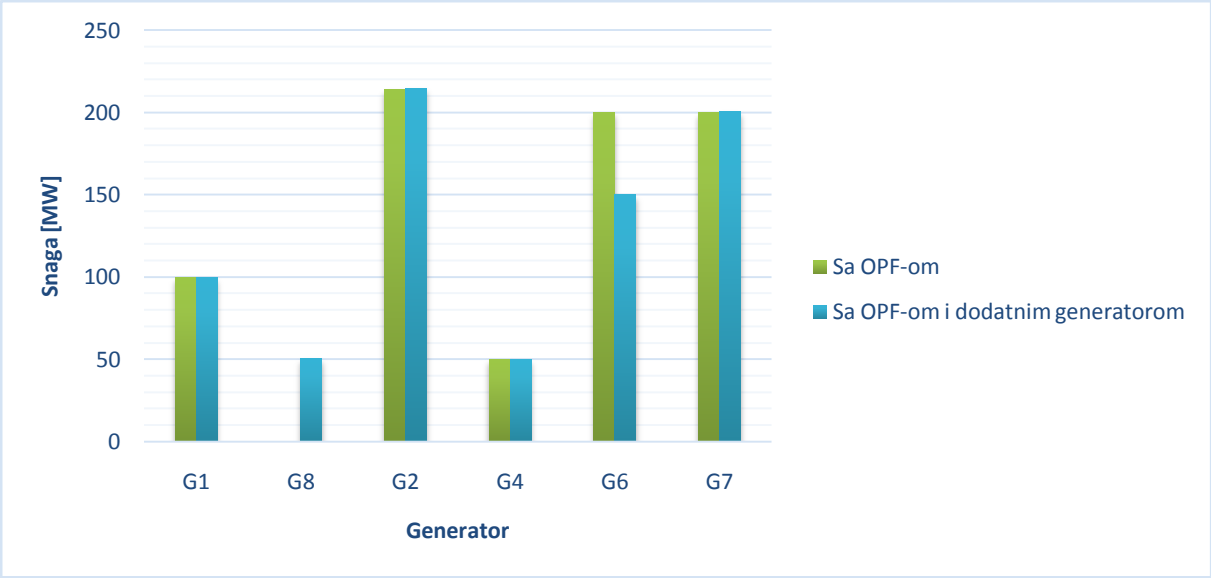
Tablica 5.33:*Marginalne cijene sa dodatnim generatorom na sabirnici 6*

Sabirnica	Ime područja	Marginalna cijena MW [kn]
Bus 1	Gore	16,53
Bus 2	Gore	16,53
Bus 3	Gore	16,53
Bus 4	Gore	16,53
Bus 5	Gore	16,53
Bus 6	Lijevo	16,47
Bus 7	Desno	21,80



Slika 5.46: *Marginalne cijene za sabirnice uz dodatni generator na sabirnici 6*

Sa slika 5.46 i 5.47 možemo zaključiti da dolazi do smanjenja cijene proizvodnje električne energije dodavanjem dodatnog generatora u elektroenergetsku mrežu. U grafu 5.27 vidljivo je da dolazi do smanjenja proizvodnje električne energije na generatoru G6 na sabirnici 6 u području „lijevo“, uslijed dodavanja dodatnog generatora u to područje, a povećanje proizvodnje je vidljivo na generatoru G8 na sabirnici 6 u području „lijevo“.



Slika 5.47: *Izlazne snage generatora sa dodatnim generatorom na sabirnici 6*

5.3.4.7. Dodatni generator na sabirnici 7

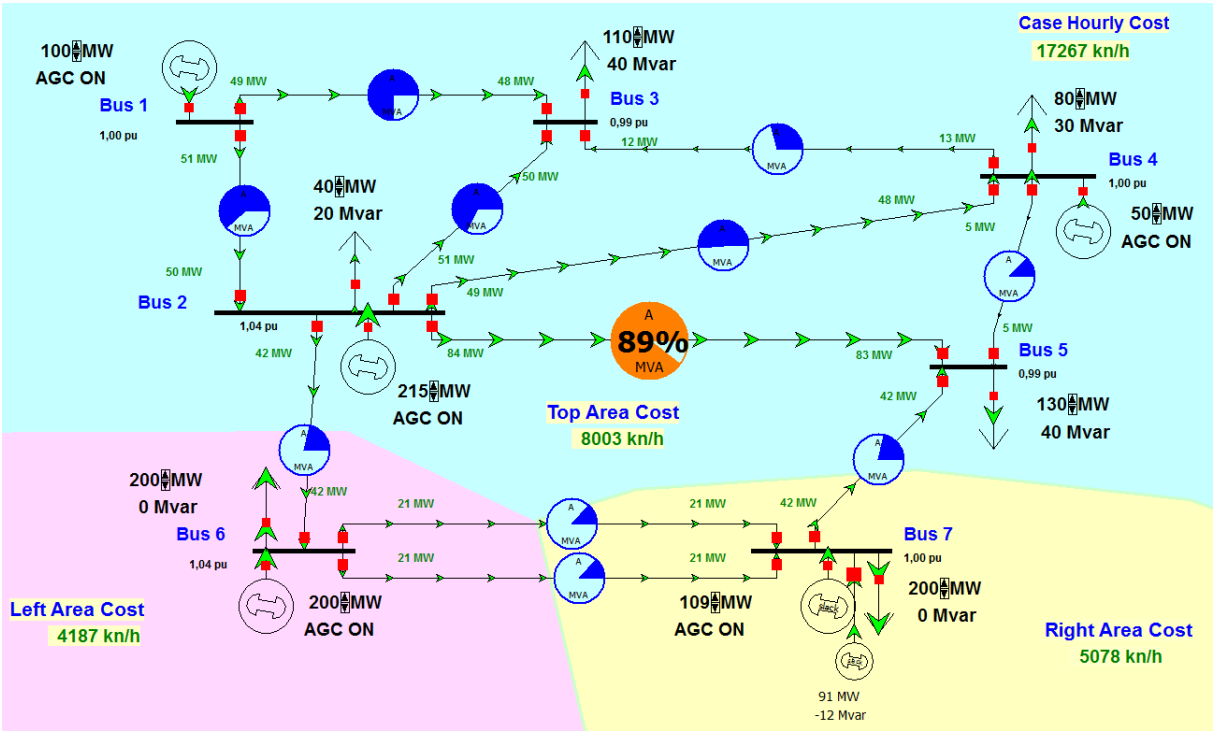
Na sabirnicu 7 dodajemo generator sa karakteristikama koje smo naveli u tablici 5.6 i 5.7.

U tablicama 5.34 i 5.35 su prikazane nove marginalne cijene i izlazne snage generatora.

Kao što prikazuje slika 5.48 dodali smo jedan generator na sabirnicu 7. OPF je simulirao da taj generator u mrežu daje 91 MW s time da je za tih 91 MW umanjio snagu generatora G7 na sabirnici 7, koja sada iznosi 109 MW što je vidljivo u tablici 5.35. Opterećenja vodova su u optimalnim vrijednostima, osim na vodu koji spaja sabirnice 2 i 5 gdje je opterećenje ostalo na razini opterećenja kao i u prethodnoj simulaciji.

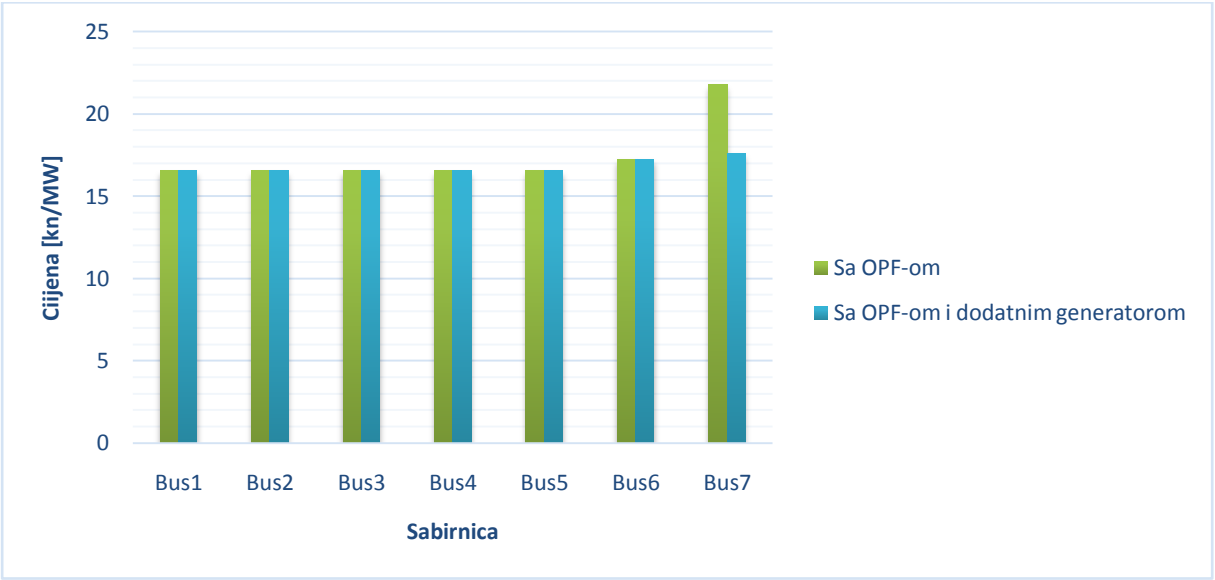
Tablica 5.34:*Marginalne cijene sa dodatnim generatorom na sabirnici 7*

Sabirnica	Ime područja	Marginalna cijena MW [kn]
Bus 1	Gore	16,53
Bus 2	Gore	16,53
Bus 3	Gore	16,53
Bus 4	Gore	16,53
Bus 5	Gore	16,53
Bus 6	Lijevo	17,23
Bus 7	Desno	17,58



Slika 5.48:*Shema sa dodatnim generatorom na sabirnici 7*

Cijena proizvodnje električne energije se smanjila i iznosi 17267kn/h.



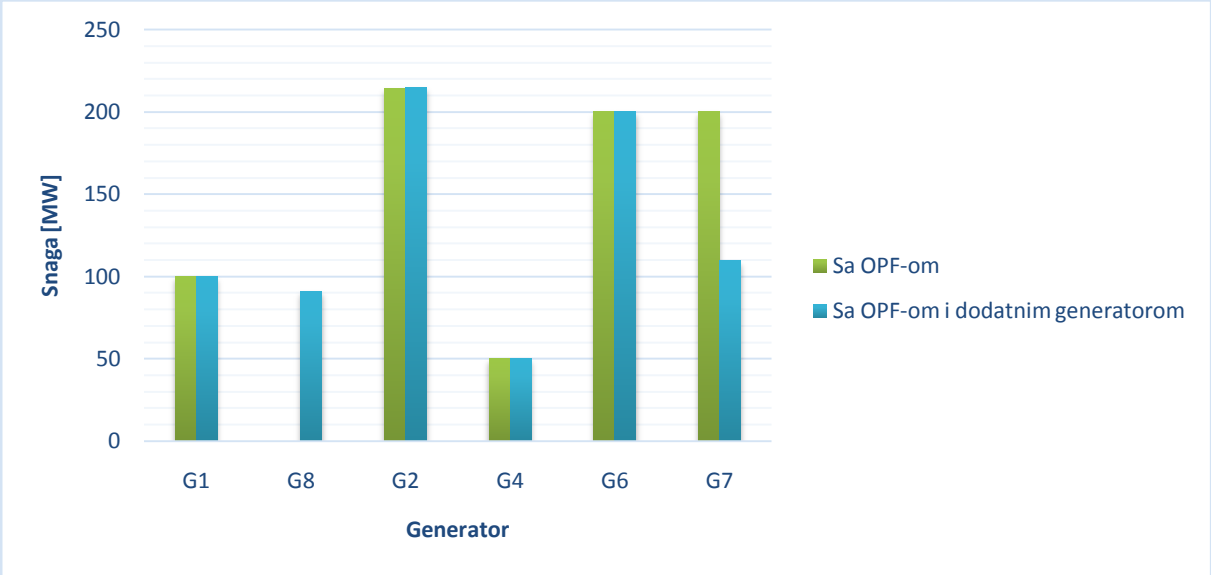
Slika 5.49: *Marginalne cijene za sabirnice uz dodatni generator na sabirnici 7*

Sa slika 5.49 i 5.50 možemo zaključiti da dolazi do velikog smanjenja cijene proizvodnje električne energije u području „desno“, gdje smo dodali dodatni generator u elektroenergetski sustav. Također je vidljivo i smanjenje proizvodnje električne energije na generatoru G7

nasabirnici 7 u području „desno“, dok se povećala proizvodnja na generatoru G8 na sabirnici 7 u području „desno“.

