

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
STROJARSKI FAKULTET U SLAVONSKOM BRODU

**MODEL ANALIZE TROŠKOVA I DOBITI
UPORABE BIOMASE U PROIZVODNJI
ELEKTRIČNE ENERGIJE**

MAGISTARSKI RAD

IGOR RAGUZIN, DIPL. INŽ.

SLAVONSKI BROD, 2011.

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
STROJARSKI FAKULTET U SLAVONSKOM BRODU

**MODEL ANALIZE TROŠKOVA I DOBITI
UPORABE BIOMASE U PROIZVODNJI
ELEKTRIČNE ENERGIJE**

MAGISTARSKI RAD

MENTOR:

PROF. DR. SC. EMIL HNATKO IGOR RAGUZIN, DIPL. INŽ.

KOMENTOR:

PROF. DR. SC. MARINKO STOJKOV

SLAVONSKI BROD, 2011.

PODACI ZA BIBLIOGRAFSKU KARTICU

UDK:

Ključne riječi: Biomasa, CREEM model, kogeneracija,
instrumenti poticanja

Znanstveno područje: TEHNIČKE ZNANOSTI

Znanstveno polje: Strojarsstvo

Institucija u kojoj je

rad izrađen: Strojarski fakultet u Slavonskom Brodu

Mentor rada: Prof. dr. sc. Emil Hnatko

Komentor rada: Prof. dr. sc. Marinko Stojkov

Broj stranica: 163

Broj slika: 35

Broj tablica: 27

Broj korištenih

bibliografskih jedinica: 106

Datum obrane:

Povjerenstvo: Prof. dr. sc. Dražan Kozak, predsjednik

Prof. dr. sc. Emil Hnatko, član

Prof. dr. sc. Marinko Stojkov, član

Prof. dr. sc. Neven Duić, član

Prof. dr. sc. Marija Živić, član

Institucija u kojoj je

rad pohranjen: Strojarski fakultet u Slavonskom Brodu

SADRŽAJ

PREDGOVOR	V
SAŽETAK RADA	VII
SUMMARY	IX
KLJUČNE RIJEČI	XI
KEYWORDS	XI
POPIS OZNAKA	XII
POPIS SLIKA.....	XV
POPIS TABLICA.....	XVII
1. UVOD.....	1
2. ENERGETSKA BILANCA REPUBLIKE HRVATSKE	10
3. PROIZVODNJA TOPLINSKE ENERGIJE IZ BIOMASE I NJEZIN POTENCIJAL	15
3.1 Potencijal i mogućnosti korištenja biomase u proizvodnji bioenergije u Republici Hrvatskoj	16
3.2 Razdioba i iskazi veličina šumskoga zemljišta	17
3.3 Etat.....	19
3.4 Mogući prinos biomase.....	21
3.5 Izvoz i trgovina šumskom biomasom	25
3.6 Svojstva krute biomase.....	27

4. POLITIKA KORIŠTENJA OBNOVLJIVIH IZVORA ENERGIJE U EUROPSKOJ UNIJI	30
4.1 Pravna stečevina (acquis) u području obnovljivih izvora energije.....	30
4.2 Ekonomski instrumenti za poticanje obnovljivih izvora energije	35
4.2.1 Subvencije investicija	40
4.2.2 Fiskalne mjere	40
4.2.3 Zajamčene tarife - Feed-in Tariffs	40
4.2.4 Javni natječaji.....	42
4.2.5 Zeleni certifikati i obvezni udjeli	43
4.2.6 Sustav RECS (Renewable Energy Certificate System).....	44
4.2.7 Projekt TRECKIN (Tradable Renewable Certificate Know-how and Initiatives Network)	47
4.2.8 SWOT analiza sustava zelenih certifikata.....	47
4.3 Indikatori učinkovitosti poticajnih mjera za tehnologiju biomase u EU	49
5. PRAVNI I INSTITUCIONALNI OKVIR ZA KORIŠTENJE OBNOVLJIVIH IZVORA ENERGIJE U REPUBLICI HRVATSKOJ	53
5.1 Novo energetske zakonodavstvo Republike Hrvatske	53
5.2 Povlaštenost proizvodnje iz obnovljivih izvora energije i kogeneracije.....	54
5.3 Institucionalni okvir	56
5.4 Definiranje ciljeva u području korištenja obnovljivih izvora energije i kogeneracije.....	59
6. TEHNOLOGIJE ISKORIŠTAVANJA ENERGIJE BIOMASE	61
6.1 Temeljne značajke kogeneracije.....	67
6.2 Tipovi kogeneracijskih postrojenja.....	69
6.2.1 Kogeneracija na bazi parne turbine.....	69
6.2.2 Kogeneracija na bazi plinske turbine	71
6.2.3 Kogeneracija na bazi kombiniranog ciklusa	74
6.2.4 Kogeneracijsko postrojenje s parnom turbinom i drvnom sječkom kao gorivom.....	75
6.3 Adsorpcijski rashladni sustav na drvene ostatke.....	76

7.	RAZVITAK I REZULTATI PRIMJENE MODELA ZA ANALIZU TROŠKOVA I DOBITI KORIŠTENJA OBNOVLJIVIH IZVORA ENERGIJE CREEM (CROATIAN RENEWABLE ENERGY AND ECONOMICS MODEL)	78
7.1	Razvitak i značajke modela za analizu troškova i dobiti korištenja obnovljivih izvora energije (CREEM).....	78
7.2	Analiza troškova i dobiti korištenja obnovljivih izvora energije u sklopu modela	83
7.3	Polazne pretpostavke za analizu troškova i dobiti za postrojenja za proizvodnju električne energije korištenjem biomase	86
7.4	Rezultati analize troškova i dobiti za postrojenja za proizvodnju električne energije korištenjem biomase za implementacijske scenarije A i B	90
8.	ZAKLJUČNA RAZMATRANJA	103
9.	PRILOZI	115

PREDGOVOR

Sve veće iskorištavanje obnovljivih izvora energije postaje veoma važan činitelj u razvitku pojedinih regija i društava. Za razliku od fosilnih goriva, ovi su oblici energije ekološki „čisti“, a osim toga dovode i do intenzivna ekonomskog razvitka društva. Koristeći se obnovljivim izvorima energije za energetske potrebe dolazi do razvitka maloga i srednjega poduzetništva, otvaranja novih radnih mjesta, a samim time i do povećanja kupovne moći i općeg zadovoljstva građana.

Europska unija je, postavivši cilj da udio obnovljivih izvora energije u ukupnoj energetskej potrošnji u 2020. godini bude 20%, dala snažan poticaj i za jaču primjenu biomase, obnovljivog izvora sa znatnim potencijalom. Razlog tomu jest što uporaba biomase doprinosi ublažavanu emisije stakleničkih plinova, smanjenju ovisnosti o uvozu nafte i ostalih fosilnih oblika energije, povećanju sigurnosti energetske opskrbe te što razvoj tehnologije i industrije za uporabu biomase doprinosi rastu broja novih radnih mjesta, razvitku konkurentnosti te regionalnom i ruralnom razvitku.

Od novih tehnologija obnovljivih izvora energije za proizvodnju električne energije u Republici Hrvatskoj najviše se koristi energija vjetra, a u posljednje vrijeme i energija biomase. Republika Hrvatska pripada zemljama s velikim potencijalom biomase. Raspoloživu biomasu se može raznim tehnologijama uporabiti za pretvorbu u električnu energiju i/ili unutarnju energiju (toplinu) ili pak preraditi u komercijalno pogodnije oblike energije (pelete, brikete i drveni ugljen). Biomasa se dosad uglavnom koristila na tradicionalan neučinkovit način, kao ogrjevno drvo za potrebe grijanja. Trenutačno se znatne količine biomase koje nastaju na poljima, šumama i u industriji ostavljaju na poljima ili odlažu na divljim odlagalištima. Kako bi se potaknulo iskorištavanje ovih ostataka za proizvodnju električne energije, potrebno je razviti mehanizme financijskih i institucionalnih potpora.

Zbog intermitentnih svojstava obnovljivih izvora energije (sunce, vjetar), nedostatnih količina i velikih radijusa prikupljanja (biomasa) i tehnologijskih značajki, električna energija proizvedena iz ovih izvora nije konkurentna u odnosu na električnu energiju proizvedenu iz fosilnih goriva.

Dakle, obnovljivi izvori energije još uvijek su uglavnom nekonkurentni fosilnim gorivima ako se u njihovu proizvodnu cijenu ne uključe troškovi zaštite okoliša te je za povećano korištenje obnovljivih izvora energije potrebno uvesti neki oblik poticajnog mehanizama kojim se kompenziraju (neizravne) subvencije koje dobivaju konvencionalni izvori. Međutim, sustav poticaja mora biti razvojno i gospodarski učinkovit, a pri tome ne smije ometati temeljna načela zaštite konkurencije.

Zbog navedenih razloga potrebno je dodatno poticati proizvodnju električne energije iz obnovljivih izvora. Postoje tri glavne poticajne mjere za projekte obnovljive energije koji se trenutačno primjenjuju u Europi. To su zajamčene tarife, obvezne kvote u kombinaciji sa zelenim certifikatima i obveznim udjelima te sustav javnih natječaja (eng. competitive bidding). Uz ove osnovne mjere postoje i ostali različiti mehanizmi poticanja obnovljivih izvora energije, kao što su subvencije investicija i fiskalne mjere.

Na temelju analize aktualnog zakonodavnog okvira i sustava poticaja za obnovljive izvore energije u Hrvatskoj, očigledni su nedostaci mehanizama za poticanje proizvodnje električne energije iz obnovljivih izvora energije, naročito iz biomase.

Cilj ovoga rada je da se provedbom analize troškova i dobiti primjenom odgovarajućeg i prilagođenog modela te analizom raspoloživih sustava poticanja u Europskoj uniji (ekonomskih instrumenata za obnovljive izvore energije) odrede elementi sustava poticanja – udjeli i pripadajući rasponi proizvodnih, odnosno marginalnih troškova. Na taj se način optimira sustav poticanja proizvodnje električne energije iz biomase u Hrvatskoj jer se štiti javni interes jer potrebna dodatna financijska sredstva plaćaju svi potrošači električne energije a ujedno se omogućava razvoj i realizacija projekata povlaštenih proizvođača po načelu reguliranih profita, te u konačnici ostvarenje dugoročno postavljenih ciljeva u proizvedenoj električnoj energiji iz obnovljivih izvora energije - biomase i instaliranoj snazi kogeneracijskih postrojenja koja se koriste biomasom.

SAŽETAK RADA

Rad obuhvaća provedbu analize troškova i dobiti primjenom odgovarajućeg i prilagođenog modela te kroz analizu raspoloživih sustava poticanja u Europskoj uniji (ekonomskih instrumenata za obnovljive izvore energije) optimiranje sustava financijskih potpora potrebnog za opravdanu i troškovno prihvatljivu uspostavu sektora proizvodnje električne energije iz biomase.

Da bi se usporilo povećanje ovisnosti o uvoznim energentima, ograničile emisije stakleničkih plinova i da bi se potaknuo regionalni razvitak u Republici Hrvatskoj, potrebno je povećati udio obnovljivih izvora u primarnoj energiji. No kako većina obnovljivih izvora nije ekonomski isplativa ili je zbog visokog udjela investicijskih troškova previše rizična za investitore, potrebno je na temelju usporedbe eksternih troškova s konvencionalnim energentima uspostaviti mehanizme potpore koji će omogućiti ostvarenje dugoročno postavljenih ciljeva u udjelu električne energije iz obnovljivih izvora energije u ukupnoj potrošnji energije i instaliranoj snazi postrojenja koja se koriste obnovljivim izvorima energije.

Za Hrvatsku je provedena analiza troškova i dobiti korištenja biomase kao obnovljivog izvora energije kojim se utvrđuju rasponi troškova i dobiti određeni na osnovi uključivanja tzv. društvenih i neizravnih troškova proizvodnje električne energije iz fosilnih goriva (engl. external costs) u proizvodnu cijenu, odnosno izbjegnutih troškova zaštite okoliša i zdravlja stanovništva Republike Hrvatske. Na temelju primjene prilagođenog modela analize troškova i dobiti za postrojenja za proizvodnju električne energije, korištenjem biomase za dva implementacijska scenarija, dobiveni su rezultati koji se mogu primjeniti za utvrđivanje konkrentih provedbenih odrednica politike obnovljivih izvora energije u Hrvatskoj. Na taj način se određuje koliki je udio biomase kao obnovljivog izvora u Hrvatskoj opravdano poticati i time izbjeći troškove šteta u okolišu i na zdravlje stanovništva koje bi nastale kada bi se ista količina energije proizvela u elektranama koje se koriste fosilnim gorivima.

Analizirane su energetske potrebe i postojeći izvori u Hrvatskoj, ekonomski instrumenti za poticanje korištenja obnovljivih izvora energije, značajke tehnologija za iskorištavanje energije biomase, potencijal biomase za proizvodnju električne energije, potencijalna

energetska postrojenja na biomasu i njihovi troškovi. Uzimajući u obzir eksterne troškove za standardnu konvencionalnu tehnologiju za proizvodnju električne energije u Hrvatskoj, te za dva scenarija, željeni udio biomase u proizvodnji električne energije i tehnički potencijal za korištenje biomase, provedena je optimizacija sustava financijskih potpora potrebnog za opravdanu i troškovno prihvatljivu uspostavu sektora proizvodnje električne energije iz biomase.

Prikazana je usporedba rizika i prihvatljivosti troškova financijske potpore za tarifni tip potpore (zajamčena otkupna cijena), kao i za potporu sustavom zelenih certifikata.

SUMMARY

The master thesis comprises the review of costs and benefits by application of adequate and adjusted model, as well as the analyses of the available incentive schemes in the EU (economic instruments for renewable energy resources) optimizing of the system of financial support required for justified and cost efficient establishing of the electricity production sector from biomass.

In order to reduce the increasing dependency on imported energy sources, to decrease the greenhouse gas emissions and to stimulate the regional development in the Republic of Croatia the share of renewable energy in primary energy should be increased. However, since most of the renewable energy resources are not economically viable or are due to the high share of investment costs associated with high investment risks, based on the comparison of external costs with the conventional energy resources the support mechanisms should be established providing for accomplishing of the long term targets in the share of electricity from renewable resources in the total energy consumption and installed capacity of the plants using renewable energy.

In Croatia the cost benefit costs analysis was carried out for the use of biomass as renewable energy, defining the range of costs and profit determined on the base of involving the so called social and indirect costs of electricity production from the fossil fuels in the production price, i.e. the avoided costs of environmental and health protection of the population of the Republic of Croatia. Based on application of the adjusted model of cost benefit analysis for the plants for production of electricity from biomass for two implementation scenarios the outcomes have been received which may be applied for identification of concrete implementing determinants of the renewable energy policy in Croatia. This way the justified share of biomass as renewable resource in Croatia is determined, which can result in avoiding of the costs of inflicting environmental and health damage to population which would occur in case of producing the same amount of energy in plants using fossil fuels.

The energy needs and the available resources in Croatia have been analysed, the economic instruments for stimulating the use of renewable energy, features of technologies for utilization of biomass energy, biomass potential for electricity production, potential biomass

energy plants and their costs. Taking in account the external costs for the standard conventional technology for electricity production in Croatia, as well as for the two scenarios, the desired share of biomass in electricity production and the technical potential for biomass utilization, the optimization of the financial support system was carried out, required for the justified and cost efficient introducing of the sector of electricity production from biomass.

The comparison of risks and adequacy of financial support for the type of tariff support was outlined (feed-in tariffs), as well as for the support by the green certificates system.

KLJUČNE RIJEČI

Biomasa, CREEM model, kogeneracija, sustavi poticaja

KEYWORDS

Biomass, CREEM Model, Cogeneration, Incentive Schemes

POPIS OZNAKA

Oznaka	Jedinica	Opis
A ₁₀₀	-	Scenarij A za cijenu ugljena od 100 \$/t
AIB	-	Association of Issuing Bodies
B ₁₅₀	-	Scenarij B za cijenu ugljena od 150 \$/t
BCHP	-	Kogeneracija na biomasu
BDP	-	Bruto domaći proizvod
BIOEN	-	Program korištenja energije biomase i otpada
BP	-	Postrojenja na biomasu
CCGT	-	Kombinirana (plinsko-parna) termoelektrana (eng. <i>Combined Cycle Gas Turbine</i>)
CHP	-	Kogeneracijska elektrana (eng. <i>Combined Heat and Power</i>)
CO	-	Ugljični monoksid
CO ₂	-	Ugljični dioksid
CRS	-	Centar za obnovljive izvore i klimatske promjene (eng. <i>Center for Resource Solutions</i>)
CxHy	-	Ugljikovodici
EIHP	-	Energetski institut Hrvoje Požar
EU	-	Europska unija
FIT	-	Zajamčene otkupne cijene za električnu energiju (eng. <i>feed-in tariffs</i>)
FAO	-	Organizacija za hranu i poljoprivredu pri Ujedinjenim narodima (eng. <i>Food and Agriculture Organization of the United Nations</i>)
GVK	-	Sustav grijanja, ventilacije i klimatizacije
HE	-	Hidroelektrane
HEP	-	Hrvatska elektroprivreda
IAEA	-	Međunarodna agencije za atomsku energiju
mHE	-	Male hidroelektrane
NO _x	-	Dušikovi oksidi
OECD	-	Organizacija za ekonomsku suradnju i razvoj (eng. <i>Organisation for Economic Co-operation and Development</i>)
OIE	-	Obnovljivi izvori energije
OIE-E	-	Električne energije iz obnovljivih izvora

OIEK	-	Obnovljivi izvori energije i kogeneracija
ORC	-	Organski Rankineov ciklus (eng. <i>Organic Rankine Cycle</i>)
PDV	-	Porez na dodanu vrijednost
PV	-	Fotonaponski sustavi (elektrane)
PM-10	-	Lebdeće čestice promjera manjeg od 10 μm
REALM	-	Obnovljiva električna energija i liberalizirajuća tržišta (eng. <i>Renewable Electricity and Liberalising Market</i>)
RECS	-	Sustav obnovljivih certifikata (eng. <i>Renewable Energy Certificate System</i>)
SO ₂	-	Sumpor dioksid
SWOT	-	Analiza snage, slabosti, prilika i prijetnje (eng. <i>Strengths – Weaknesses - Opportunities – Threats</i>)
TPES	-	Ukupna potrošnja energije (eng. <i>Total Primary Energy Supply</i>)
TRECKIN	-	Mreža znanja i inicijativa za utržive obnovljive certifikate (eng. <i>Tradable Renewable Certificate Know-how and Initiatives Network</i>)
TUG	-	Tijela za trgovinu i korištenje certifikata (eng. <i>Trade and User Group</i>)
UN	-	Ujedinjeni narodi
WASP	-	Model za automatsko planiranje energetske sustava (eng. <i>Wien Automatic System Planning model</i>)
ZoE	-	Zakon o energiji
C	\$cents/kWh	Cijena proizvodnje električne energije iz fosilnih goriva
C_{Goie}	kn/kWh	Poticajna cijena za tekuću kalendarsku godinu
C_{Goie-1}	kn/kWh	Poticajna cijena za prethodnu kalendarsku godinu
E_n^i	%	Indikator učinkovitosti za tehnologiju i u godini n
G_{oie}	-	Indeks godine, najmanja vrijednost 2008. godina
ICM_{Goie-1}	-	Godišnji indeks cijena na malo prema službenim podacima Državnog zavoda za statistiku za prethodnu kalendarsku godinu.
k_o	-	Korekcijski faktor
LHV	MJ/kg	Donja ogrjevna vrijednost (eng. <i>Lower Heating Value</i>)
O&M	\$	Vođenje i održavanje (eng. <i>Operations & Maintenance</i>)
p	%	Udio domaće komponente u projektu

P_{cost}	\$cents/kWh	Cijena proizvodnje električne energije iz fosilnih goriva
P_{cost+e}	\$cents/kWh	Cijena proizvodnje električne energije iz fosilnih goriva uz dodane lokalne eksterne troškove
P_{cost+g}	\$cents/kWh	Cijena proizvodnje električne energije iz fosilnih goriva uz dodane lokalne i globalne eksterne troškove
Q_{ECON}	GWh	Količina obnovljive energije koja je ekonomski opravdana prije nego što se uzmu u obzir vanjski troškovi
Q_{BAU}	GWh	Količina obnovljive energije koja je dio „Osnovnog scenarija“ koji ne predviđa bilo kakve intervencije države
$Q_{L ENV.}$	GWh	Količina obnovljive energije koja je ekonomski opravdana prije nego što se uzmu u obzir lokalni eksterni troškovi
$Q_{G ENV.}$	GWh	Količina obnovljive energije koja je ekonomski opravdana prije nego što se uzmu u obzir globalni eksterni troškovi
R_i^*	\$cents/kWh	Trošak i-tog projekta za iskorištavanje obnovljivih izvora energije
S^*	-	Revidirana proizvodna krivulja obnovljivih izvora energije
S	-	Proizvodna krivulja obnovljivih izvora energije
TGC	-	Utrživi zeleni certifikati (eng. <i>Tradable Green Certificate</i>)
$v_{L ENV.}$	\$cents/kWh	Lokalni eksterni troškovi
$v_{G ENV.}$	\$cents/kWh	Globalni eksterni troškovi
X_i	\$cents/kWh	Kapacitivni penal za projekt iskorištavanja obnovljivih izvora energije

POPIS SLIKA

Slika 1. Konvencionalna vs. obnovljiva električna energija: financijska i društvena usporedba	4
Slika 2. Korisne šumske površine u Europi (postotak ukupne državne površine).....	5
Slika 3. Ukupna potrošnja energije u Hrvatskoj [77].....	10
Slika 4. Proizvodnja primarne energije [77]	12
Slika 5. Ukupna potrošnja energije u Hrvatskoj [77].....	14
Slika 6. Udio energenata u ukupnoj svjetskoj potrošnji energije (TPES) za 2008. godinu (OECD, 2010) [84].....	16
Slika 7. Sortimenti i značajniji pravci trgovine biomasom u Europi (AFBnet, 2003.).....	26
Slika 8. Kategorizacija poticajnih mjera	35
Slika 9. Pregled poticajnih mjera po državama članicama EU [93].....	36
Slika 10. Pregled bankabilnosti pojedinih sustava potpore za obnovljive izvore energije u europskim zemljama	40
Slika 11. Troškovi proizvodnje električne energije iz biomase i razina poticaja u petnaest članica EU [98].....	51
Slika 12. Troškovi proizvodnje električne energije iz biomase i razina poticaja u deset članica EU [98].....	51
Slika 13. Shema dijela hrvatskog tržišta električne energije koji se odnosi na OIE	57
Slika 14. Poticajne cijene za postrojenja priključena na distribucijsku mrežu instalirane snage do 1 MW, koja za proizvodnju električne energije koriste OIE [99].....	58
Slika 15. Poticajne cijene za postrojenja priključena na prijenosnu ili distribucijsku mrežu, instalirane snage veće od 1 MW, koja za proizvodnju električne energije koriste OIE [99]... 58	58
Slika 16. Dijagram elemenata sustava područnog grijanja s kotlom na biomasu	62
Slika 17. Prikaz kotlovskeg postrojenja loženog biomasom.....	63
Slika 18. Prikaz postrojenja za izgaranje biomase u fluidiziranom sloju.....	64
Slika 19. Prosječni specifični investicijski troškovi za kogeneracijska postrojenja na biomasu (Siemens, Urbas)	67
Slika 20. Principijelna shema kogeneracije na bazi kondenzacijske parne turbine	70
Slika 21. Principijelna shema kogeneracije na bazi protutlačne turbine.....	70
Slika 22. Principijelna shema plinsko-turbinske kogeneracije s kotlom ulizatorom	72