Tablica 5.35: *Izlazne snage generatora sa dodatnim generatorom na sabirnici 7*

Sabirnica	Ime područja	Generator	Izlazna snaga [MW]	Izlazna snaga bez dodatnog generatora [MW]
Bus 1	Gore	G1	100	100
Bus 7	Gore	G8	91,1	0
Bus 2	Gore	G2	215,1	215
Bus 4	Gore	G4	50	50
Bus 6	Lijevo	G6	200,2	200
Bus 7	Desno	G7	109,4	200



Slika 5.50: *Izlazne snage generatora sa dodatnim generatorom na sabirnici 7*

5.3.5. OPF model sa dodatnim generatorom na plin

5.3.5.1. Dodatni generator na sabirnici 1

Na sabirnicu 1 dodajemo generator sa karakteristikama koje smo naveli u tablici 5.6 i 5.7.

U tablicama 5.36 i 5.37 su prikazane nove marginalne cijene i izlazne snage generatora.

Kao što prikazuje slika 5.51 dodali smo jedan generator na sabirnicu 1. OPF je simulirao da taj generator u mrežu ne daje električne energije, tj. dodatni generator ne proizvodi električnu energiju. Zaključak koji možemo izvesti iz te činjenice je da dodatni generator G8 koji smo dodali u mrežu proizvodi skupu električnu energiju. Opterećenja vodova su u

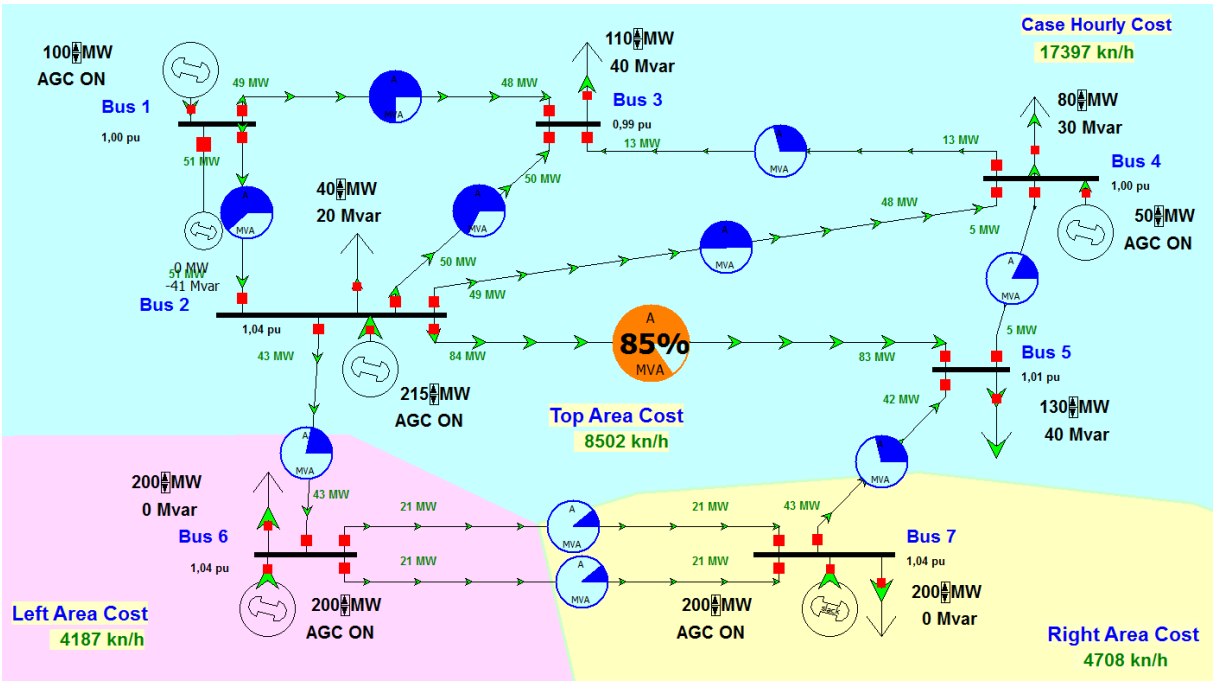
optimalnim vrijednostima, osim na vodu koji spaja sabirnice 2 i 5 gdje je opterećenje malo povišeno, ali i dalje u granicama dopuštenoga.

Tablica 5.36:*Marginalne cijene sa dodatnim generatorom na sabirnici 1*

Sabirnica	Ime područja	Marginalna cijena MW [kn]
Bus 1	Gore	16,53
Bus 2	Gore	16,53
Bus 3	Gore	16,53
Bus 4	Gore	16,53
Bus 5	Gore	16,53
Bus 6	Lijevo	17,23
Bus 7	Desno	21,80

Tablica 5.37: *Izlazne snage generatora sa dodatnim generatorom na sabirnici 1*

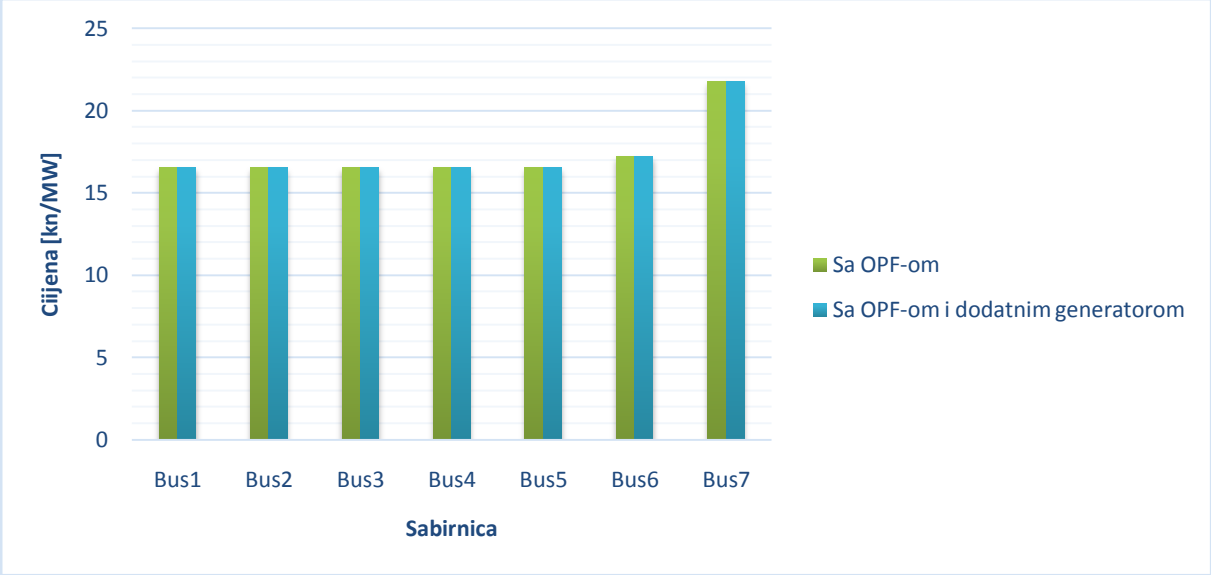
Sabirnica	Ime područja	Generator	Izlazna snaga [MW]	Izlazna snaga bez dodatnog generatora [MW]
Bus 1	Gore	G1	100	100
Bus 1	Gore	G8	0	0
Bus 2	Gore	G2	215	215
Bus 4	Gore	G4	50	50
Bus 6	Lijevo	G6	200,2	200
Bus 7	Desno	G7	200,3	200



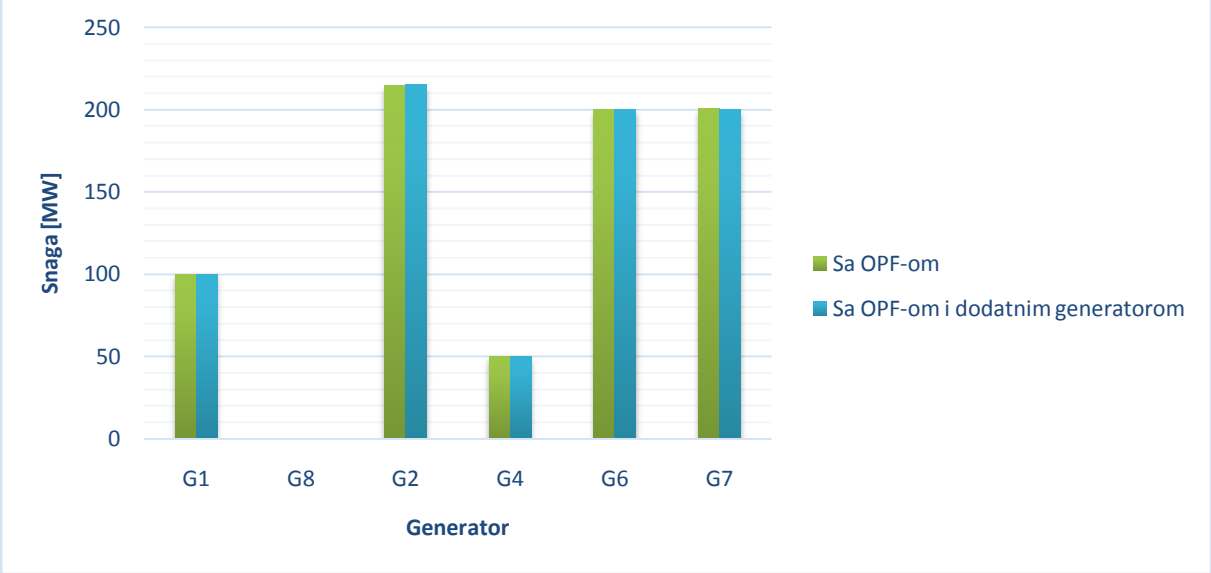
Slika 5.51:*Shema sa dodatnim generatorom na sabirnici 1*

Cijena proizvodnje električne energije iznosi 17397kn/h.

Sa slika 5.52 i 5.53vidimo da se dodavanjem generatora na plin cijena ne mijenja jer generator pošto ne proizvodi električnu energiju ne utječe na tržište električne energije.



Slika 5.52: *Marginalne cijene za sabirnice uz dodatni generator na sabirnici 1*



Slika 5.53: *Izlazne snage generatora sa dodatnim generatorom na sabirnici 1*

5.3.5.2. Dodatni generator na sabirnici 2

Na sabirnicu 2 dodajemo generator sa karakteristikama koje smo naveli u tablici 5.6 i 5.7.

U tablicama 5.38 i 5.39 su prikazane nove marginalne cijene i izlazne snage generatora.

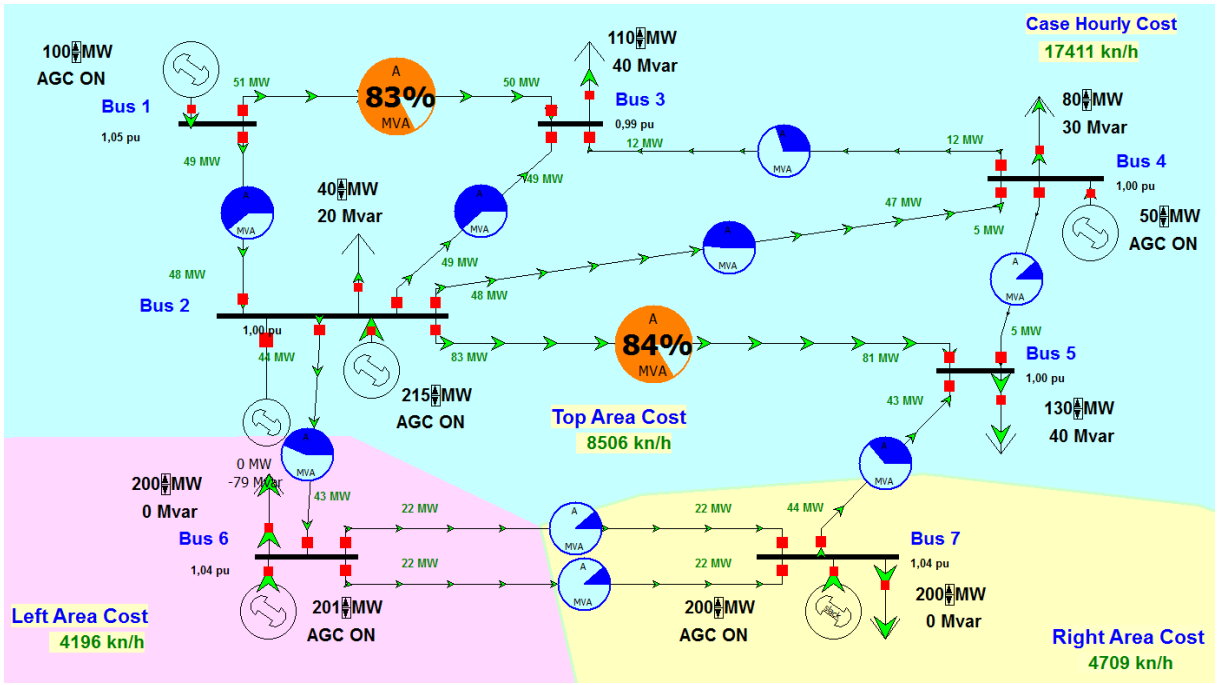
Cijena proizvodnje električne energije se povećala i iznosi 17411 kn/h.