Slika 23. Principijelna shema plinsko-turbinske kogeneracije uz direktnu upotrebu ispušnih plinova.....	72
Slika 24. Principijelna shema kogeneracije na bazi kombiniranog ciklusa	75
Slika 25. Princip rada apsorpcijskog rashladnog sustava s kotlom na biomasu	77
Slika 26. Prikaz iznosa kapacitivnih penala	81
Slika 27. Krivulja uvećana za kapacitivne penale.....	81
Slika 28. Ekonomska učinkovitost proizvodnje energije iz obnovljivih izvora.....	83
Slika 29. Izračun troškova i koristi obnovljivih izvora energije	84
Slika 30. Usporedba prosječnih godišnjih kretanja cijena nafte (brent) i ugljena.....	89
Slika 31. Uvozna cijena ugljena u Hrvatskoj [77].....	89
Slika 32. Razdioba rangiranih točaka projekata prije interpolacije proizvodne krivulje za scenarij A.....	97
Slika 33. Proizvodna krivulja za scenarij A te cijena troškova po kWh za slučaj kada je cijena ugljena 100 \$/t, a cijena CO ₂ 20 \$/t	97
Slika 34. Razdioba rangiranih točaka projekata prije interpolacije proizvodne krivulje za scenarij B.....	101
Slika 35. Proizvodna krivulja za scenarij B te cijena troškova po kWh za slučaj kada je cijena ugljena 150 \$/t, a cijena CO ₂ 50 \$/t	101

POPIS TABLICA

Tablica 1. Proizvodnja primarne energije [77].....	11
Tablica 2. Ukupna potrošnja energije [77].....	13
Tablica 3. Skupine obraslosti šumskoga zemljišta za tri vrste vlasništva nad njima [84]	18
Tablica 4. Etat hrvatskih šuma, po vrstama vlasništva [86].....	20
Tablica 5. Predviđeno ostvarenje prosječnoga godišnjeg mogućeg etata [85] i [86].....	21
Tablica 6. Prosječni mogući etat hrvatskih šuma prema prihodu za polurazdoblja [86].	22
Tablica 7. Godišnji ostvareni etat državnih šuma u Hrvatskoj za razdoblje 1998.-2000., s iskazom i prosječnih godišnjih količina i postotnih udjela [87].....	22
Tablica 8. Raspoloživi godišnji udjeli biomase dobiven pri preradi obloga tehničkoga drva i prostornoga drva za energiju	23
Tablica 9. Svekolika godišnje raspoloživa fitotvar do 2025. godine u Republici Hrvatskoj...	24
Tablica 10. Povećanje BDP i zapošljavanja uslijed izvoza biomase iz Švedske u Nizozemsku za količinu energetske vrijednosti 10 PJ (Agterberg, 1997.)	27
Tablica 11. Ogrjevne vrijednosti drvene biomase u Hrvatskoj, u ovisnosti o sadržaju vlage i pepela [89] i [90].....	28
Tablica 12. Ogrjevne vrijednosti različitih tipova biomase u ovisnosti o sadržaju vlage u biomasi te nasipna gustoća biomase [89] i [91]	29
Tablica 13. Pregled sustava potpore obnovljivim izvorima u država članica EU-27 [94].....	37
Tablica 14. SWOT Analiza sustava zelenih certifikata.....	48
Tablica 15. Osnovne karakteristike elektrana na biomasu [89], [100] i [101].....	65
Tablica 16. Osnovne karakteristike kogeneracijskih procesa [88].....	69
Tablica 17. Izračun troškova i koristi.....	85
Tablica 18. Osnovni troškovi proizvodnje	86
Tablica 19. Osnovne vrijednosti emisijskih faktora.....	87
Tablica 20. Pretpostavke u ExternE studijama za nove elektrane na ugljen.....	88
Tablica 21. Vrijednosti emisija ovisno o tipu elektrane, g/kWh.....	88
Tablica 22. Pretpostavljeni troškovi za projekte kombinirane proizvodnje električne energije i topline - scenarij A	94
Tablica 23. Ukupna proizvodnja el. energije te trošak proizvodnje za projekte u scenariju A	96
Tablica 24. Scenarij A.....	98

Tablica 25. Pretpostavljeni troškovi za projekte kombinirane proizvodnje električne energije i topline scenarij B.....	99
Tablica 26. Ukupna proizvodnja el. energije te trošak proizvodnje za projekte u scenariju B	100
Tablica 27. Scenarij B	102

1. UVOD

Ciljevi i strategija primjene obnovljivih izvora energije u zemljama Zapadnog Balkana, kao i u ostalim regijama svijeta, ovise o karakteristikama svakog pojedinog izvora, ali i o uspostavljenom programu iskorištavanja. Ipak, sve zemlje regije imaju isti cilj, a to je povećanje udjela obnovljivih izvora u opskrbi energijom u nadolazećim desetljećima, što je svakako u skladu s općim trendom u zemljama Europske unije [1], [2], [3], [4] i [5]. Obnovljivi izvori energije igrat će značajnu ulogu u smanjenju emisija ugljičnog dioksida (CO₂), a njihova uporaba, s obzirom na to da smanjuju rast ovisnosti o uvoznim izvorima energije, značajno doprinosi sigurnosti opskrbe energijom. K tome, kako na lokalnoj tako i na državnoj razini upotreba biomase može doprinijeti povećanju raznih socijalno-ekonomskih aspekata, društvenoj i gospodarskoj koheziji, kao i bržem približavanju ciljevima iz Kyota [6], [7], [8], [9] i [10]. Kyoto protokol obvezuje zemlje koje se nalaze u razvoju ili tranziciji da u razdoblju od 2008. do 2012. reduciraju emisiju stakleničkih plinova najmanje za 5% ispod razine koje su imale 1990. godine. Republika Hrvatska, koja je protokol potpisala 1990., a ratificirala ga 2007. godine [11], [12], [13] i [14] spada u Annex I zemlje.

Srednje i dugoročno gledano, može se očekivati da će obnovljivi izvori energije biti ekonomski konkurentni konvencionalnim izvorima energije. Teorijski, ali i tehnički iskoristivi prirodni energetske potencijali obnovljivih izvora energije su ogromni u usporedbi s ukupnom svjetskom potrošnjom energije. Ipak, njihovo iskorištavanje u budućnosti prije svega će ovisiti o ekonomskim karakteristikama energetske tehnologije.

U širem smislu, pod obnovljivim izvorima energije podrazumijevamo energiju vodnih snaga, energiju biomase, sunčevu energiju, energiju vjetra, geotermalnu energiju te energiju mora i oceana [15] i [16], dok pod pojmom „novi“ obnovljivi izvori energije podrazumijevamo suvremene i održive oblike obnovljive energije, posebice suvremenu uporabu biomase, geotermalnu, toplinsku i električnu energiju, male hidroelektrane, niskotemperaturnu sunčevu energiju, električnu energiju iz vjetra, fotonaponsku električnu energiju i energiju mora. Navedeni „novi“ obnovljivi izvori energije sudjeluju sa svega 2% u ukupnoj svjetskoj potrošnji primarne energije, ali njihova su prednost ogromni prirodni potencijali te činjenica da omogućavaju proizvodnju energije uz nikakve ili vrlo niske emisije stakleničkih plinova i ostalih zagađivača.

Nadalje, odgovarajućim aktivnostima nužno je potaknuti tržište na brži prodor obnovljivih izvora energije u energetske sustave [17]. Ove aktivnosti podrazumijevaju pronalaženje načina za smanjenje troškova novih obnovljivih izvora u ranim fazama njihova razvoja i komercijalizacije, uzimajući u obzir prednosti ekonomske učinkovitosti tržišta. U svakom slučaju, ubrzan razvoj i primjena tehnologija iskorištavanja obnovljivih izvora energije suočava se sa značajnim preprekama koje se mogu prevladati jedino odgovarajućom politikom i poticajnim okvirima. S obzirom na trenutačni proces liberalizacije energetskog tržišta, prihvaćeni mehanizmi potpore obnovljivim izvorima energije također moraju biti u skladu s načelima otvorenog tržišta.

Odluka o odgovarajućoj tehnologiji primjenjivoj u određenom razmatranom slučaju ovisi o tehničkoj ostvarivosti proizvodnji energije koja se može ostvariti uporabom te tehnologije, ali i o ekonomskim karakteristikama te tehnologije koje uzimaju u obzir troškove i sve ostale ograničavajuće činitelje. Sveukupna analiza potencijala podrazumijeva detaljna istraživanja svakog od navedenih potencijala:

- **Teorijski potencijal** – podrazumijeva cjelokupan energetski potencijal koji se može ostvariti primjenom pojedine energetske tehnologije. U jugoistočnoj Europi teorijski potencijali pojedinih tehnologija, posebice sunčeve energije, energije vjetra i energije biomase su veliki.
- **Fizički potencijal** – podrazumijeva dio cjelokupna energetskog potencijala koji je ograničen današnjim karakteristikama procesa. Dakle, to je količina energije koja se može dobiti iz raspoloživoga obnovljivog izvora energije korištenjem poznate tehnologije (buduće tehnologije moraju se ocijeniti prema učinkovitosti pretvorbe – jesu li poboljšane i koliko).
- **Proizvodno-inženjerski potencijal** – podrazumijeva cjelokupan energetski potencijal koji nije ograničen proizvodnim kapacitetima u nekoj regiji, primjerice zemljama jugoistočne Europe.
- **Ekološko-topografski potencijal** – podrazumijeva dio cjelokupna energetskog potencijala koji nije ograničen činiteljima utjecaja na okoliš, kao što su emisije onečišćujućih tvari u zrak, vodu, tlo, buka te izmjena krajobraza.
- **Ekonomski potencijal** – podrazumijeva dio cjelokupna energetskog potencijala koji je ekonomski (troškovno) usporediv s konvencionalnim tehnologijama.

No konvencionalne energetske tehnologije, temeljene na fosilnim gorivima, ispuštaju značajne količine onečišćujućih tvari, poput SO₂, NO_x, CO, CO₂, C_xH_y i prašine, što uzrokuje štetu za okoliš, ali i za ljudsko zdravlje. Stoga se uz proizvodne troškove električne energije pojavljuju i novi, političko-ekonomski troškovi, tzv. eksterni troškovi, koje svakako treba uzeti u obzir [18], [19], [20] i [21].

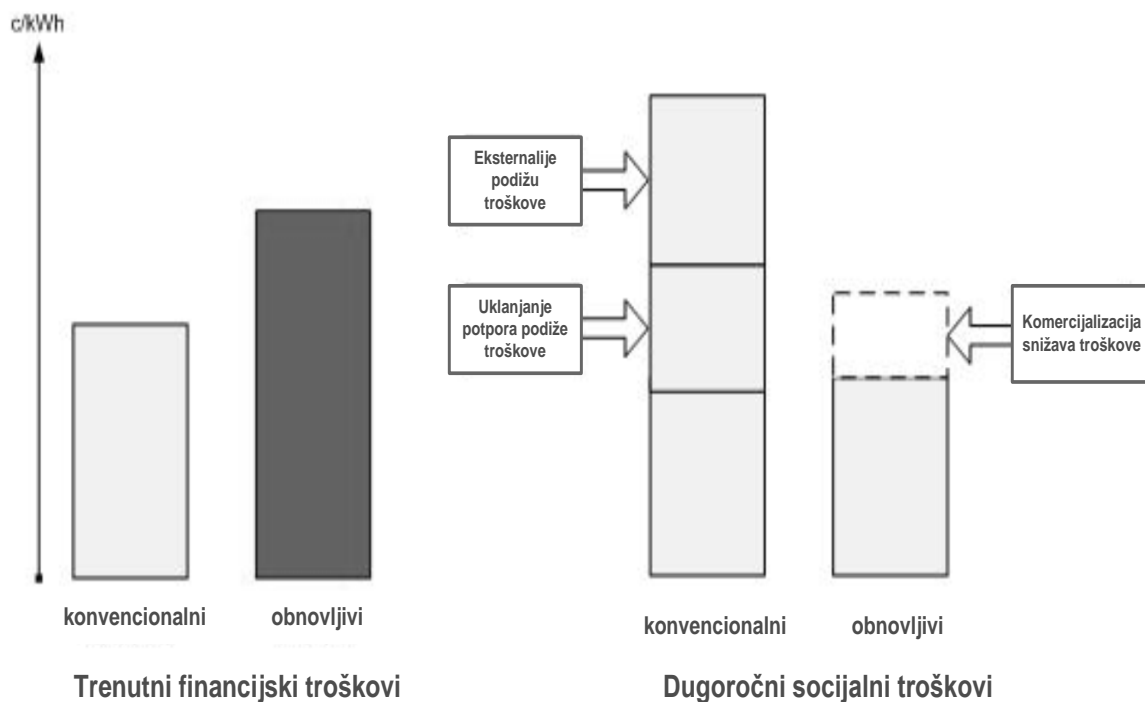
Povećanje potrošnje energije te sve veća ovisnost o njezinu uvozu potaknule su Europsku uniju na traženje zamjenskih izvora energije. Jedan od najznačajnijih načina za ostvarivanje ciljeva Kyoto protokola i ciljeva definiranih u Zelenoj knjizi Europske komisije svakako je uporaba obnovljivih izvora energije. Unatoč njihovu značaju, OIE se i dalje suočavaju s brojnim ekonomskim, financijskim, institucionalnim, tehničkim i društvenim preprekama. Stoga investitori moraju biti sposobni prebroditi nadolazeće prepreke u provedbi samog projekta.

Najbolja iskustva u provedbi projekata obnovljivih izvora energije ne podrazumijevaju samo maksimiziranje profita i isplativost projekta, nego i dobro upravljanje projektom, njegovu dalekosežnost, provjeru kakvoće. Nadalje, projekt može imati izuzetne tehničke karakteristike (isplativost, prihodi, učinkovitost), no svakako ne ulazi u kategoriju „najboljih primjena“ (eng. *best practice*) ako ne zadovoljava i neke netehničke zahtjeve, primjerice, nema potporu javnosti. Jedna od najvažnijih zapreka značajnijem prodoru tehnologija OIE jest neravnopravnost cijena električne energije proizvedene u konvencionalnim i obnovljivim postrojenjima [22], [23] i [24]. *Slika 1* prikazuje utjecaj uklanjanja financijskih potpora konvencionalnim izvorima i uvođenja eksternih troškova na budući odnos ovih cijena, a time i na budući razvitak OIE.

Glavne poticajne mjere za projekte obnovljive energije su:

- zajamčene tarife [25], [26] i [27]
- obvezne kvote u kombinaciji sa zelenim certifikatima [28], [29], [30], [31], [32] i [33]
- sustav javnih natječaja [34], [35] i [36].

Osim tri navedene osnovne mjere, postoje i različiti komplementarni mehanizmi, kao što su subvencije investicija i fiskalne mjere.



Slika 1. Konvencionalna vs. obnovljiva električna energija: financijska i društvena usporedba

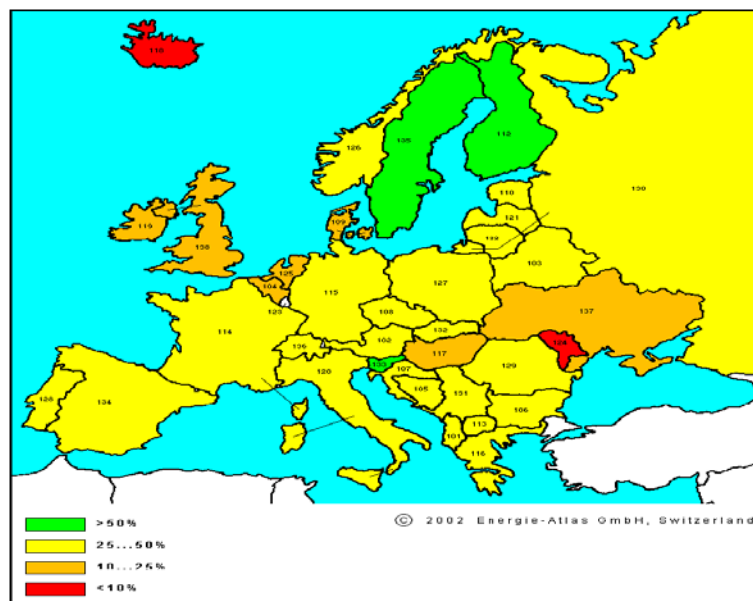
Najčešće korišten obnovljivi izvor energije u svijetu je vjetar, dok sve veći udio u obnovljivim izvorima energije zauzima biomasa. Biomasa podrazumijeva širok raspon organskog materijala, od raslinja te otpada biljnog i životinjskog podrijetla do krutog komunalnog otpada. Najveći izvori drvene biomase su plantaže i šume (šumski otpad), dok većina nedrvne biomase i otpada potječe od poljoprivrednih ostataka i poljoprivredno-industrijske djelatnosti. Može se reći da prilikom korištenja biomase imamo zatvoreni CO₂ krug. Količina CO₂ koja nastaje preradom biomase u energetske svrhe, fotosintezom i sunčevom energijom se ponovno apsorbira u rastu sirovina iz kojih biomasa nastaje. Energija se u sirovini (biljkama, drveću) nalazi u kemijskom obliku i oslobađa se prilikom korištenja biomase u energetske svrhe – bilo prirodnim raspadanjem ili izgaranjem [36], [38], [39], [40], [41], [42], [43] i [44].

U energetici se biomasa definira kao obnovljivi izvor energije koji se dobiva od biljaka i životinja, a dijeli se na sljedeće kategorije [44], [46], [47] i [48]:

- drvena biomasa (ostaci iz šumarstva, otpadno drvo kod prerade)
- ostaci iz poljoprivrede
- uzgojena drvena biomasa (tzv. energetske šume)
- uzgojena nedrvna biomasa (brzorastuće alge i trave)
- životinjski otpad i ostaci

- obnovljivi, gorivi komunalni otpad i mulj iz pročištača otpadnih voda.

Izvori biomase obilni su diljem svijeta. Biomasa u zadovoljavanju svjetskih energetske potreba danas sudjeluje s približno 14% (50 EJ/godišnje od ukupno 406 EJ/godišnje) i ponajprije potječe od ostataka poljoprivredne i drvene proizvodnje te iz šuma [49], [50] i [51]. No izazov korištenja biomase nije toliko u njezinoj raspoloživosti, koliko u održivom gospodarenju, pretvorbi i isporuci na tržište u obliku moderne i dostupne energetske usluge. Tehnologije za proizvodnju električne energije izgaranjem biomase komercijalno se primjenjuju u mnogim zemljama. Procijenjeno je da instalirani kapaciteti za proizvodnju električne energije iz biomase iznose 40 GW_{el} [51], [52] i [53]. S obzirom na to da je velik dio površine svih zemalja Zapadnog Balkana pokriven šumama, potencijali za energetske iskorištavanje biomase su značajni (Slika 2).



Slika 2. Korisne šumske površine u Europi (postotak ukupne državne površine)

Postavivši cilj kojim bi udio obnovljivih izvora energije u ukupnoj energetskej potrošnji u 2020. godini bio 20%, Europska unija je dala snažan poticaj za jaču primjenu biomase, obnovljivog izvora sa znatnim potencijalom. Razlog tomu je i u činjenici da uporaba biomase doprinosi smanjenju emisije stakleničkih plinova, ovisnosti o uvozu nafte i fosilnih goriva, povećanju sigurnosti energetske opskrbe, razvitku tehnologije i industrije za uporabu biomase koja doprinosi rastu broja novih radnih mjesta, razvitku konkurentnosti te regionalnom i ruralnom razvitku [40], [50] i [53]. Promišljenim pristupom razvitku uporabe biomase u energetske svrhe, poticajima i ustrajnošću i Hrvatska može ispuniti nabrojene

ciljeve (može se očekivati da će se mali i srednji hrvatski poduzetnici uključiti u razvitak sektora, pa čak i u razvitak i proizvodnju industrijske opreme za te svrhe).

Republika Hrvatska, kao zemlja s velikim šumskim potencijalom (44% kopnenog šumskog teritorija) i sa značajnom ulogom poljoprivrede te brojnim drvnoprerađivačkim pogonima, ima na raspolaganju velike količine biomase različita podrijetla kojima se može koristiti za proizvodnju energije [53] i [55]. Prema različitim scenarijima (razvitak poljoprivrede i šumarstva, uvođenje novih tehnologija i mehanizama potpore i sl.) očekuje se da će tehnički potencijal biomase u 2030. godini iznositi između 50 i 80 PJ. Dosad se koristila svega manja količina raspoložive biomase (12,24 PJ u 2001. godini) i to većinom na energetske neefikasan način za grijanje kućanstava, a u energetske politici nije zauzimala značajno mjesto [55].

Za proizvodnju električne energije iz biomase u Hrvatskoj moguće je predvidjeti nekoliko scenarija razvitka, a ukupan se potencijal 30-ak identificiranih projekata za proizvodnju električne energije, bilo u elektranama ili u energanama na biomasu, procjenjuje na oko 1 TWh/god. Ipak, od biomase se očekuje znatno veći doprinos u području toplinske proizvodnje u odnosu na ulogu u hrvatskom elektroenergetskom sustavu, barem u bližoj budućnosti. Doprinos u elektroenergetici u velikoj mjeri ovisit će o cijenama same biomase (goriva) na tržištu, koje za sada ne postoji u Hrvatskoj.

Najisplativije korištenje biomase kao goriva je u kogeneracijskim postrojenjima, za istodobnu proizvodnju električne i toplinske energije [57], [58], [59], [60], [61] i [62]. Ovaj princip osigurava najučinkovitije iskorištavanje goriva – troši se 30% manje goriva nego u odvojenoj proizvodnji. No kod kogeneracijskih postrojenja dodatan izazov je zadovoljavanje trenutnih potreba potrošača kako za toplinskom tako i za električnom energijom, a ti zahtjevi ne moraju nužno pratiti jedan drugoga. Ako je kogeneracijsko postrojenje priključeno na elektroenergetsku mrežu, potrebe za električnom energijom mogu biti zadovoljene i iz mreže, pa ovaj problem nije toliko izražen. No u slučaju izoliranoga rada, upravo zahtjevi za električnom energijom određuju rad postrojenja – električna energija mora biti proizvedena u trenutku potražnje. Mali pomaci potražnje mogu se postići mjerama upravljanja potrošnjom (eng. *demand side management*) ili instaliranjem spremnika topline, što značajno poskupljuje izvedbu postrojenja, stoga kogeneracijska postrojenja u izoliranom radu moraju biti fleksibilna u svom toplinskom dijelu. Pomoćni kotlovi za pokrivanje vršne potražnje gotovo su obvezni. Dodatno, kogeneracijska postrojenja na biomasu moraju na odgovarajući način

riješiti i pitanja složenog rukovanja i skladištenja goriva.

U svijetu postoje brojni tipovi kogeneracijskih postrojenja. Odabir određenog tipa ovisit će o nekoliko čimbenika, poput veličine postrojenja, vrste goriva, potrebnoj temperaturi proizvedene topline itd. Za velika kogeneracijska postrojenja na biomasu tradicionalno se koriste postrojenja s parnim ciklusom [63], [64] i [65]. No često je povoljnija proizvodnja energije u manjim jedinicama, kako bi se iskoristila jeftina biomasa iz jednog ili više obližnjih izvora, čime se izbjegava složena organizacijska struktura prikupljanja biomase i dodatni troškovi transporta i skladištenja. Upravo su ovakvi zahtjevi karakteristični za izolirane regije s nikakvom ili vrlo lošom elektroenergetskom infrastrukturom. Za male kogeneracijske jedinice uspješno se mogu primijeniti neke nove tehnologije, poput mikrokogeneracija sa Stirlingovim motorom ili kogeneracija s organskim Rankineovim ciklusom (ORC) [51], [66], [67], [68] i [69].