Tablica 5.38:*Marginalne cijene sa dodatnim generatorom na sabirnici 2*

Sabirnica	Ime područja	Marginalna cijena MW [kn]
Bus 1	Gore	16,53
Bus 2	Gore	16,53
Bus 3	Gore	16,53
Bus 4	Gore	16,53
Bus 5	Gore	16,53
Bus 6	Lijevo	17,23
Bus 7	Desno	21,80

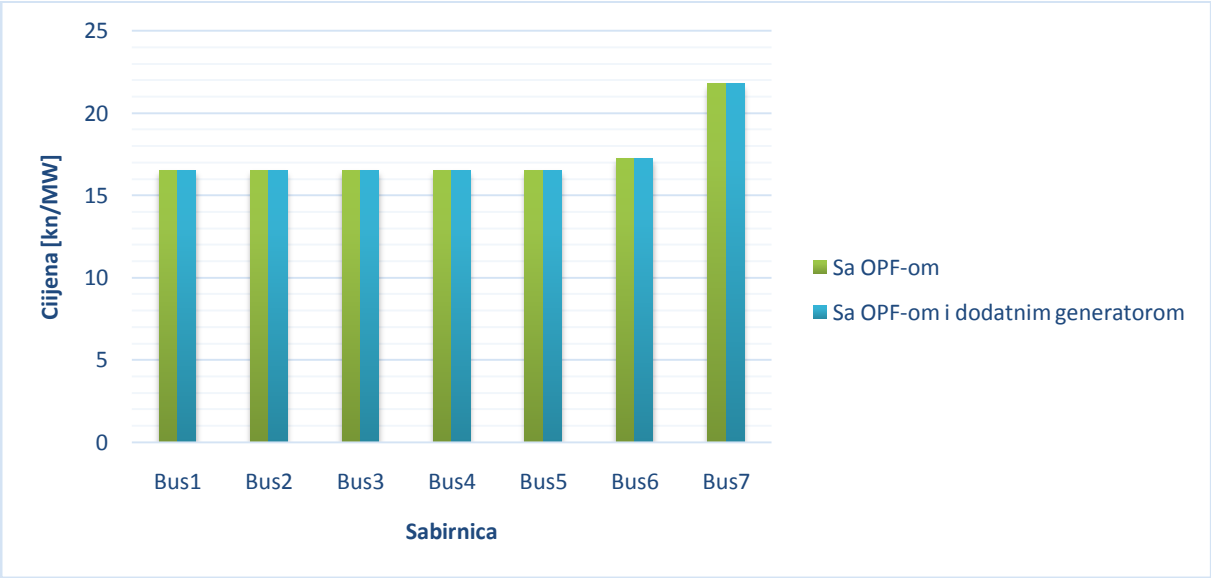
Tablica 5.39: *Izlazne snage generatora sa dodatnim generatorom na sabirnici 2*

Sabirnica	Ime područja	Generator	Izlazna snaga [MW]	Izlazna snaga bez dodatnog generatora [MW]
Bus 1	Gore	G1	100	100
Bus 2	Gore	G8	0	0
Bus 2	Gore	G2	215,2	215
Bus 4	Gore	G4	50	50
Bus 6	Lijevo	G6	200,7	200
Bus 7	Desno	G7	200,4	200



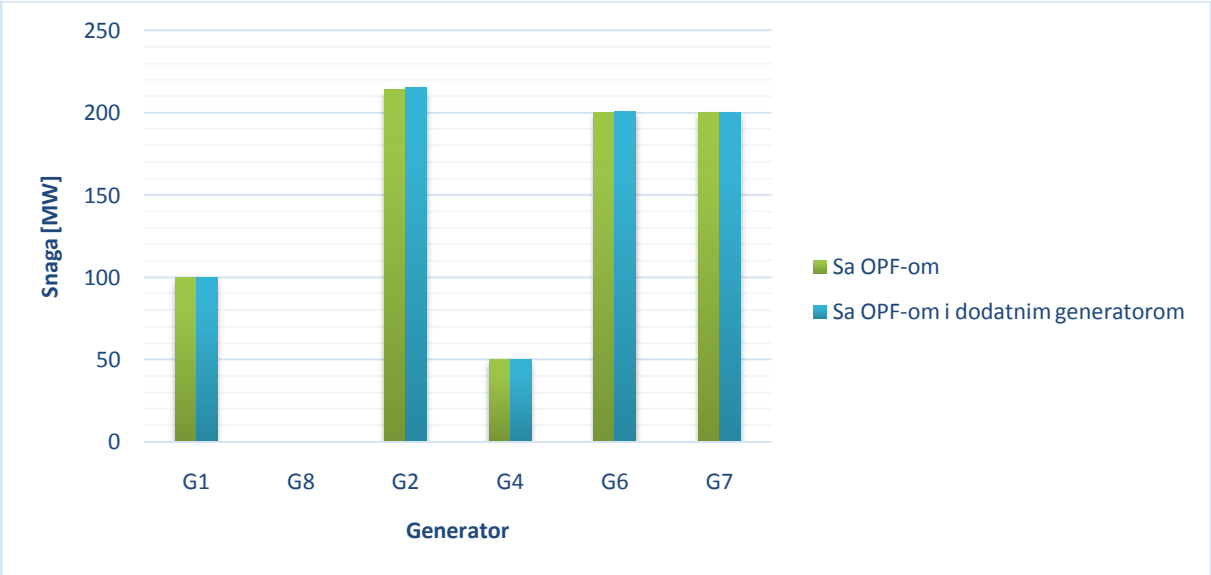
Slika 5.54:*Shema sa dodatnim generatorom na sabirnici 2*

Kao što prikazuje slika 5.54 dodali smo jedan generator na sabirnicu 2. OPF je simulirao da taj generator u mrežu ne daje električne energije, tj. dodatni generator ne proizvodi električnu energiju. Zaključak koji možemo izvesti iz te činjenice je da dodatni generator G8 koji smo dodali u mrežu proizvodi skupu električnu energiju. Opterećenja vodova su u optimalnim vrijednostima, osim na vodu koji spaja sabirnice 2 i 5 i na vodu koji spaja sabirnice 1 i 3, gdje je opterećenje malo povišeno, ali i dalje u granicama dopuštenoga.



Slika 5.55: *Marginalne cijene za sabirnice uz dodatni generator na sabirnici 2*

Sa slika 5.55 i 5.56 vidimo da se dodavanjem generatora na plin cijena ne mijenja jer generator pošto ne proizvodi električnu energiju ne utječe na tržište električne energije.



Slika 5.56: *Izlazne snage generatora sa dodatnim generatorom na sabirnici 2*

5.3.5.3. Dodatni generator na sabirnici 3

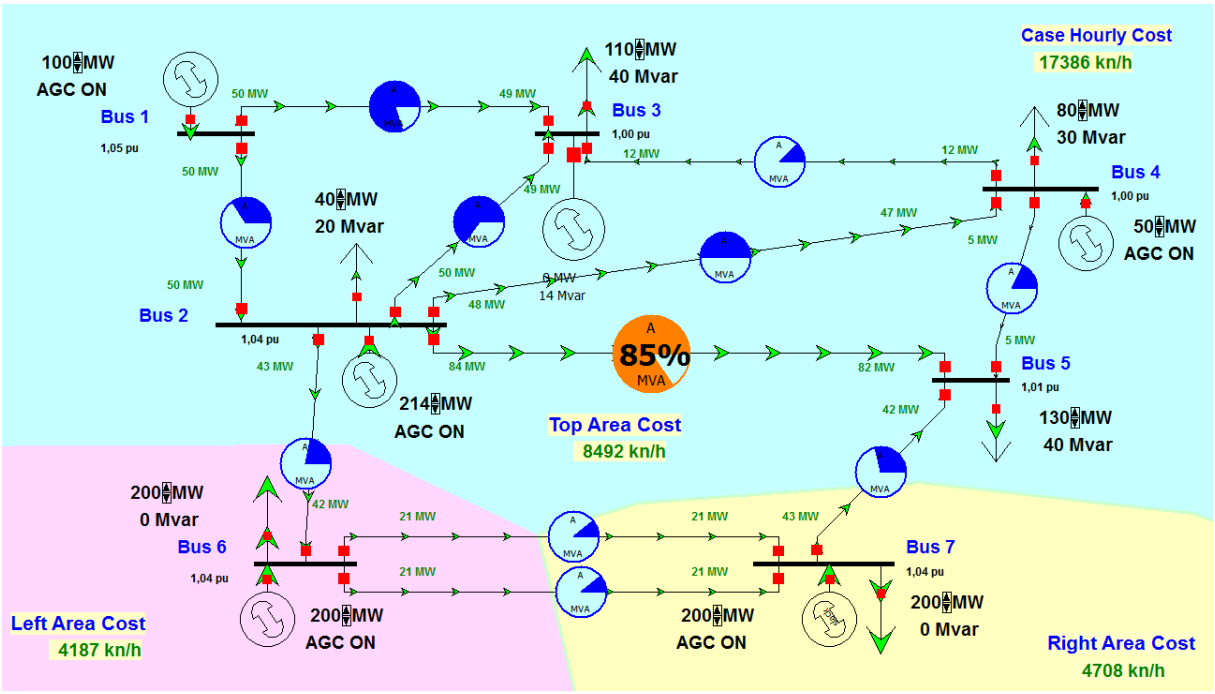
Na sabirnicu 3 dodajemo generator sa karakteristikama koje smo naveli u tablici 5.6 i 5.7.

U tablicama 5.40 i 5.41 su prikazane nove marginalne cijene i izlazne snage generatora.

Tablica 5.40:*Marginalne cijene sa dodatnim generatorom na sabirnici 3*

Sabirnica	Ime područja	Marginalna cijena MW [kn]
Bus 1	Gore	16,53
Bus 2	Gore	16,53
Bus 3	Gore	16,53
Bus 4	Gore	16,53
Bus 5	Gore	16,53
Bus 6	Lijevo	17,23
Bus 7	Desno	21,80

Cijena proizvodnje električne energije se smanjila i iznosi 17386kn/h.

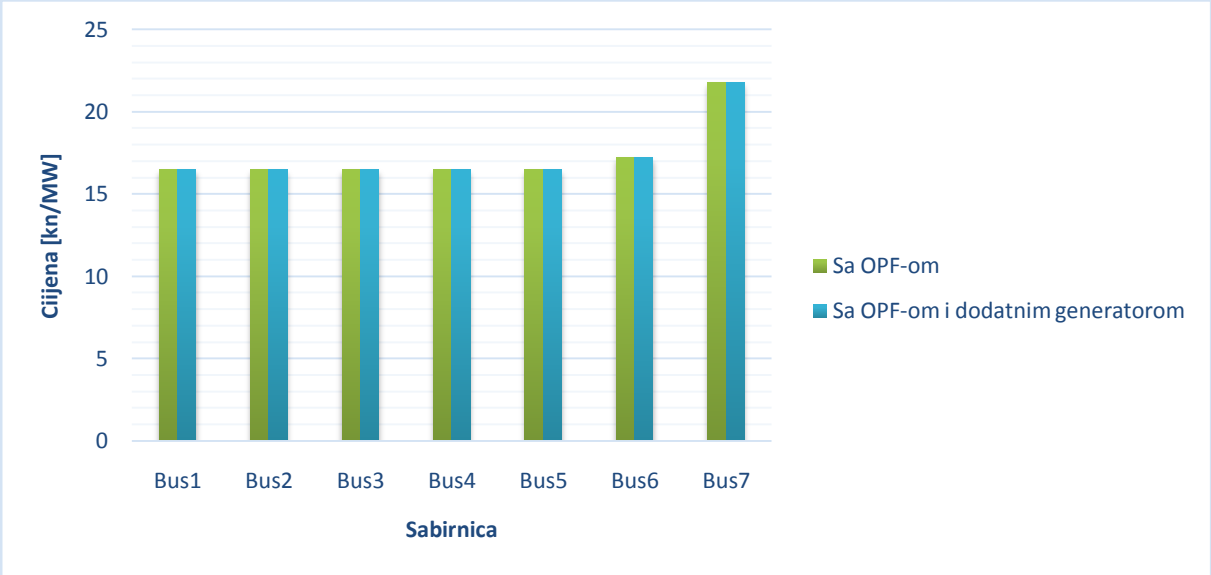


Slika 5.57:*Shema sa dodatnim generatorom na sabirnici 3*

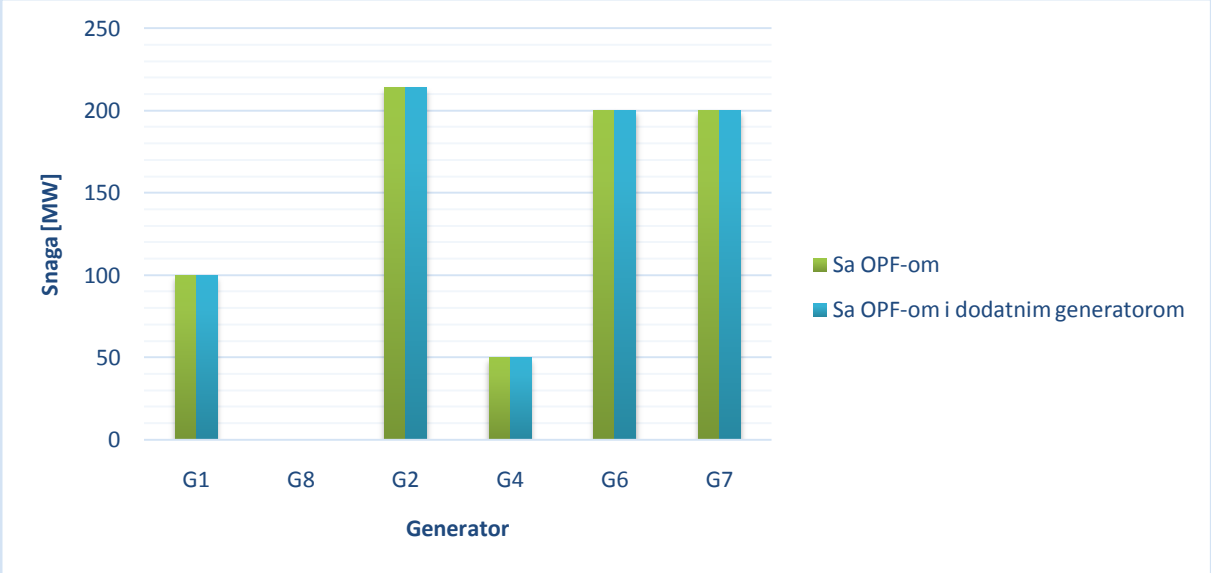
Kao što prikazuje slika 5.57 dodali smo jedan generator na sabirnicu 3. OPF je simulirao da taj generator u mrežu ne daje električne energije, tj. dodatni generator ne proizvodi električnu energiju. Zaključak koji možemo izvesti iz te činjenice je da dodatni generator G8