Na temelju podataka iznesenih u uvodu ovoga rada može se zaključiti da korištenje obnovljivih izvora energije, kako u svijetu tako i u Hrvatskoj, zauzima sve veći udio u ukupnoj energetske bilanci. Postoji čitav niz potencijalnih ciljeva u energetske planiranju i zaštiti okoliša koji imaju pozitivne učinke u obliku povećanog korištenja biomase i ostalih obnovljivih izvora, kao što su [8], [70], [71] i [72]:

- smanjenje emisije stakleničkih plinova te troškova proizišlih iz globalnih i lokalnih učinaka onečišćenja
- smanjenje onečišćenja koje utječe na zdravlje ljudi iz konvencionalnih postrojenja za proizvodnju električne energije i pripadnih troškova liječenja
- povećanje prihoda lokalnih zajednica kroz lokalno zapošljavanje i izgradnju infrastrukture
- povećanje sigurnosti opskrbe kroz diversifikaciju izvora i proizvodnih lokacija
- poštovanje međunarodnih obveza i sporazuma.

Treba naglasiti da će ključni značaj za definiranje ciljeva korištenja obnovljivih izvora imati uravnoteženje pozitivnih i negativnih učinaka te izbor i donošenje strateške odluke između sljedećih "mogućnosti":

- povećanja cijena zbog punog uključivanja eksternih troškova u cijenu električne energije nasuprot želji za jeftinom energijom kao elementom bržega gospodarskog razvitka

- uvođenja sustava poticaja za korištenje obnovljivih izvora nasuprot ostalim "mogućnostima", poput obrazovanja ili zdravstva
- potencijalno jeftinijeg uvoza energije od lokalne proizvodnje iz obnovljivih izvora.

Uzimajući u obzir prethodno izneseno, na temelju prikazanih mjera postavlja se hipoteza: **Korištenje biomase kao obnovljivog izvora energije nije samo zahtjev EU, nego i ekonomski opravdan način ulaganja u proizvodnju električne i toplinske energije.**

S ciljem da se za Hrvatsku pronađu odgovori na neka od navedenih pitanja, potrebno je odrediti minimalan udio obnovljivih izvora koji se može ekonomski opravdati i za koji je uvođenje poticaja tek pravedna naknada za ekološke i ostale dobrobiti njihova korištenja. Proračun se provodi primjenom metode i modela usporedbe troškova i dobiti (engl. cost-benefit analysis).

Metodologija kojom se koristilo u radu za određivanje ekonomski opravdana udjela biomase u ukupnoj proizvodnji električne energije u Hrvatskoj sastoji se od sljedećih koraka. U prvom koraku određena je proizvodna krivulja obnovljivih izvora energije, a u ovom slučaju to je biomasa. Krivulja je dobivena svođenjem kapitalnih troškova te troškova održavanja i pogona na zajedničke troškove po proizvedenom kWh električne energije za svaki pojedini projekt. Dobivena krivulja dodatno se modificira, pri čemu se u obzir uzima činjenica da pojedini obnovljivi izvori nisu uvijek raspoloživi. Za slučaj kada se kao obnovljivi izvor koristi biomasa, kapacitivni penali zbog neraspoloživosti korištenja pojedinih obnovljivih izvora energije iznose nula.

U drugom koraku određeni su izbjegnuti eksterni troškovi (eksternalije) zbog zamjene konvencionalnih izvora obnovljivim izvorima energije. Ovi se eksterni troškovi dijele na lokalne i globalne, pri čemu su lokalni troškovi povezani sa štetnim utjecajem emisija lokalnog karaktera (SO_x, NO_x), a globalni s utjecajem koji emisija ugljičnog dioksida ima na globalnu promjenu klime [73], [74], [75], [76].

U trećem je koraku određen ekonomski opravdan udio biomase usporedbom s konvencionalnim elektranama. Dodavanjem lokalnih i globalnih troškova na proizvodnu cijenu električne energije iz fosilnih goriva te korištenjem proizvodne krivulje za postrojenja na biomasu dobivamo različite razine ekonomske učinkovitosti obnovljivih izvora.

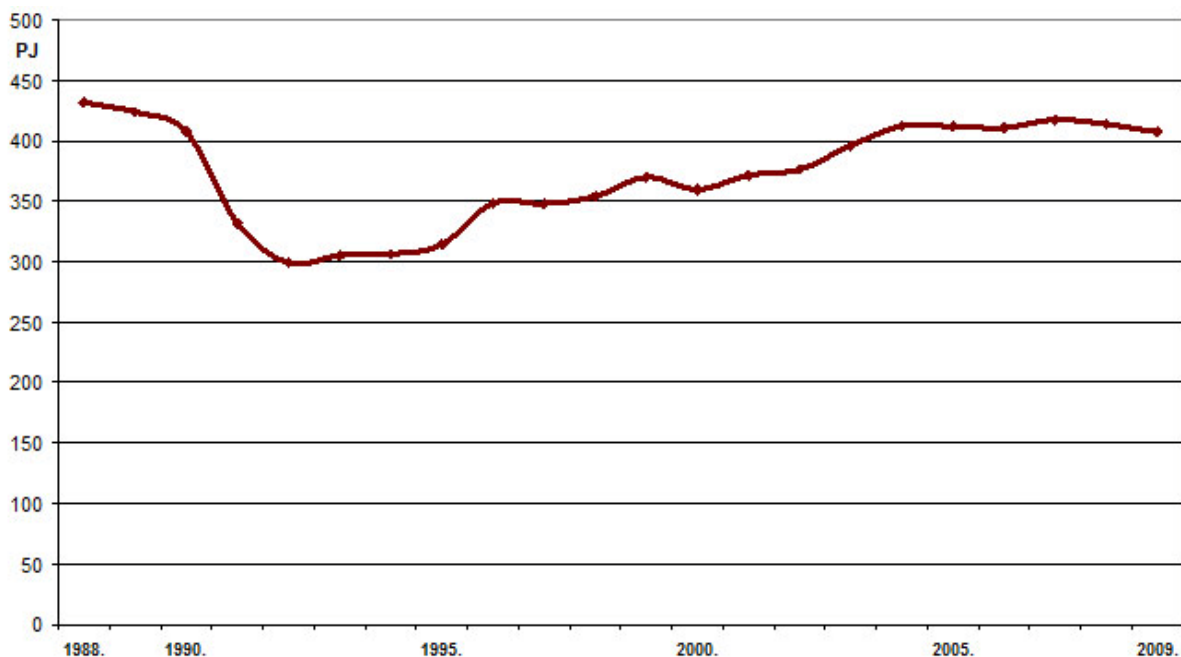
U prvom slučaju presjek proizvodne krivulje i vrijednosti proizvodne cijene električne energije iz fosilnih goriva predstavlja minimalnu razinu ekonomske učinkovitosti postrojenja biomase. Presjek proizvodne krivulje te proizvodne cijene električne energije iz fosilnih goriva na koju su dodani lokalni i globalni troškovi predstavlja gornju razinu ekonomske učinkovitosti postrojenja na biomasu.

Analiza je provedena za dva implementacijska scenarija. Implementacijski scenarij A s 19 različitih projekata i scenarij B sa 17 različitih projekata. Karakteristične točke, odnosno ekonomski opravdani udjeli za analizirana postrojenja u pojedinom scenariju, određivane su u ovisnosti o cijeni ugljena te cijeni CO₂ na tržištu. Analizirano je 6 različitih cijena CO₂ i 4 različite cijene ugljena. Za svaku situaciju određena je proizvodna krivulja te je iz tih krivulja određen udio ekonomski opravdanih projekata, pri čemu troškovi (lokalno + globalno) i broj projekata vezanih uz troškove (lokalno + globalno) nisu uzimani u obzir.

2. ENERGETSKA BILANCA REPUBLIKE HRVATSKE

Udio obnovljivih izvora u ukupnoj potrošnji energije iznosio je u 2006. godini oko 10%, ako se u računanju primijeni EUROSTAT metoda. Ukupna proizvodnja električne energije u Republici Hrvatskoj iznosila je u 2009. godini 11 945 GWh, pri čemu je iz obnovljivih izvora energije proizvedeno oko 51% [77]. U 2009. godini je proizvodnja električne energije iz obnovljivih izvora činila 1,4% ukupne proizvodnje, uz izuzetak velikih hidroelektrana [77].

Na *Slici 3* prikazan je razvoj ukupne potrošnje energije u proteklom razdoblju. Ukupna potrošnja energije u 2009. godini je u odnosu na prethodnu godinu minimalno smanjena za 1,6% [77]. U razdoblju od 2004. do 2009. godine ukupna potrošnja energije se smanjivala s prosječnom godišnjom stopom od 0,3%. Od 1992. godine, kada je u Hrvatskoj ostvarena minimalna ukupna potrošnja energije, do 2009. godine se povećavala s prosječnom godišnjom stopom od 1,8% [77].



Slika 3. Ukupna potrošnja energije u Hrvatskoj [77]

Proizvodnja primarne energije u proteklih šest godina prikazana je u *Tablici 1*. Na *Slici 4* prikazan je razvoj proizvodnje primarne energije od 1988. godine kao i predviđanje proizvodnje do 2030. godine iz strategije energetskog razvitka. U budućnosti se očekuje postupno smanjivanje proizvodnje fosilnih goriva i porast proizvodnje obnovljivih izvora, koji bi u daljoj budućnosti trebali imati sve značajniju ulogu. U 2009. godini proizvodnja primarne

energije u Hrvatskoj je povećana za 7,1%. Povećana je proizvodnja ogrjevnog drva i obnovljivih izvora energije (energija vjetra i deponijski plin), dok je proizvodnja sirove nafte i prirodnog plina smanjena. Porast proizvodnje ogrjevnog drva iznosio je 5,6% [77]. Veoma veliko povećanje za 29,8% ostvareno je u korištenju obnovljivih izvora energije, energije vjetra i deponijskog plina, unatoč tome što je riječ o relativno malim količinama energije.

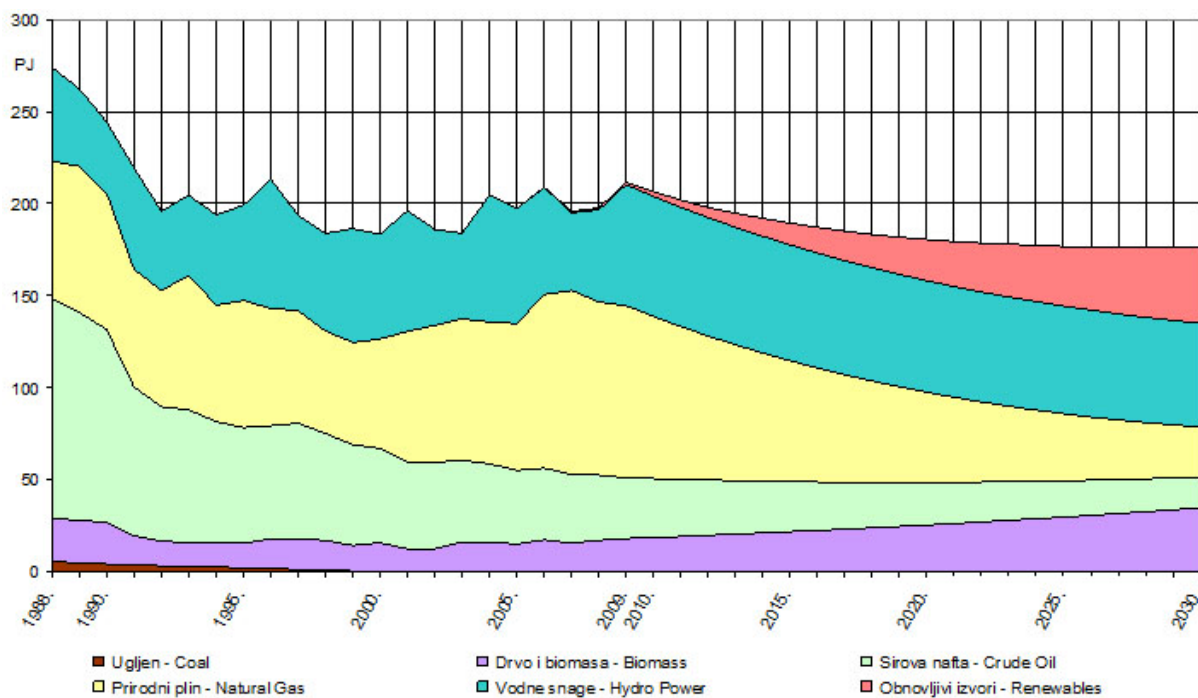
Tablica 1. Proizvodnja primarne energije [77]

	2004.	2005.	2006.	2007.	2008.	2009.	2009./08. 2004.-09.	
	PJ						%	
Ogrjevno drvo <i>Fuel Wood</i>	16,09	14,96	17,38	15,42	17,01	17,97	5,6	2,2
Sirova nafta <i>Crude Oil</i>	42,44	40,11	38,90	37,27	35,42	33,07	-6,6	-4,9
Prirodni plin <i>Natural Gas</i>	77,08	79,76	94,27	100,12	94,05	93,50	-0,6	3,9
Vodne snage <i>Hydro Power</i>	69,00	62,40	58,18	42,21	50,19	6,77	31,0	-1,0
Obnovljivi izvori <i>Renewables</i>	0,02	0,20	0,24	0,84	1,3	1,34	29,8	132,8
UKUPNO TOTAL	204,62	197,42	208,96	195,87	197,70	211,64	7,1	0,7

U šestogodišnjem razdoblju, koje je prikazano u tablici, proizvodnja primarne energije u Hrvatskoj povećavala se s prosječnom godišnjom stopom od 0,7%. U tome je razdoblju ostvaren porast proizvodnje prirodnog plina i ogrjevnog drva, dok su proizvodnja sirove nafte i korištenje vodnih snaga zabilježili smanjenje. Proizvodnja prirodnog plina povećavala se s prosječnom godišnjom stopom od 3,9%, odnosno proizvodnja ogrjevnog drva s prosječnom godišnjom stopom od 2,2%. Proizvodnja sirove nafte zabilježila je smanjenje, čija je prosječna godišnja stopa iznosila 4,9%. Hidrološke prilike u promatranom razdoblju bile su takve da je u njihovu korištenju ostvareno smanjenje s prosječnom godišnjom stopom od 1%.

Na *Slici 4.* prikazani su udjeli pojedinih oblika energije u ukupnoj proizvodnji primarne energije za dvije karakteristične godine proteklog razdoblja i za 2030. godinu. U razdoblju od 2001. do 2006. godine značajno je povećan udio prirodnog plina, s 36% na 45,2%. Također je povećan udio ogrjevnog drva koje je u 2006. godini sudjelovalo s 8,2%. Udio vodnih snaga varirao je ovisno o hidrološkim prilikama te se od 33,4% u 2001. godini smanjio na 27,9% u 2006. godini. Također se postupno smanjivao udio proizvedene sirove nafte koja je u 2006. godini sudjelovala sa 18,6%. Obnovljivi izvori energije (energija vjetra i deponijski plin)

sudjelovali su samo s 0,11 % u 2006. godini [77]. U razdoblju do 2030. godine udio fosilnih goriva postupno će se smanjivati tako da će prirodni plin i sirova nafta zajedno sudjelovati s približno 25%. Preostale tri četvrtine proizvodnje primarne energije činit će obnovljivi izvori energije, pri čemu će udio vodnih snaga iznositi oko 32%, udio ogrjevnog drva i biomase 19,6%, a udio ostalih obnovljivih izvora 23,6%.



Slika 4. Proizvodnja primarne energije [77]

Struktura oblika energije u ukupnoj potrošnji u proteklom šestogodišnjem razdoblju prikazana je u *Tablici 2*. Na *Slici 5* prikazan je razvoj ukupne potrošnje energije u proteklom osamnaestogodišnjem razdoblju, kao i predviđeni razvoj potrošnje u budućnosti prema energetske strategiji. U odnosu na prethodnu godinu, ukupna potrošnja energije u 2009. godini bila je manja za 1,6%. Smanjena je potrošnja ugljena i koksa, prirodnog plina i električne energije. Povećana je potrošnja obnovljivih izvora, ogrjevnog drva i vodne snage. Izraženo u postocima, najveće je povećanje od 47,4% ostvareno u potrošnji obnovljivih izvora energije, ali je tu riječ o maloj količini energije. Potrošnja tekućih goriva smanjena je za 1,2%, a potrošnja ogrjevnog drva povećana je za 4,5%. Hidrološke prilike u 2009. godini bile su takve da je energija vodnih snaga povećana za 31% u odnosu na prethodnu godinu.

U razdoblju od 2004. do 2009. godine ukupna se potrošnja energije smanjila s prosječnom godišnjom stopom od 0,3%. Samo je u korištenju električne energije ostvarena pozitivna

stopa od 9,2%, dok je u potrošnji svih ostalih oblika energije zabilježen pad. Potrošnja ogrjevnog drva smanjena je s prosječnom godišnjom stopom od 2,2%, a prosječna godišnja stopa potrošnje tekućih goriva smanjena je za 0,2% [77].

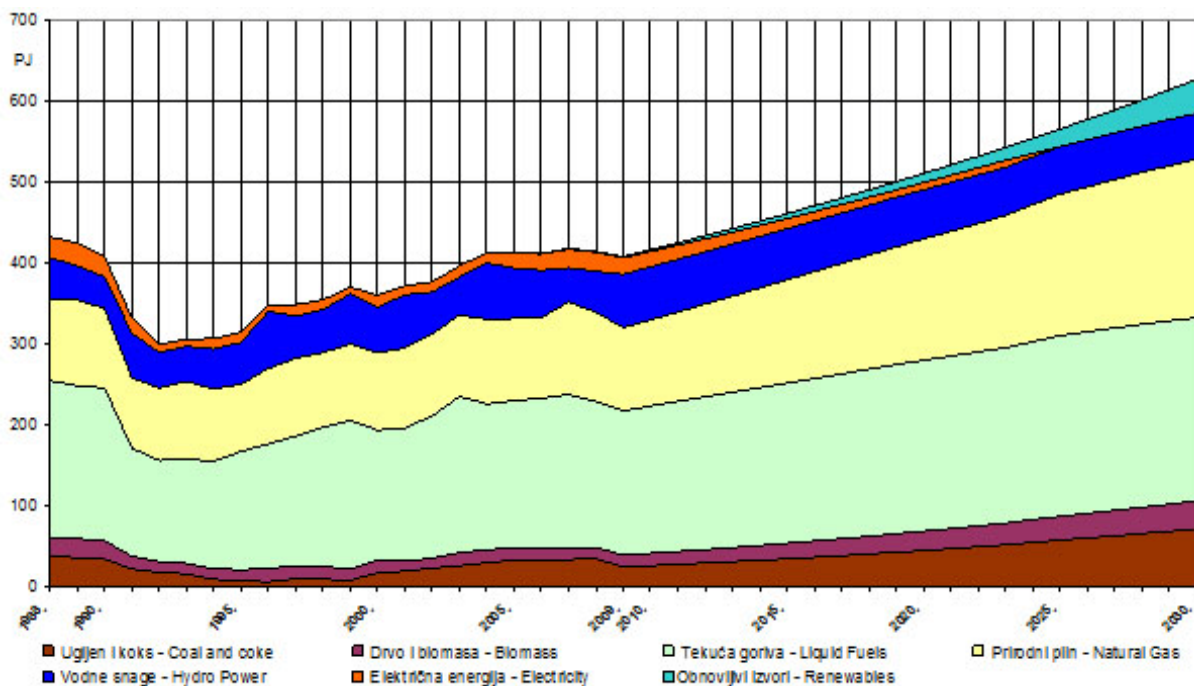
Tablica 2. Ukupna potrošnja energije [77]

	2004.	2005.	2006.	2007.	2008.	2009.	2009./08.	2004.-09.
	PJ						%	
Ugljen i koks <i>Coal and coke</i>	29,70	32,95	31,61	33,74	34,65	24,66	-28,8	-3,6
Drvo i biomasa <i>Biomass</i>	16,09	14,96	15,48	13,62	13,80	14,42	4,5	-2,2
Tekuća goriva <i>Liquid Fuels</i>	179,62	181,88	185,15	189,70	180,15	178,04	-1,2	-0,2
Prirodni plin <i>Natural Gas</i>	104,66	101,06	99,86	114,22	110,22	102,15	-7,3	-0,5
Vodne snage <i>Hydro Power</i>	69,00	62,40	58,18	42,21	50,19	65,77	31,0	-1,0
Električna energija <i>Electricity</i>	13,19	18,41	20,24	22,90	23,68	20,46	-13,6	9,2
Obnovljivi izvori <i>Renewables</i>	0	0	0,24	0,82	0,97	1,43	47,4	
UKUPNO TOTAL	412,27	411,85	410,76	417,21	413,66	406,92	-1,6	-0,3

Iskorištavanje energije šumske biomase (uglavnom u obliku ogrjevnog drva i drvnog ostatka iz drvnoprerađivačke industrije) u Hrvatskoj ima dugu tradiciju, pa se tako još 1960. godine iz biomase zadovoljavala gotovo četvrtina ukupnih potreba za energijom. Danas Hrvatska, ponajprije zbog tzv. netehničkih prepreka pod kojima podrazumijevamo nerazvijenost tržišta za energiju iz biomase te nedostatak svijesti o prednostima proizvodnje energije iz biomase, korištenjem biomase pokriva samo mali dio svojih potreba za energijom, ostavljajući tako neiskorišten znatan prirodni potencijal koji posjeduje [78], [79].

Trenutačno je u Hrvatskoj u pogonu više suvremenih kotlovnica na drveni ostatak u različitim tvrtkama drvnoprerađivačke industrije, jedna kotlovnica na šumsku biomasu na grijanje te jedno kogeneracijsko postrojenje na biomasu. No u prošlosti je u sklopu pogona drvne industrije uspješno radilo nekoliko kogeneracijskih postrojenja, a brojni projekti kogeneracije i područnoga grijanja na šumsku biomasu su u pripremi. S obzirom na trendove u razvijenim zemljama te na očite prednosti takvih postrojenja (znatno veća energetska učinkovitost, manje zagađenje po jedinici proizvedene energije i sl.), od kogeneracijskih se postrojenja (podjednako industrijskih i komunalnih) očekuje najveći doprinos pri budućoj proizvodnji energije iz biomase u Hrvatskoj.

Ovakva očekivanja potpuno su u skladu i s europskim trendovima. U tom je smislu posebno važno istaknuti priopćenje Europske komisije iz 26. svibnja 2004. godine o stanju i udjelu obnovljivih izvora energije u zemljama članicama EU, u kojemu se navodi kako će za ispunjenje cilja zacrtanog u Bijeloj knjizi o obnovljivim izvorima energije biti potrebna znatno aktivnija politika vezana uz obnovljive izvore energije u toplinarstvu, gdje se od biomase očekuje daleko najveći doprinos [80]. U priopćenju se također navodi da će Europska komisija, ako bude potrebno, predložiti zakonsku regulativu o obveznom udjelu obnovljivih izvora energije u proizvodnji topline.



Slika 5. Ukupna potrošnja energije u Hrvatskoj [77]

Može se primijetiti da Hrvatska već sada ima znatan udio obnovljivih izvora energije u ukupnoj energetske bilanci, ponajprije zbog znatnog korištenja energije iz hidroelektrana. Imajući u vidu relativnu ograničenost naših vodotoka, kogeneracija na šumske biomase dobiva dodatno na značenju. Za buduću proizvodnju električne energije iz šumske biomase u Hrvatskoj moguće je predvidjeti nekoliko scenarija razvitka, a ukupan potencijal 30-ak identificiranih projekata za proizvodnju električne energije, bilo u elektranama ili u energanama na biomasi (kogeneracija), procijenjen je na oko 1 TWh/god. Slično ostalim obnovljivim izvorima, kao rezultat poduzetničke inicijative, električnu energiju iz kogeneracije na biomasi mogu proizvoditi nezavisni proizvođači. Sve to upućuje na značenje ove tehnologije u budućem razvitku elektroenergetskog sustava i razvitku energetske tržišta u Hrvatskoj.