koji smo dodali u mrežu proizvodi skupu električnu energiju. Opterećenja vodova su u optimalnim vrijednostima, osim na vodu koji spaja sabirnice 2 i 5, gdje je opterećenje malo povišeno, ali i dalje u granicama dopuštenoga.

Sa slika 5.58 i 5.59 vidimo da se dodavanjem generatora na plin cijena ne mijenja jer generator pošto ne proizvodi električnu energiju ne utječe na tržište električne energije.



Slika 5.58: *Marginalne cijene za sabirnice uz dodatni generator na sabirnici 3*



Slika 5.59: *Izlazne snage generatora sa dodatnim generatorom na sabirnici 3*

Tablica 5.41: *Izlazne snage generatora sa dodatnim generatorom na sabirnici 3*

Sabirnica	Ime područja	Generator	Izlazna snaga [MW]	Izlazna snaga bez dodatnog generatora [MW]
Bus 1	Gore	G1	100	100
Bus 3	Gore	G8	0	0
Bus 2	Gore	G2	214,4	215
Bus 4	Gore	G4	50	50
Bus 6	Lijevo	G6	200,2	200
Bus 7	Desno	G7	200,3	200

5.3.5.4. Dodatni generator na sabirnici 4

Na sabirnicu 4 dodajemo generator sa karakteristikama koje smo naveli u tablici 5.6 i 5.7.

U tablicama 5.42 i 5.43 su prikazane nove marginalne cijene i izlazne snage generatora.

Tablica 5.42:*Marginalne cijene sa dodatnim generatorom na sabirnici 4*

Sabirnica	Ime područja	Marginalna cijena MW [kn]
Bus 1	Gore	16,53
Bus 2	Gore	16,53
Bus 3	Gore	16,53
Bus 4	Gore	16,53
Bus 5	Gore	16,53
Bus 6	Lijevo	17,23
Bus 7	Desno	21,80

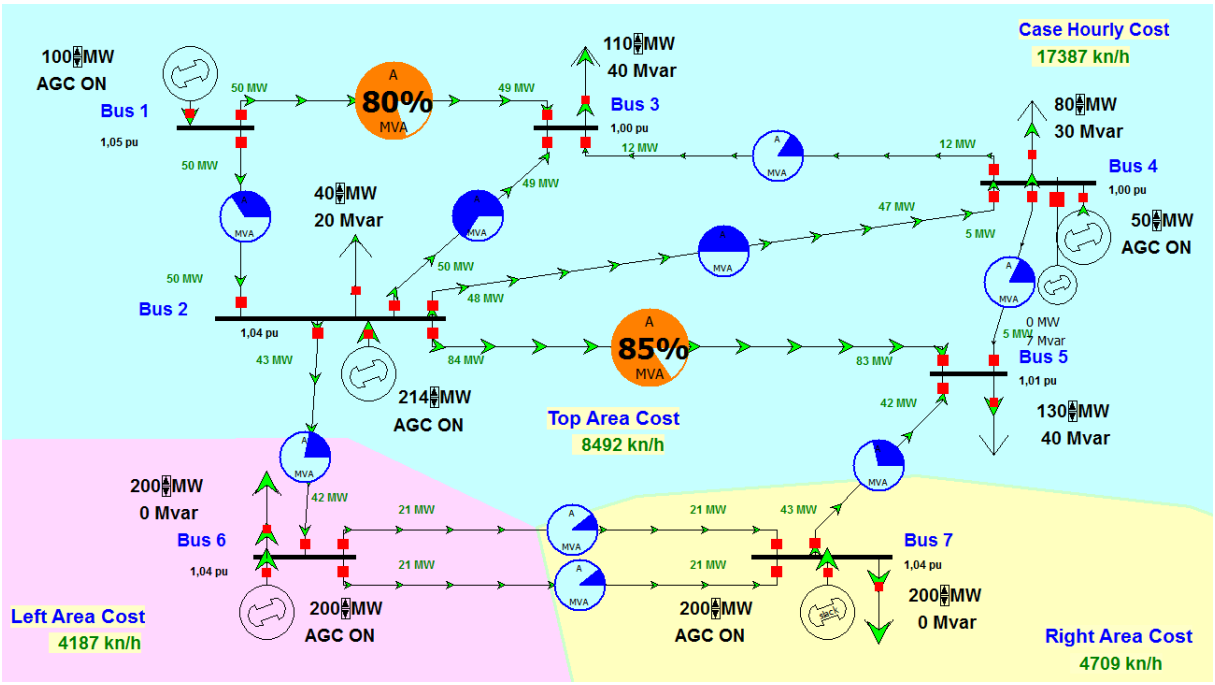
Tablica 5.43: *Izlazne snage generatora sa dodatnim generatorom na sabirnici 4*

Sabirnica	Ime područja	Generator	Izlazna snaga [MW]	Izlazna snaga bez dodatnog generatora [MW]
Bus 1	Gore	G1	100	100
Bus 4	Gore	G8	0	0
Bus 2	Gore	G2	214,4	215
Bus 4	Gore	G4	50	50
Bus 6	Lijevo	G6	200,2	200
Bus 7	Desno	G7	200,4	200

Cijena proizvodnje električne energije se nije mijenjala i iznosi 17387kn/h.

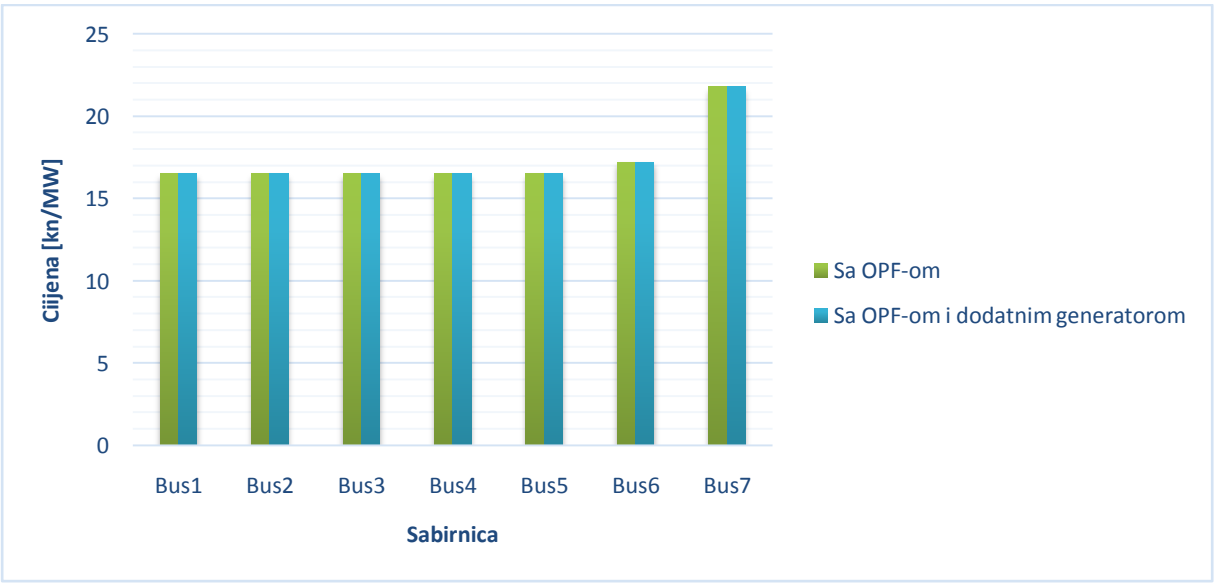
Kao što prikazuje slika 5.60 dodali smo jedan generator na sabirnicu 4. OPF je simulirao da taj generator u mrežu ne daje električne energije, tj. dodatni generator ne proizvodi električnu energiju. Zaključak koji možemo izvesti iz te činjenice je da dodatni generator G8

koji smo dodali u mrežu proizvodi skupu električnu energiju. Opterećenja vodova su u optimalnim vrijednostima, osim na vodu koji spaja sabirnice 2 i 5 i vodu koji spaja sabirnice 1 i 3, gdje je opterećenje malo povišeno, ali i dalje u granicama dopuštenoga.

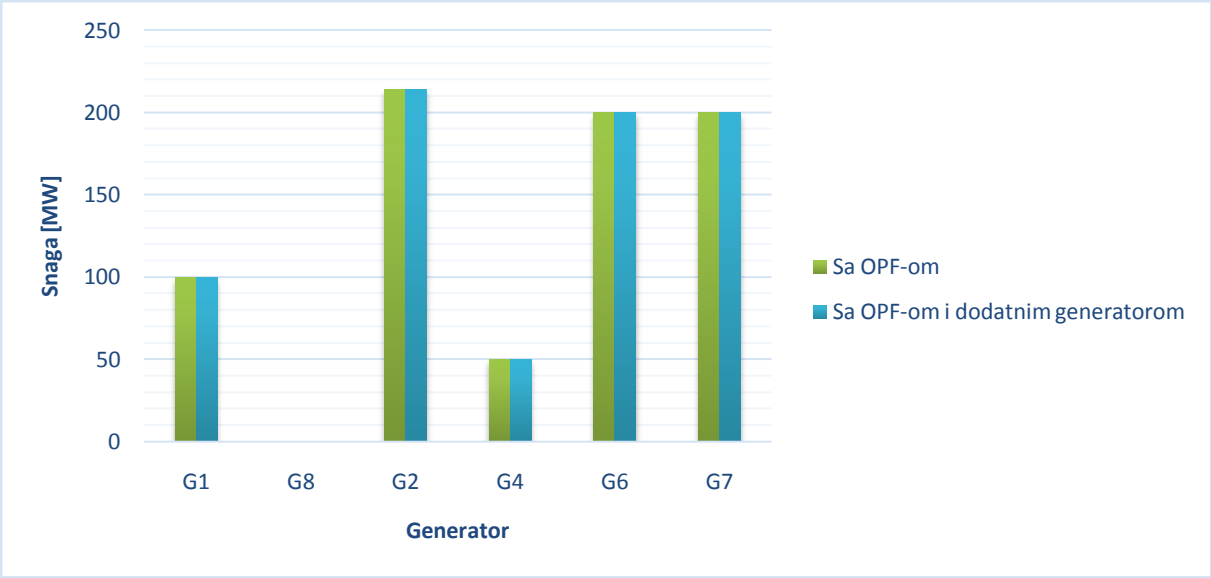


Slika 5.60:*Shema sa dodatnim generatorom na sabirnici 4*

Sa slika 5.61 i 5.62vidimo da se dodavanjem generatora na plin cijena ne mijenja jer generator pošto ne proizvodi električnu energiju ne utječe na tržište električne energije.