3. PROIZVODNJA TOPLINSKE ENERGIJE IZ BIOMASE I NJEZIN POTENCIJAL

Kao što je pokazao program BIOEN, proizvodnjom energije iz biomase i otpada moglo bi se do 2020. godine osigurati barem 15% ukupne potrošnje primarne energije, za što Republika Hrvatska, po uzoru na Austriju, Finsku i Dansku, ima realne mogućnosti [81]. Taj bi se cilj trebao ostvariti korištenjem šumske biomase za proizvodnju toplinske energije, kao što je slučaj i u navedenim europskim zemljama.

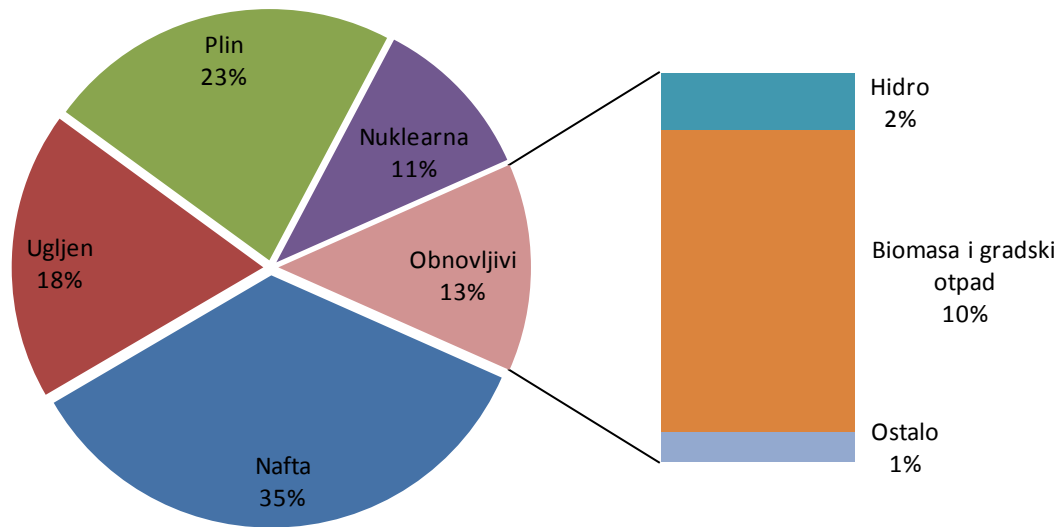
U Hrvatskoj postoji duga tradicija i navika korištenja biomase, posebno ogrjevnog drva i ostatka iz drvnoprerađivačke industrije. Za povećanu proizvodnju toplinske energije iz šumske biomase uvjeti su veoma povoljni, a načini iskorištavanja i tehnologija su poznati i dokazani. Budući da je najčešće riječ o malim postrojenjima, vrijeme potrebno za izgradnju i puštanje u pogon veoma je kratko. U posljednje je vrijeme poraslo zanimanje za ovaj izvor energije, i to podjednako za suvremene izvedbe peći na šumsku biomasu u individualnim kućama (cjepanice, iverje, peleti i briketi) i za sustave područnoga grijanja na šumsku biomasu za manja naselja.

Postrojenja za proizvodnju toplinske energije iz šumske biomase predstavljaju najznačajniji obnovljivi izvor energije na području EU, po udjelu veći čak i od velikih hidroelektrana (*Slika 6*). U sklopu ovog sektora posebno treba razlikovati:

- individualno grijanje malim pećima u kućanstvima
- mikromreže za područno grijanje
- industrijske kotlovnice (uglavnom za dobivanje procesne topline)
- područno grijanje uz proizvodnju električne energije ili bez nje.

Načini proizvodnje i korištenja toplinske energije ovise o raspoloživim količinama šumske biomase, karakteru potrošnje toplinske energije, udaljenostima za transport, navikama stanovništva, tradiciji i sl. Tako u skandinavskim zemljama prevladavaju veliki sustavi – npr. u Švedskoj je instalirano gotovo 500 sustava područnoga grijanja na šumsku biomasu snage preko 5 MW, dok se u Austriji u preko 500.000 individualnih domaćinstava koristi šumska biomasa za grijanje u malim pećima ili sustavima centralnoga grijanja, a krajem 2001. u pogonu je bilo i 694 postrojenja za područno grijanje pojedinačne snage do 5 MW, odnosno

ukupne instalirane snage od 822 MW.



Slika 6. Udio energenata u ukupnoj svjetskoj potrošnji energije (TPES) za 2008. godinu (OECD, 2010) [84].

3.1 Potencijal i mogućnosti korištenja biomase u proizvodnji bioenergije u Republici Hrvatskoj

Republika Hrvatska je jedna od najšumovitijih zemalja u Europi. Sa svojih 43% kopna obraslog šumom znatno je iznad europskoga prosjeka od 28% i svjetskoga od 29,5%. Po glavi stanovnika od 0,52 ha šume, također je znatno iznad europskoga prosjeka od 0,34 ha [79]. Prema postojećem Zakonu o šumama, u Hrvatskoj najvećim dijelom šumom i šumskim zemljištem gospodare "Hrvatske šume" d.o.o. (1 945 998 ha ili 79%), manjim dijelom privatni posjednici (458 342 ha ili 19%), dok ostale ustanove i poduzeća upravljaju samo sa 63 308 ha ili 2% [83].

Ovo je važna činjenica za buduće sustavno korištenje sitnoga industrijskog drva u proizvodnji celuloze. Moguća denacionalizacija šuma tek u manjoj mjeri može promijeniti ove postotke. Naime, prije Drugoga svjetskog rata bilo je 24,3% privatnih šuma, tek 5% više negoli danas. Pitanje prve nacionalizacije dvadesetih godina općinskih i seoskih šuma, šuma zemljišnih zajednica, imovnih šuma, crkvenih šuma i ostalih šumoposjednika ostaje sporno zbog mnogih razloga.

Iako je Hrvatska zemlja bogate tradicije u preradi drva, svjedoci smo da hrvatska industrijska prerada drva naočigled propada dok raste izvoz trupaca i piljenice, a također i prostornoga drva. U novije se vrijeme zbog svjetske politike zaštite okoliša stvaraju novčani fondovi kojima će se poticati uporaba drva za pridobivanje energije, što bi za nas moglo predstavljati dodatnu opasnost za povećanje izvoza drvne sirovine u zemlje s navedenim poticajima. Hrvatska je davnih 60-ih godina proizvodila 800 000 m³ celuloznoga drva, oko 500 000 m³ ostaloga industrijskog drva te oko 1 000 000 m³ ogrjeva, dok se danas posiječe svega 1 500 000 m³ prostornoga drva [84].

Potencijal obnovljivih izvora energije u Hrvatskoj može se promotriti kroz:

- prirodni potencijal obnovljivih izvora energije kao teoretski raspoloživi potencijal, koji je u Hrvatskoj višestruko veći (700 puta) od potrošnje ukupne primarne energije
- tehnički potencijal obnovljivih izvora energije kao dio proizvodnog potencijala, koji se može koristiti raspoloživim tehnologijama uz prostorna i okolišna ograničenja. Tehnički potencijal u Hrvatskoj višestruko je veći (80 puta) od potrošnje ukupne primarne energije, a oko 3,5 puta od neposredne potrošnje energije
- ekonomski potencijal obnovljivih izvora energije koji je dio tehničkog potencijala, koji se u vrijeme procjenjivanja najviše isplati za društvo u cjelini (makroekonomski pristup). Razvojem tehnologija obnovljivih izvora energije i cijena fosilnih energenata raste ekonomski potencijal obnovljivih izvora energije. Na temelju Registra projekata i postrojenja za korištenje obnovljivih izvora energije i kogeneracije te povlaštenih proizvođača (Registar OIEKPP), kao jedinstvene evidencije o projektima obnovljivih izvora energije i kogeneracije, postrojenjima koja se koriste obnovljivim izvorima energije, odnosno kogeneracijskim postrojenjima te povlaštenim proizvođačima na području Republike Hrvatske, u razdoblju do polovice 2010. godine, upisano je više od 300 elektrana koje se koriste obnovljivim izvorima energije, ukupne snage od preko 6000 MW, što premašuje instaliranu snagu proizvodnih elektroenergetskih kapaciteta u Hrvatskoj (oko 4000 MW).

3.2 Razdioba i iskazi veličina šumskoga zemljišta

Za spoznavanje mogućega korištenja šumske biomase kao nositelja energije, važno je poznavanje ploština ili drvne zalihe šuma i šumskoga zemljišta. Zakon o šumama zemljište kao širi pojam

određuje kao zemljište na kojem se uzgaja šuma ili koje je zbog svojih prirodnih svojstava i uvjeta gospodarenja predviđeno kao najpovoljnije za uzgajanje šuma. Iz ove zakonske odredbe proizlazi dioba šumskoga zemljišta na pošumljeno i nepošumljeno. Neobraslo se šumsko zemljište dalje dijeli, prema mjerilu plodnosti i obraslosti, na neplodno i plodno, a ovo posljednje na neobraslo proizvodno i neobraslo neproizvodno. S gledišta vlasništva, u Republici Hrvatskoj šume i šumsko zemljište su u državnom, privatnom i ostalom vlasništvu, u slučajevima u kojima šumom gospodari koja ustanova i sl. (nacionalni parkovi, nastavno-pokusni objekti i dr.). Prema vrsti drveća razlikuju se listopadne i crnogorične šume te mješovite šume. Načinom gospodarenja razlikuju se visoke regularne (jednodobne) i preborne (raznodobne) šume. Katkad je za energijsku biomasu značajna podjela obrasloga šumskog zemljišta prema uzgojnim oblicima, npr. šume sjemenjače, panjače, makija, garig, šikara, kulture i plantaže, a u svijetu postoje i energetske šume.

Sa svojih 43% šumskoga zemljišta u ukupnoj državnoj ploštini, u usporedbi s ostalim zemljama i regijama Europe, Hrvatska pripada među zemlje sa značajnim šumskim zemljištem koje, među ostalim, jamči i izglednost većeg iskorištenja i udjela šumske biomase u ukupnoj energetske bilanci. Ovo je važna činjenica za buduće sustavno korištenje biomase kao energenta zbog mogućeg uvođenja tehnike i tehnologije, stvaranja tržišta drva nositelja energije i sl. Za moguće pridobivanje šumske biomase važna je obraslost šumskoga zemljišta. U *Tablici 3* prikazane su, prema vrsti vlasništva nad takvim zemljištem, ploštine i udjeli skupina obraslosti.

Tablica 3. Skupine obraslosti šumskoga zemljišta za tri vrste vlasništva nad njima [84]

Kategorija obraslosti		Vlasništvo						UKUPNO	
		"Hrvatske šume"		Ostala poduzeća		Privatno			
		ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
Šumom obraslo		1.592.869	79,99	31.286	90	454.134	98,48	2.078.289	83,61
Neob. Zemlj.	Proiz.	323.130	16,22	1.221	3,73	6.974	1,51	331.334	13,33
	Nepro.	14.490	0,73	107	0,32	20	~ 0	14.618	0,59
Neplodno zemljište		61.048	3,06	314	0,95	8	~ 0	61.370	2,47
Ukupno		1.991.537	100	32.928	100	461.136	100	2.485.611	100

3.3 Etat

Općenito se drvnu masu ili površinu koja je uređajnim elaboratima predviđena za sječū u jednoj godini naziva godišnjim etatom [85]. On se u jednodobnim (visokim regularnim) šumama sastoji od etata glavnog prihoda (realizira se u sastojinama zrelim za sječū, tj. u onima koje su dosegule ophodnju) i etata prorijeda ili prethodnoga prihoda (realizira se u mlađim, srednjodobnim i približno zrelim sastojinama, tj. u onima koje se njeguju prorjeđivanjem). U normalnim prebornim šumama etat je jednak prirastu.