Slika 5.61: *Marginalne cijene za sabirnice uz dodatni generator na sabirnici 4*

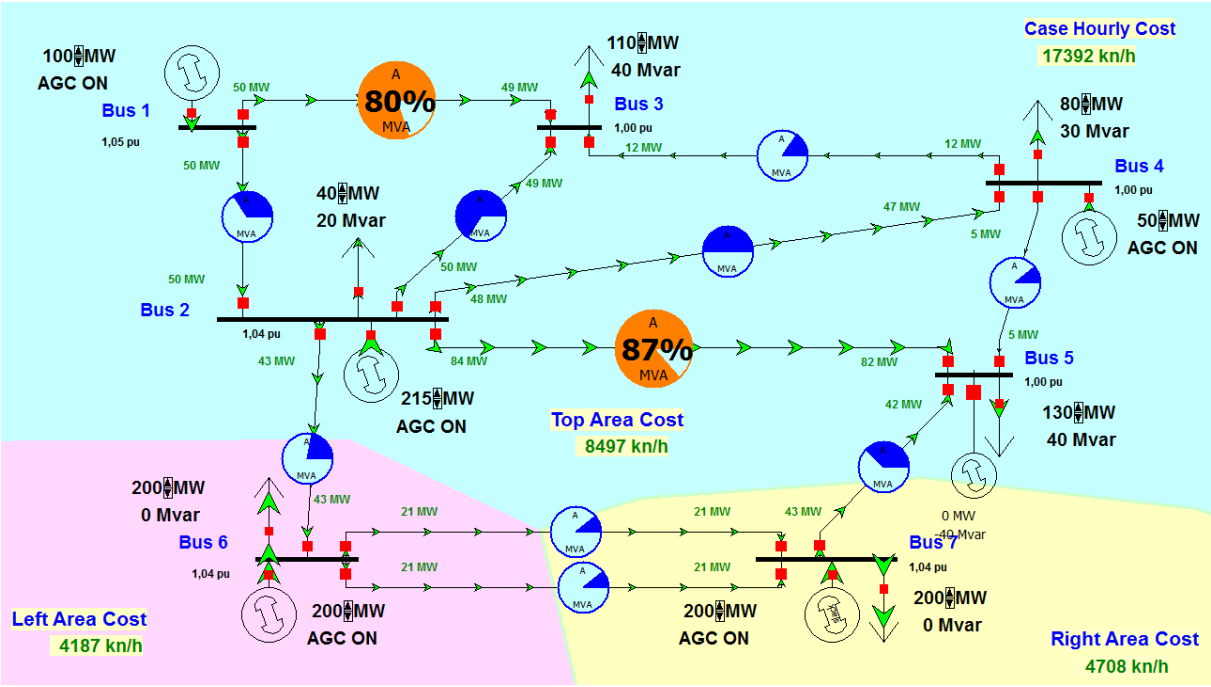


Slika 5.62: *Izlazne snage generatora sa dodatnim generatorom na sabirnici 4*

5.3.5.5. Dodatni generator na sabirnici 5

Na sabirnicu 5 dodajemo generator sa karakteristikama koje smo naveli u tablici 5.6 i 5.7.

U tablicama 5.44 i 5.45 su prikazane nove marginalne cijene i izlazne snage generatora.



Slika 5.63:*Shema sa dodatnim generatorom na sabirnici 5*

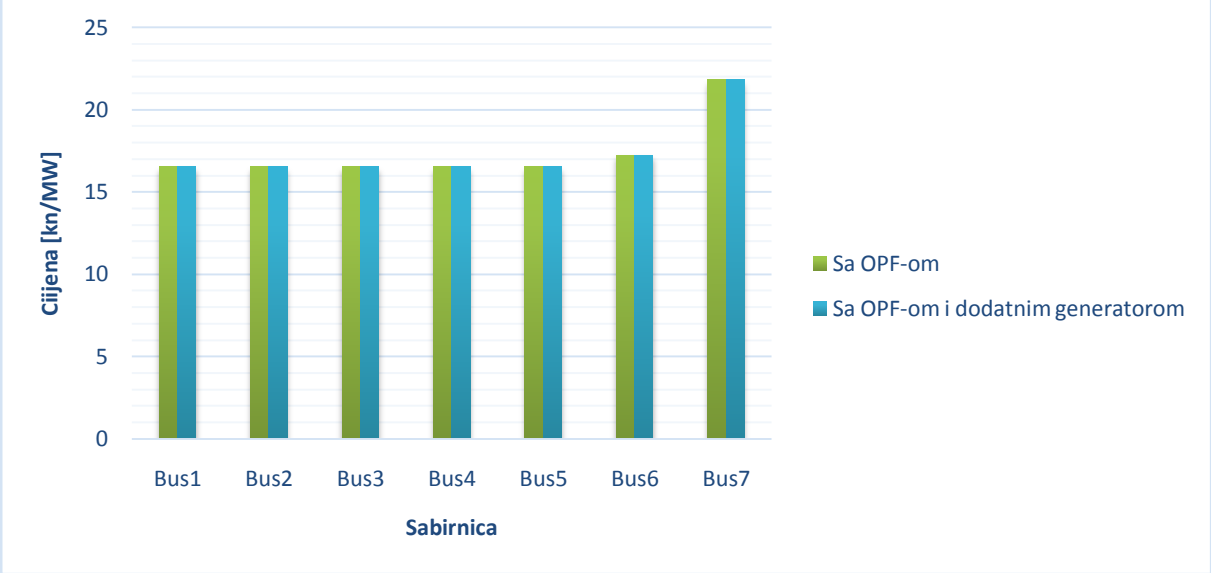
Cijena proizvodnje električne energije se malo povisila i iznosi 17392 kn/h.

Tablica 5.44: *Marginalne cijene sa dodatnim generatorom na sabirnici 5*

Sabirnica	Ime područja	Marginalna cijena MW [kn]
Bus 1	Gore	16,53
Bus 2	Gore	16,53
Bus 3	Gore	16,53
Bus 4	Gore	16,53
Bus 5	Gore	16,53
Bus 6	Lijevo	17,23
Bus 7	Desno	21,80

Tablica 5.45: *Izlazne snage generatora sa dodatnim generatorom na sabirnici 5*

Sabirnica	Ime područja	Generator	Izlazna snaga [MW]	Izlazna snaga bez dodatnog generatora [MW]
Bus 1	Gore	G1	100	100
Bus 5	Gore	G8	0	0
Bus 2	Gore	G2	214,4	215
Bus 4	Gore	G4	50	50
Bus 6	Lijevo	G6	200,2	200
Bus 7	Desno	G7	200,4	200

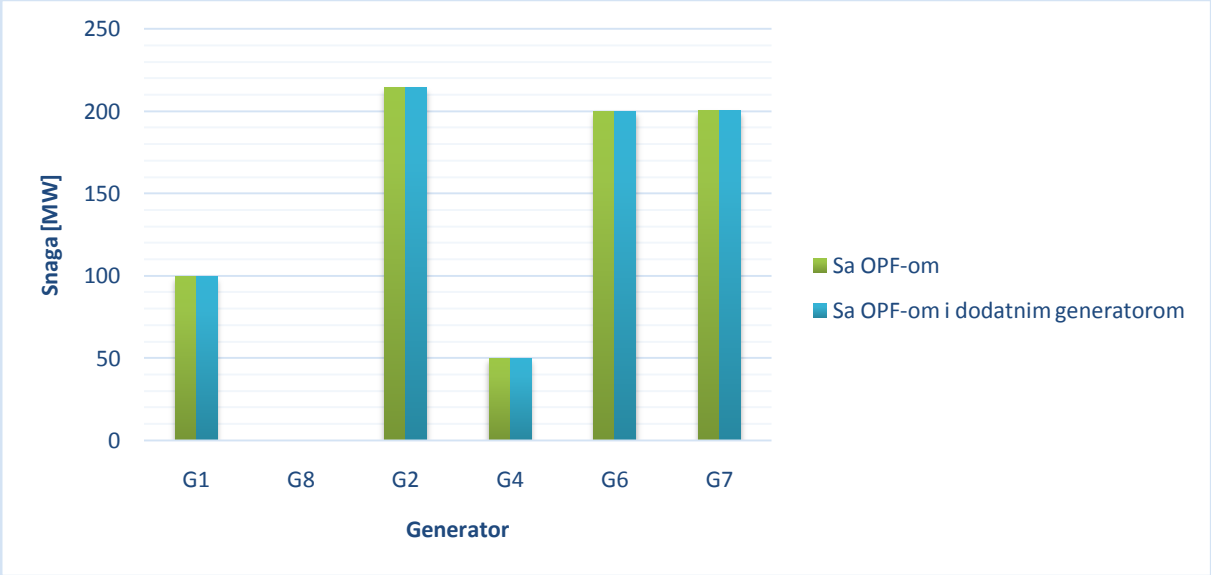


Slika 5.64: *Marginalne cijene za sabirnice uz dodatni generator na sabirnici 5*

Kao što prikazuje slika 5.63 dodali smo jedan generator na sabirnicu 5. OPF je simulirao da taj generator u mrežu ne daje električne energije, tj. dodatni generator ne proizvodi električnu energiju. Zaključak koji možemo izvesti iz te činjenice je da dodatni generator G8 koji smo dodali u mrežu proizvodi skupu električnu energiju. Opterećenja vodova su u

optimalnim vrijednostima, osim na vodu koji spaja sabirnice 2 i 5 i vodu koji spaja sabirnice 1 i 3, gdje je opterećenje malo povišeno, ali i dalje u granicama dopuštenoga.

Sa slika 5.64 i 5.65vidimo da se dodavanjem generatora na plin cijena ne mijenja jer generator pošto ne proizvodi električnu energiju ne utječe na tržište električne energije.



Slika 5.65: *Izlazne snage generatora sa dodatnim generatorom na sabirnici 5*

5.3.5.6. Dodatni generator na sabirnici 6

Na sabirnicu 6 dodajemo generator sa karakteristikama koje smo naveli u tablici 5.6 i 5.7.

U tablicama 5.46 i 5.47 su prikazane nove marginalne cijene i izlazne snage generatora.

Tablica 5.47:*Marginalne cijene sa dodatnim generatorom na sabirnici 6*

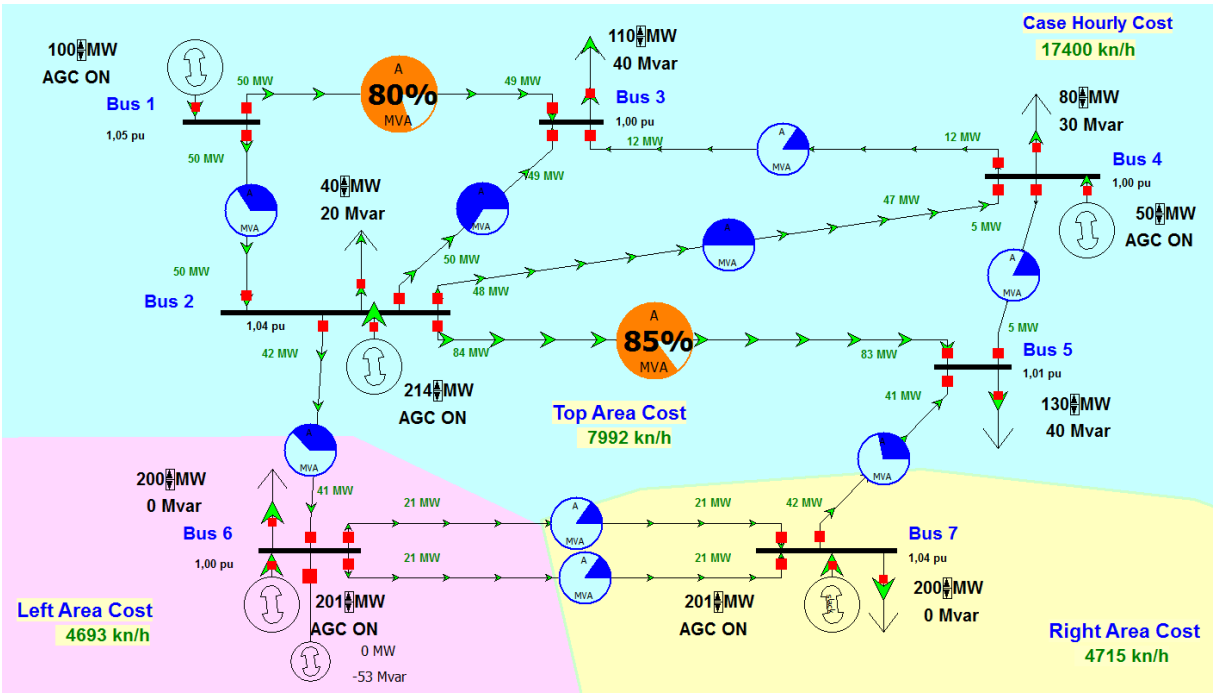
Sabirnica	Ime područja	Marginalna cijena MW [kn]
Bus 1	Gore	16,53
Bus 2	Gore	16,53
Bus 3	Gore	16,53
Bus 4	Gore	16,53
Bus 5	Gore	16,53
Bus 6	Lijevo	17,23
Bus 7	Desno	21,80

Kao što prikazuje slika 5.66 dodali smo jedan generator na sabirnicu 6. OPF je simulirao da taj generator u mrežu ne daje električne energije, tj. dodatni generator ne proizvodi električnu energiju. Zaključak koji možemo izvesti iz te činjenice je da dodatni generator G8 koji smo dodali u mrežu proizvodi skupu električnu energiju. Također možemo uvidjeti da se proizvodnja povećala na generatoru G2, a smanjila se na generatoru G1. Opterećenja vodova su u optimalnim vrijednostima, osim na vodu koji spaja sabirnice 2 i 5 i vodu koji spaja sabirnice 1 i 3, gdje je opterećenje malo povišeno, ali i dalje u granicama dopuštenoga.

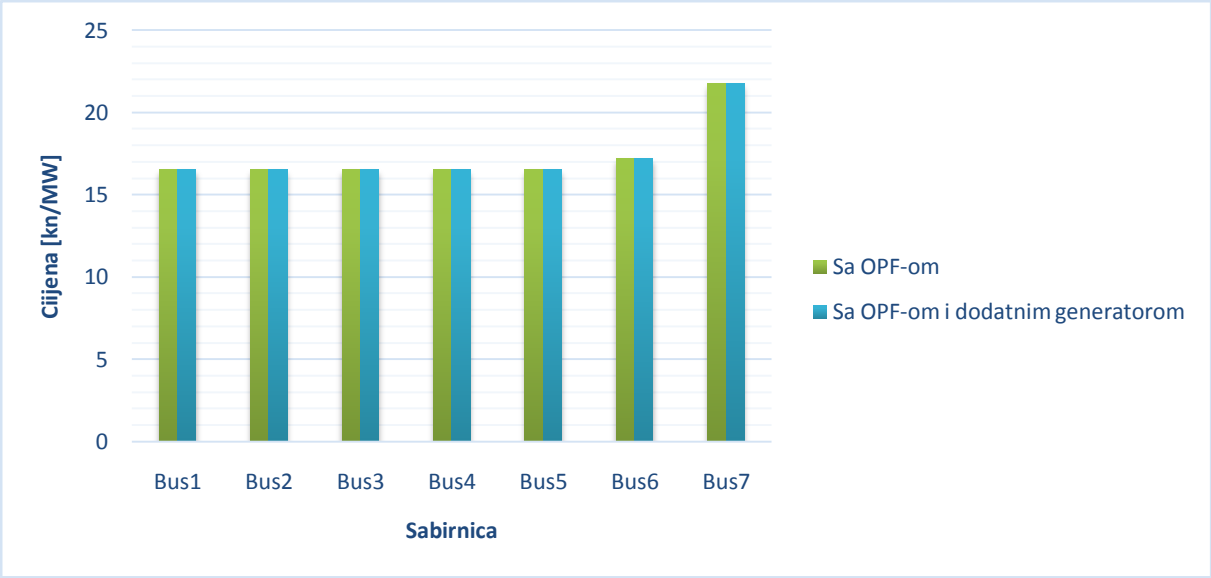
Cijena proizvodnje električne energije se malo povisila i iznosi 17400kn/h.

Tablica 5.46: *Izlazne snage generatora sa dodatnim generatorom na sabirnici 6*

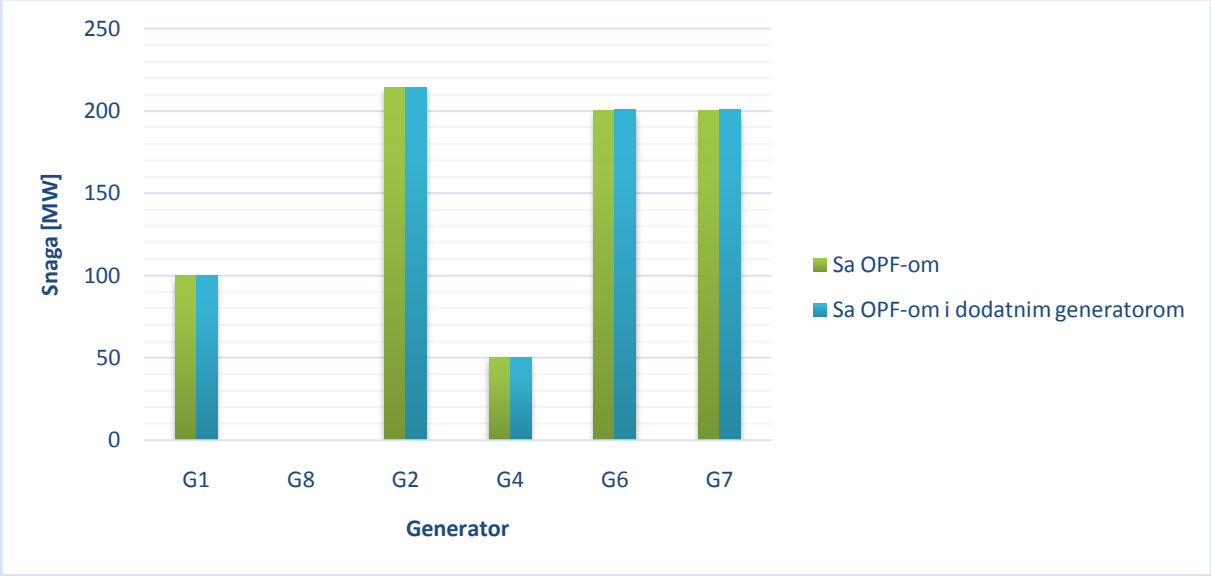
Sabirnica	Ime područja	Generator	Izlazna snaga [MW]	Izlazna snaga bez dodatnog generatora [MW]
Bus 1	Gore	G1	100	100
Bus 6	Gore	G8	0	0
Bus 2	Gore	G2	214,4	215
Bus 4	Gore	G4	50	50
Bus 6	Lijevo	G6	200,5	200
Bus 7	Desno	G7	200,7	200



Slika 5.66:*Shema sa dodatnim generatorom na sabirnici 6*



Slika 5.67: *Marginalne cijene za sabirnice uz dodatni generator na sabirnici 6*



Slika 5.68: *Izlazne snage generatora sa dodatnim generatorom na sabirnici 6*

Sa slika 5.67 i 5.68 vidimo da se dodavanjem generatora na plin cijena ne mijenja jer generator pošto ne proizvodi električnu energiju ne utječe na tržište električne energije.

5.3.5.7. Dodatni generator na sabirnici 7

Na sabirnicu 7 dodajemo generator sa karakteristikama koje smo naveli u tablici 5.6 i 5.7.

U tablicama 5.48 i 5.49 su prikazane nove marginalne cijene i izlazne snage generatora.

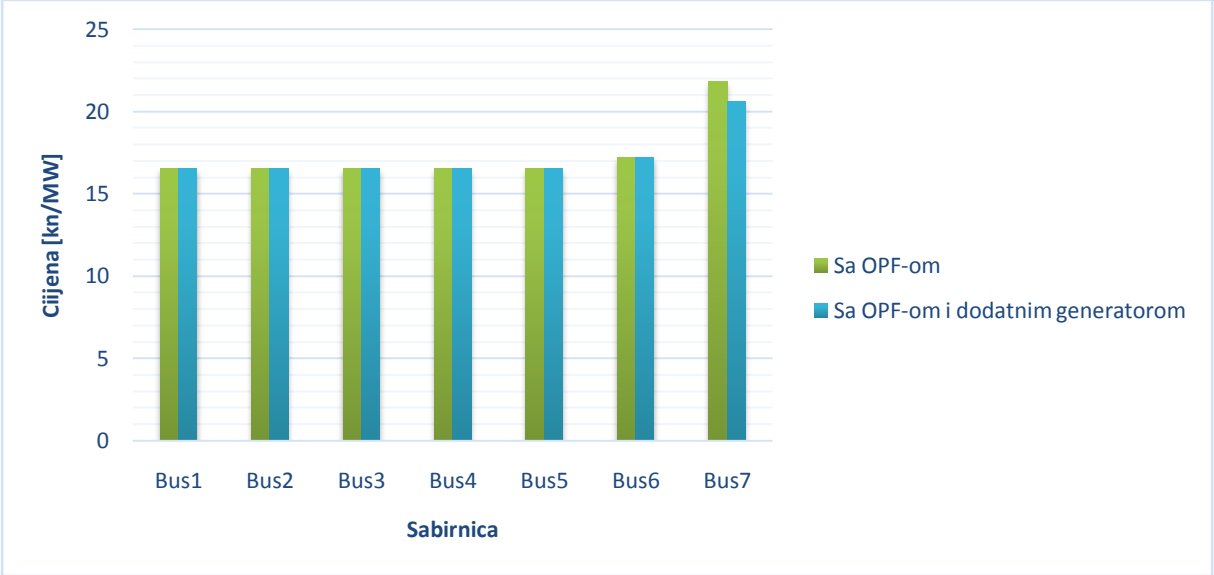
Cijena proizvodnje električne energije se smanjila i iznosi 17291 kn/h.

Tablica 5.48: *Marginalne cijene sa dodatnim generatorom na sabirnici 7*

Sabirnica	Ime područja	Marginalna cijena MW [kn]
Bus 1	Gore	16,53
Bus 2	Gore	16,53
Bus 3	Gore	16,53
Bus 4	Gore	16,53
Bus 5	Gore	16,53
Bus 6	Lijevo	17,23
Bus 7	Desno	20,60

Tablica 5.49: *Izlazne snage generatora sa dodatnim generatorom na sabirnici 7*

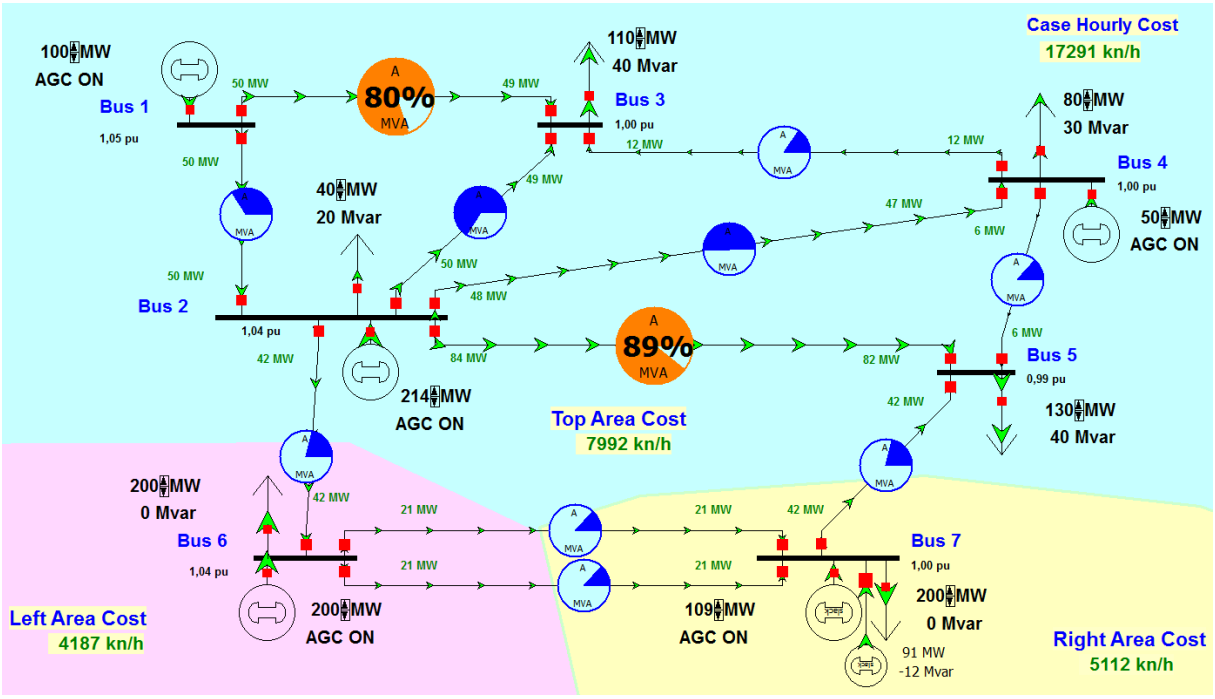
Sabirnica	Ime područja	Generator	Izlazna snaga [MW]	Izlazna snaga bez dodatnog generatora [MW]
Bus 1	Gore	G1	100	100
Bus 7	Gore	G8	91,1	0
Bus 2	Gore	G2	214,4	215
Bus 4	Gore	G4	50	50
Bus 6	Lijevo	G6	200,2	200
Bus 7	Desno	G7	109,4	200



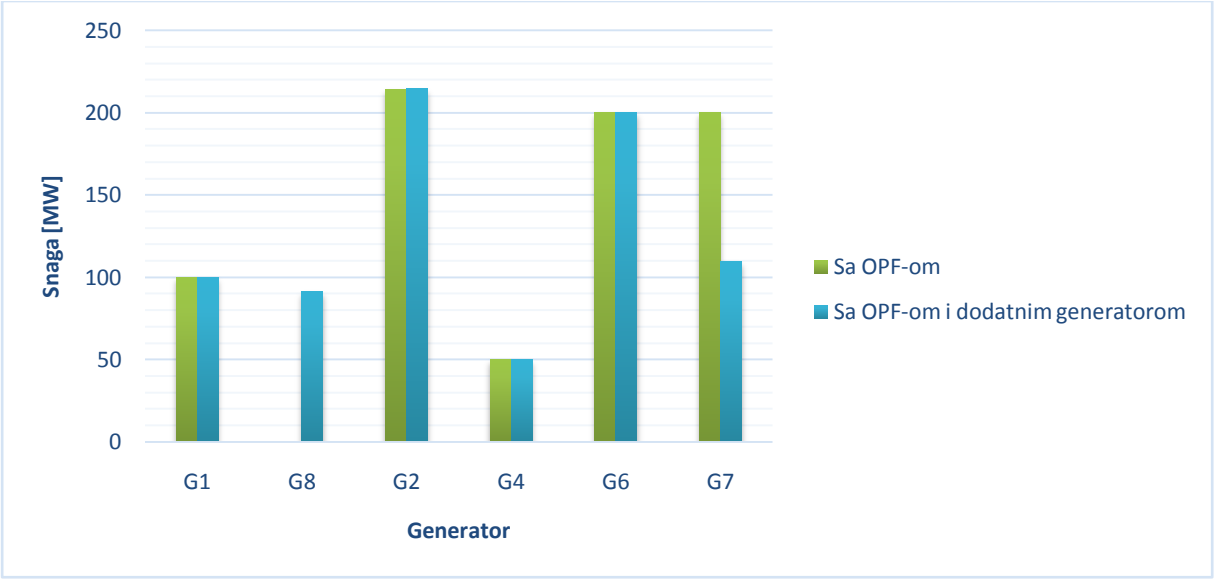
Slika 5.69: *Marginalne cijene za sabirnice uz dodatni generator na sabirnici 7*

Kao što prikazuje slika 5.70 dodali smo jedan generator na sabirnicu 7. OPF je simulirao da generator G8 u mrežu daje 91 MW, tj. za 91 MW je umanjena proizvodnja električne energije generatora G7. Može se zaključiti da kada je generator na plin spojen na sabirnicu 7

proizvodi dovoljno jeftinu električnu energiju da počne proizvoditi električnu energiju.Opterećenja vodova su u optimalnim vrijednostima, osim na vodu koji spaja sabirnice 2 i 5 i vodu koji spaja sabirnice 1 i 3, gdje je opterećenje malo povišeno, ali i dalje u granicama dopuštenoga.



Slika 5.70:*Shema sa dodatnim generatorom na sabirnici 7*



Slika 5.71: *Izlazne snage generatora sa dodatnim generatorom na sabirnici 7*

Sa slika 5.69 i 5.71 vidimo da se dodavanjem generatora na plin cijena na sabirnici 7 u području „desno“ smanjuje. Dok su cijene na ostalim sabirnicama ostale nepromijenjene.

5.4. Skupni prikaz rezultata simulacija

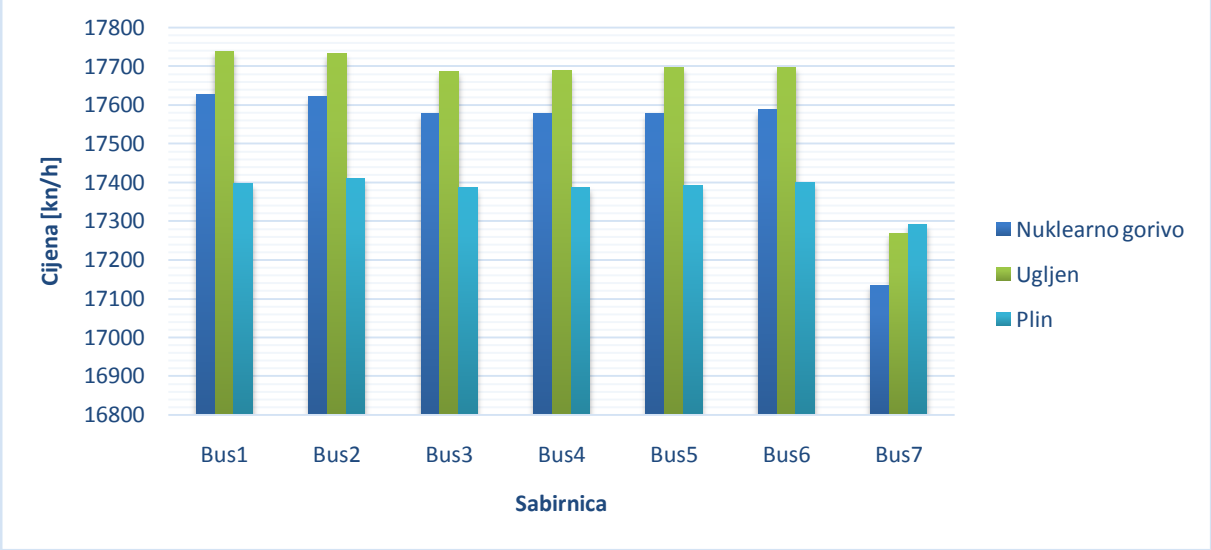
Tablica 5.50: *Skupni prikaz rezultata simulacija*

Sabirnica	**Cijena proizvodnje električne energije**			**Snaga generatora predana u mrežu**		
	Nuklearno gorivo	Ugljen	Plin	Nuklearno gorivo	Ugljen	Plin
	[kn/h]	**[kn/h]**	**[kn/h]**	**[MW]**	**[MW]**	**[MW]**
Bus1	17627	17739	17397	66,18	66,20	0
Bus2	17622	17733	17411	65,24	66,20	0
Bus3	17577	17687	17386	63,10	63,10	0
Bus4	17577	17688	17387	63,30	63,30	0
Bus5	17697	17697	17392	63,50	64,10	0
Bus6	17587	17698	17400	50,50	50,50	0
Bus7	17134	17267	17291	91,10	91,10	91,10

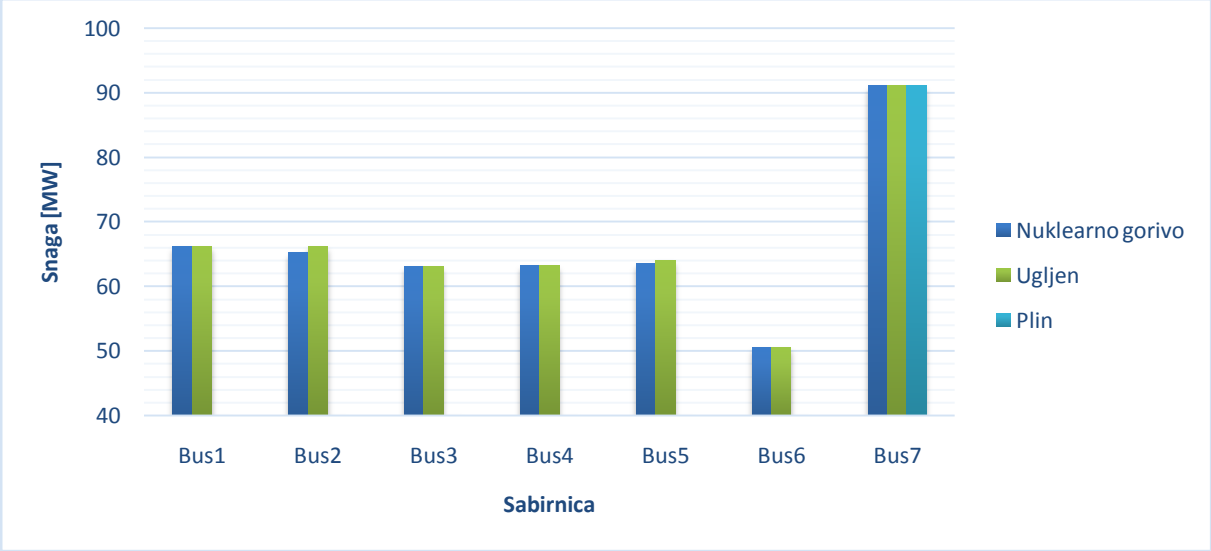
Tablica 5.51:*Ukupna zarada proizvodnje električne energije po energentima*

Sabirnica	**Cijena proizvodnje električne energije**		
	Nuklearno gorivo	Ugljen	Plin
	[kn/h]	**[kn/h]**	**[kn/h]**
Bus1	1166555	1174322	0
Bus2	1149659	1173925	0
Bus3	1109109	1116050	0
Bus4	1112624	1119650	0
Bus5	1116203	1134378	0
Bus6	888144	893749	0
Bus7	1560907	1573024	1575210
Ukupno	8103201	8185097	1575210

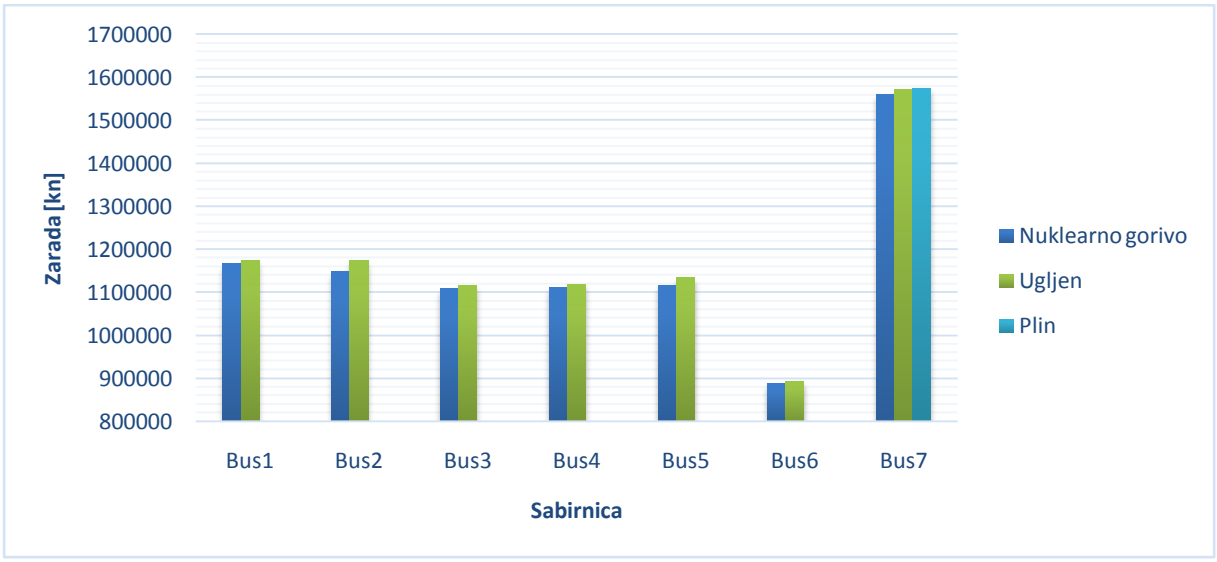
Cijene razvrstane po sabirnicama i energentima kao i izlazne snage generatora koje smo dodavali u elektroenergetski sustav prikazani su u tablici 5.50. u tablici 5.51 prikazane su zarade razvrstane po energentima i sabirnicama uz krajnju sumu zarade po energentima. Radi lakše analize rezultati iz tablica 5.50 i 5.51 prikazani su u grafovima 5.72, 5.73, 5.74 i 5.75.



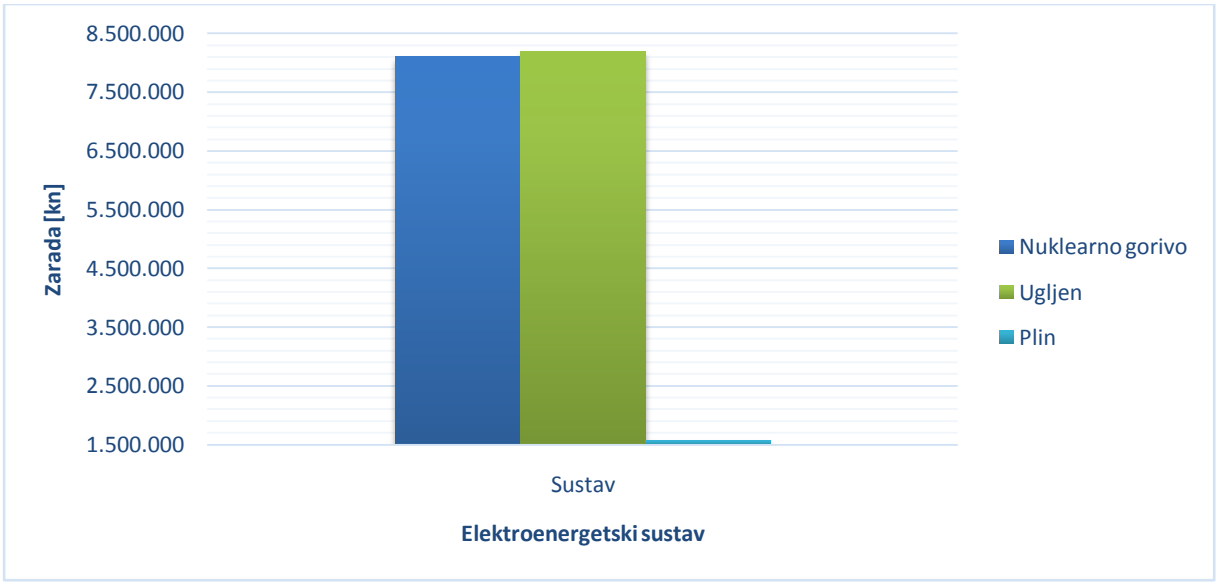
Slika 5.72:*Cijene proizvodnje električne energije na sabirnicama*



Slika 5.73:*Ukupna proizvedena snaga na sabirnicama*



Slika 5.74:*Zarada proizvodnih tvrtki na sabirnicama*



Slika 5.75: *Ukupna zarada po energentu*

6. ZAKLJUČAK

Ovim diplomskim radom obuhvaćena je tema tržišta električne energije i razvoj istoga.

U radu je obrađena tema preustroja elektroenergetskog sustava iz prirodnog monopola u otvoreno tržište električne energije i utjecaj planiranja na investicije.

U programu Power World izvršena je simulacija tržišta električne energije sa ciljem dubljeg uvida u razvoj tržišta nakon priključivanja nove elektrane u elektroenergetski sustav. Elektranaje bila priključivana na različita mjesta u sustavu, na svaku sabirnicu zasebno, i mijenjana je tehnologiju proizvodnje.Za energente su uzeti: nuklearno gorivo, ugljen i plin. U simulacijama nije navedenatrenutna izlazna snaga elektrane nego je to prepušteno tržištu da odredi kolika bi bilaoptimalnijaproizvodnja električne energije za tu elektranu.

U simulaciji su uzete u obzir samo troškovi proizvodnje u 1 satu, bez troškova investicija i održavanja. Stoga su ovakve simulacije ograničene što se tiče detaljnije analize tržišta električne energije i investitori bi svakako u svojim analizama trebali koristiti programe koji imaju veće mogućnosti. No u programu Power World može se dobiti uvid u trenutno stanje na tržištu električne energije na promatranom elektroenergetskom sustavu. U simulacijama su uzete u obzir samo termoelektrane.

Na temelju rezultata obavljenih simulacija u programu Power World može se zaključiti da na cijenu električne energije utječu i energent i lokacija nove elektrane.

Vidljivo je da različiti energenti kreiraju različite cijene na tržištu što određuje i cijenu i to koja će elektrana u elektroenergetskom sustavu proizvoditi, a koja neće, jer svaka ima različitu specifičnu cijenu proizvodnje električne energije. Elektrane sa nižom cijenom će više proizvoditi. Stoga je bitna odluka na investitorima koji energent će koristiti u svojoj proizvodnji električne energije.

Lokacija elektrane također utječe na cijenu električne energije. Može se zaključiti da je lokacija jedna od bitnijih stvari u odlučivanju u ulaganja u nove proizvodne kapacitete. Ukoliko lokacija koja se odabere nije pogodna može se dogoditi da se proizvode male količine električne energije koje ne bi zadovoljile ukupno pokrivanje troškova elektrane ili u najgorem scenariju elektrana ne bi uopće proizvodila jer bi cijena njezine proizvodnje bila puno veća od drugih elektrana i investicija bi time propala.

Simulacije su pokazale još jednu bitnu stvar na koju se treba obratiti pozornost, a to su vodovi, tj. njihov prijenosnikapacitet. Naime, kod odluka o novim ulaganjima u proizvodne kapacitete treba voditi računa i o udaljenosti potrošača od nove elektrane, jer ukoliko je nova elektrana na velikoj udaljenosti od potrošača može se dogoditi da bez obzira na nižu cijenu proizvodnje električne energije, elektrana svejedno ne proizvodi jer s obzirom na prijenosnikapacitet vodova nije moguće prenijeti toliku količinu električne energije na tu udaljenost. U simulacijama je vidljivo da su neki vodovi bili pod većim opterećenjem od drugih i da su se u određenim situacijama približili svom prijenosnom ograničenju.

LITERATURA

[1] Sally Hunt, „MakingCompetitionWorkinElectricty“, John Wiley&Sons Inc., New York, 2002.

[2] Opći uvjeti za opskrbu električnom energijom, „Narodne novine“ br. 14/06

[3] Mrežna pravila elektroenergetskog sustava, „Narodne novine“ br. 36/06

[4] Hrvatska burza električne energije (CROPEX), Podaci za prvi mjesec trgovanja na Cropex-u, dostupno na službenoj stranici: http://www.cropex.hr/hr/obavijesti/66-prvi-mjesec-trgovanja-na-cropex-u.html, 13.3.2016.

[5] Paul A. Samuelson i William D. Nordhaus, "Ekonomija", Mate, Zagreb, 2000.

[6] Zakon o energiji, „Narodne novine“ br. 68/01

[7] Zakon o tržištu električne energije, „Narodne novine“ br. 22/13

[8] Zakon o regulaciji energetskih djelatnosti, „Narodne novine“ br. 120/12

[9] Hrvatski operator prijenosnog sustava, Energetska identifikacijska oznaka, Podaci dostupni na službenoj stranici: http://www.hops.hr/wps/wcm/connect/f3f6dedc-5e71-4e8d-8b27-f658e0567a31/EIC_oznaka.pdf?MOD=AJPERES, 19.8.2015.

[10] Tehnička škola Šibenik, Predavanje: Elektroenergetski sustav, dostupno na službenoj stranici: http://www.ss-tehnicka-si.skole.hr/dokumenti?dm_document_id=553&dm_dnl=1, 26.2.2016.

[11] Hrvatski operator prijenosnog sustava, Planiranje rada EES-a, dostupno na službenoj stranici: http://www.hops.hr/wps/portal/hr/web/hees/vodjenje/planiranje, 6.3.2016.

[12] Hrvatski operator prijenosnog sustava, Dnevni dijagram opterećenja, dostupno na službenoj stranici: http://www.hops.hr/wps/portal/hr/web/hees/dijagram/dnevni, 3.3.2016.

[13] Hrvatska burza električne energije (CROPEX), Rezultati za trgovanje za dan unaprijed, dostupno na službenoj stranici: http://www.cropex.hr/hr/trgovanje/rezultati-trgovanja.html, 3.3.2016.

[14] Sveučilište u Zadru, Predavanje: Poslovanje poduzeća, dostupno na službenoj stranici: http://www.unizd.hr/portals/4/nastavni_mat/2_godina/ekonomika_pod/Poslovanje_____pod uzeca.PPT, 22.2.2016.

[15] Fakultet za menadžment u turizmu i ugostiteljstvu, Predavanje: Razvoj managementa i kontrolinga kao determinanti planiranja, dostupno na službenoj stranici: http://fmtu.lumens5plus.com/sites/fmtu.lumens5plus.com/files/36-a445a1b82723ea8b3f7611ee3169e210.pdf, 22.2.2016

[16] Univerzitet Sinergija Bjeljina, Predavanje: Strateško i operativno planiranje, dostupno na službenim stranicama: http://predmet.sinergija.edu.ba/pluginfile.php/2471/mod_folder/content/1/IX%20NEDELJA/STRATE%C5%A0KO%20I%20OPERATIVNO%20PLANIRANJE.pdf?forcedownload=1, 22.2.2016.

[17] Veleučilište u Rijeci, Predavanje: Financijsko planiranje, dostupno na službenim stranicama: http://www.veleri.hr/files/datoteke/nastavni_materijali/k_poduzetnistvo_3/Financijsko_planiranje.pdf, 22.2.2016.

[18] Ekonomski fakultet u Osijeku, Predavanje: Planiranje i budetiranje, dostupno na službenim stranicama: http://www.efos.unios.hr/arhiva/index.php/component/docman/doc_download/2590-planiranje-i-budetiranje, 22.2.2016.

[19] dostupno na službenim stranicama: http://www.hep.hr/hep/novosti/default.aspx, 3.3.2016.

[20] dostupno na službenim stranicama: https://www.hera.hr/hr/html/index.html, 3.3.2016.

[21] dostupno na službenim stranicama: http://www.hops.hr/wps/portal/hr/web, 3.3.2016.

[22] dostupno na službenim stranicama: http://www.hep.hr/ods/dp/default.aspx, 3.3.2016.

[23] dostupno na službenim stranicama: http://hrote.hr/, 3.3.2016.

[24] Međimurska energetska agencija, Hrvatski operator tržišta energije, Pravila djelovanja tržišta električne energije, dostupno na službenim stranicama:http://www.menea.hr/wp-

content/uploads/2013/12/Pravila-djelovanja-tr%C5%BEi%C5%A1ta-elektri%C4%8Dne-energije.pdf, 22.2.2016.

SAŽETAK

U ovom radu obrađena je tema razvoja tržišta električne energije u Republici Hrvatskoj. Elektroprivreda je djelovala kao prirodni monopol, no takav tip nije održiv u današnje vrijeme. Razvijanjem elektroprivreda došlo se do ideje za kreiranjem tržišta električne energije gdje bi se mogli nadmetati razni proizvođači električne energije, a gdje bi isto tako potrošači mogli birati svoje distributere ili oni veći potrošači direktno izabrati svog proizvođača električne energije.

Tijekom razdoblja 2000-2010. godine u Republici Hrvatskoj dolazi do strukturnog razdvajanja elektroprivrede po djelatnostima. Strukturnim razdvajanjem nastali su sljedeći subjekti: HEP - Proizvodnja, HEP OPS - Operator prijenosnog sustava kasnije preimenovan u HOPS – Hrvatski operator prijenosnog sustava, HEP ODS – HEP Operator distribucijskog sustava, CROPEX – Hrvatska burza električne energije. Prvi dan pokretanja tržišta za dan unaprijed na CROPEX-u održan je 10. veljače 2016. godine u suradnji sa NordPool-om (vodeća europska burza električne energije).

Simulacijama u programu Power World vidljivi su određeni pokazatelji o bitnim čimbenicima za investicijske odluke u nove proizvodnekapacitete.

Mogu se izdvojiti 3 čimbenika: energent, lokacija i ograničenja elektroenergetskog sustava.

Energent utječe svojom cijenom i dostupnosti na cijenu električne energije. Što je energent skuplji skuplja je proizvodnja, što je energent udaljeniji od elektrane veći su troškovi i cijena proizvodnje mora biti veća. U simulacijama koje su odrađene nije bilo moguće unijeti, zbog ograničenja programa, sve troškove vezane za elektranu.

Lokacija također utječe na cijenu proizvodnje. Ukoliko se nova elektrana nalazi na području gdje postoji više elektrana na malom prostoru postoji veća mogućnost da će manje proizvoditi od elektrane koja u bližem okruženju nema konkurencije.

Ograničenja elektroenergetskog sustava se odnose na prijenosnikapacitet vodova. Prijenosnikapacitet vodova određuje koliko električne energije možemo prenijeti određenim vodom, stoga je isplativije investirati u elektranu koja se nalazi bliže potrošačima.

Ključne riječi: tržište električne energije, elektroprivreda, elektrane, ulaganja, investicije, energenti, cijena

SUMMARY

Development of electricity market in Republic of Croatia was dealt in this paper.

Electricity power industry has been acted as a natural monopoly, but this type is not viable at the present time. Development of electric power industry lead to idea of creating electricity market where various power producer could compete and consumers could choose their distributors or large consumers directly could choose their electricity producer.

During the period 2000-2010 in Republic of Croatia came to the structural separation of electric power industries. Structural separation emerged following entities: HEP – Production, HEP ODS – Transmission System Operator later renamed HOPS – Croatian Transmission System Operator, HEP ODS – HEP Distribution System Operator, CROPEX – Croatia Marketplace electricity. The first day of launch markets for the day ahead at CROPEX was held on 10 Februrary 2016 in cooperation with Nord Pool (Europe's leading stock exchange electricity market).

Simulations in Power World visible certain indicators concerning important factors for investment decisions in new production capacity.

They can be distinguished in 3 factors: energy source, location and limits of power system.

Energy source affects its cost and availability of the electricity price. If the energy source is expensive more expensive will be the production and if is the energy source farther away from the plant higher will be costs and production price will be higher. In the simulations that were carried out it was not possible to enter, because of the limitations of the program, all costs associated with the plant.

Location also affects the cost of production. If the new plant is located in area where there are more power plant in a small area itis more likely that they will produce less power than that in the area where there is no competition.

Limitations of the power system related to the transmission power lines. Transmission power lines determines how much electricity we can transfer with certain transmission line, therefore, is more cost-effective to invest in a power plant that is located closer to consumers.

Keywords: electricity market, power supply, power plants, investment, investment, price

ŽIVOTOPIS

Matija Koš, rođen je 13.6.1987. godine. Od 2006. do 2011. godine pohađao je sveučilišni preddiplomski studij elektrotehnike i stekao zvanje prvostupnik inženjer elektrotehnike na Elektrotehničkom fakultetu u Osijeku. Od 2011. godine pohađao je diplomski studij elektrotehnike na Elektrotehničkom fakultetu u Osijeku.

Od travnja 2013. godine do listopada 2014. godine radio je u Hrvatskom Telekomu na tehničkoj podršci. Od srpnja 2015. godine radi kao inženjer u održavanju u pogonu Našicecement d.d..