Etatom se propisuje količina koju u određenoj šumi u određenu vremenu treba posjeći. Etat ovisi o tri čimbenika:

- površini
- volumenu drveta koje treba posjeći
- o šumarskoj politici koja može zahtijevati veću ili manju drvnu zalihu i šumovitost te dulju ili kraću ophodnju (proizvodni ciklus!).

Temeljno načelo hrvatskoga šumarstva, već gotovo 250 godina, je načelo potrajnosti gospodarenja koje suvremena svjetska makroekonomija otkriva tek krajem prošloga stoljeća i imenuje održivi razvoj. Šumarska struka planiranjem gospodarenja uspijeva postići potrajnost tako da:

- propisuje optimalnu ophodnju (proizvodni ciklus od sjemenke do zrele šume)
- na temelju ophodnje koja se razdjeljuje u dobne razrede (najčešće po 20 godina) i ukupne površine šume, računa se površinski etat, tj. normalni (ujednačeni površinski razmjer dobnih razreda, koji pak jamči da će se u prostoru stalno (vječno) moći sjeći podjednaka obrasla površina
- na temelju stručno izmjerene drvne zalihe i prirasta šuma računa se etat tako da nikada ne bude veći od prirasta, što je drugi jamac potrajnosti.

“Hrvatske šume” d.o.o. su prema Pravilniku za uređivanje šuma 1996. godine donijele šumsko-gospodarsku osnovu za jedinstveno područje cijele Hrvatske u kojoj je prikazan ukupni godišnji tečajni prirast u iznosu od 9,6 mil. m³. Po istoj osnovi je dopušteno sjeći oko 5,3 mil. m³, što iznosi svega 1,6% postojeće drvne zalihe, a svega 55% od prirasta. U državnim šumama kojima gospodare "Hrvatske šume" d.o.o. tako propisani godišnji bruto etat iznosi 4,9 mil. m³ i to sljedeće sortimentne strukture [85]:

- Tehničko drvo 2,14 mil. m³ ili 43%
- Prostorno drvo 2,08 mil. m³ ili 42%
- Otpad 0,70 mil. m³ ili 15%

No niti ovako nisko propisani etat se ne provodi. Radi boljega uvida u mogućnosti etata u Hrvatskoj i ostalim zemljama Europe poslužiti ćemo se starijom definicijom etata iz FAO publikacije. U toj se publikaciji godišnjim etatom smatra drvena masa koja se može u godini posjeći na temelju nacionalne šumarske politike zasnovane na očuvanju odgovarajuće drvne zalihe potrebne za postizanje određene razine prirasta. U *Tablici 4.* prikazan je etat hrvatskih šuma za tri razdoblja po vrstama vlasništva.

Tablica 4. Etat hrvatskih šuma, po vrstama vlasništva [86]

Vrsta vlasništva	R a z d o b l j a			
	P r i h o d, m ³	1986. – 1995.	1996. - 2005.	2006. – 2025.
"Hrvatske šume", d.o.o Zagreb (1)	Glavni	19.537.913	18.418.000	32.186.000
	Prehodni	15.269.569	16.334.000	31.527.000
	Preborni	13.346.681	13.700.000	26.600.000
	Ukupno (1)	48.154.163	48.452.000	90.313.000
Ostale državne organizacije (2)	Glavni	293.499	343.706	700.000
	Prehodni	130.448	142.997	280.000
	Preborni	750.286	895.019	1.800.000
	Ukupno (2)	1.174.233	1.381.722	2.780.000
Privatne šume (3)	Glavni	2.606.157	4.579.124	9.000.000
	Prehodni	2.539.280	2.079.300	5.000.000
	Preborni	685.493	688.124	1.400.000
	Ukupno (3)	5.830.930	7.346.548	15.400.000
UKUPNO	Glavni	22.437.569	23.340.830	41.886.000
	Prehodni	17.939.297	18.556.297	36.806.000
	Preborni	14.782.460	15.283.143	29.800.000
	Sveukupno	55.159.326	57.180.270	108.492.000

Ukupni godišnji etat u prvome razdoblju iznosio je 5,5 milijuna m³, a u drugome je predviđen 5,7 milijuna m³, što znači neznatno povećanje oko 1%. Usporedi li se etat s prirastom, proizlazi da je predviđena sječa oko 64% prirasta, što je prihvatljivo.

U *Tablici 5* prikazano je predviđeno ostvarenje prosječnoga godišnjeg mogućeg etata u državnim šumama za razdoblje 1996. - 2025., temeljeno na podacima iz Programa razvoja za državne šume kojima gospodari poduzeće "Hrvatske šume" d.o.o. Zagreb te dosadašnjim spoznajama o udjelu pojedinih grupa sortimenata.

Tablica 5. Predviđeno ostvarenje prosječnoga godišnjeg mogućeg etata [85] i [86]

Razdoblje	Oblo tehničko drvo	Prostorno drvo		Ukupno	Sveukupno
		za energiju (m ³)	za industriju (m ³)		
1996.-2025.	79.522.690	37.110.588	15.904.538	53.015.126	132.537.816
Godišnji prosjek	2.650.756	1.237.020	530.151	1.767.171	4.417.927
%	60	28	12	40	100

Iskazi se temelje na podacima raspoloživima za državne i privatne šume čije gospodarske osnove izrađuju uređivači "Hrvatskih šuma" d.o.o. Moguće je očekivati da će se u Hrvatskoj ostvariti etat od oko 4,4 milijuna m³ krupnog drva godišnje. Od te će količine oko 60% otpadati na tehničko oblo drvo, a oko 40% na prostorno drvo. Zadrži li se sadašnji odnos energijskog drva i drva za industrijsku obradu i preradu, iz redovnih se sječa očekuje godišnje oko 1,2 milijuna m³ drva za ogrjev i oko 0,5 milijuna m³ industrijskog drva.

3.4 Mogući prinos biomase

Za ocjenu mogućega prinosa biomase potrebno je poznavanje drvene zalihe i njezina udjela po vrstama drveća, dobnim razredima, debljinskim razredima, prirastu, etatu i sličnim pokazateljima. Bukva je najzastupljenija vrsta s $117\,676 \times 10^6 \text{ m}^3$ (36,3 %), dok hrastovi čine malo više od četvrtine drvene zalihe [86]. U ukupnoj drvnoj zalihi nije uračunata ona ispod taksacijske granice od 10 cm, kao ni drvo promjera manjega od 7 cm. U zalihi nije pribrojena biomasa većine šikara, šibljaka, makije i ostalih degradacijskih oblika. Ta se ukupna neuračunata drvena zaliha procjenjuje na oko 20 milijuna m³. Njezin znatan dio čini moguć prinos biomase kao primarnoga nositelja energije.

Ukupan prirast šuma u Hrvatskoj iznosi oko 9,6 milijuna m³ (2,96%). Povećanje prirasta raznim mjerama realna je mogućnost povećanja raspoložive biomase za energijske potrebe. Dio drvene zalihe predviđen za sječu, tzv. etat, za razdoblje 1996.-2035. prikazan je u *Tablici 6* odvojeno prema prihodu za sve vlasnike. Moguće je očekivati da će se u Hrvatskoj u prvom polurazdoblju ostvariti etat od oko 5 354 000 m³ krupnoga drva u godini.

Tablica 6. Prosječni mogući etat hrvatskih šuma prema prihodu za polurazdoblja [86].

Prihod	Prosječni mogući etat za razdoblja, m ³		
	1996. – 2005.	2006. – 2015.	2016. – 2035.
Glavni	22.082.122	24.961.210	69.274.365
Prethodni	16.860.187	16.001.623	27.777.325
Preborni	14.597.867	16.156.318	31.984.340
Ukupno	53.540.176	57.119.151	129.016.030
Godišnji prosjek, m ³ /god	5.354.018	5.711.915	6.450.802

U razdoblju 1998.-2000. prosječno je izrađeno 3,29 milijuna m³/a drvnih sortimenata u državnim šumama, od čega je 52,59 % tehničkih sortimenata i 47,41 % prostornoga drva [84]. U *Tablici 7.* dan je ostvareni etat i po godinama za tehničke sortimente i dvije vrste prostornoga drva.

Tablica 7. Godišnji ostvareni etat državnih šuma u Hrvatskoj za razdoblje 1998.-2000., s iskazom i prosječnih godišnjih količina i postotnih udjela [87]

Godina	Oblo tehničko drvo	Prostorno drvo			Cjelokupno
		za energiju	za industriju	ukupno	
m ³					
1998	1.637.525	686.072	748.086	1.434.158	3.071.683
1999	1.731.936	757.691	713.666	1.471.357	3.203.293
2000	1.818.541	641.211	1.130.272	1.771.483	3.590.024
Cjelokupno	5.188.002	2.084.974	2.592.024	4.676.998	9.865.000
Godišnji prosjek	1.729.334	694.991	864.008	1.558.999	3.288.333
%	52,59	21,14	26,27	47,41	100

Na osnovi godišnjega ostvaraja etata državnih šuma u Hrvatskoj za razdoblje 1998.–2000. i raščlambe udjela tehničkih sortimenata te dviju vrsta prostornoga drva, moguće je odrediti udio fitotvari za energijske potrebe (*Tablica 8*). Dio drva pri pilanskoj obradbi, proizvodnji furnira, izradbi dijela namještaja i sl. ostaje kao otpadak - ostatak za energijske potrebe. Pretvorbom ostatka u toplinsku ili neku drugu energiju povećava se iskoristivost drva za energijske potrebe. Procjena pridobivanja drva kao primarnoga odnosno sekundarnoga nositelja energije temelji se na prosječnim fizikalnim svojstvima drva, odnosno udjela

sastavnica drveća, odvojeno za crnogorično i bjelogorično drvo. U pilanskoj obradbi od 1 m³ piljenica ostatak u četinjača iznosi 30% (15% piljevina, 15% odresci), a u listača 35% (20% piljevina, 15% odresci). Pri izradi furnira ukupni ostatak iznosi 20% [88], dok su količine sitne granjevine s lišćem, odnosno iglicama, te vrhovima koji nakon sječe stabla ostaju u šumi 20% do 25% biomase stabla [81] i [88]. Udio ostatka pri sječi i izradi te privlačenju drva, iskazan prema ukupnome obujmu stabla, ponajprije ovisi o starosti sastojine, omjeru tehničkoga i prostornoga drva, debljini kore i načinu izrade.

Tablica 8. Raspoloživi godišnji udjeli biomase dobiven pri preradi obloga tehničkoga drva i prostornoga drva za energiju

Godina	Raspoloživa fitotvar za energijsku pretvorbu od				Ukupno
	furnirskih trupaca	ostalih trupaca		prostornoga drva za energiju	
		listača	četinjača		
	m ³				
1998	34.278	419.983	63.527	686.072	1.203.860
1999	41.747	439.850	66.532	757.691	1.305.820
2000	43.523	466.295	70.532	641.211	1.221.561

Ostatak pri sječi i izradi čine neuporabljivi dijelovi krupnoga drva, ali i "gubitka" dijela obujma zbog propisanoga načina mjerenja šumskih proizvoda (zaokruživanje izmjera i sl.). Oštećenja trupaca drva uzrokuju radna sredstva na sječini i stovarištu trupaca, a nastaju i zbog načina rada, (ne)izobraženosti radnika i dr. Ovoj skupini pripadaju raspukline, gubitak na panju, oštećenja od skidera daske, gnječenje trupaca, oštećenja čeličnim užetom, razne ozljede drva, puknuća i ostala oštećenja.

Budući da se oplodni i dovršni sijek listopadnoga drveća pretežno obavlja u vrijeme vegetacijskoga mirovanja, ova se fitotvar odnosi na sitnu granjevinu, koja se razlikuje od vrste do vrste drveća, ali se mijenja i sa starošću i visinom stabla. Uz prosječno 20% sitne granjevine u odnosu na krupno drvo, u 2000. godini na sječini je ostalo oko 718 000 m³ granjevine od koje se barem dio može uključiti u proizvodnju energenata [86].

Izračunu ukupnoga energijskog potencijala otpada i prostornoga drva za energiju treba dodati i biomasu dobivenu u šumama posebne namjene, šumama zahvaćenim vatrom i sl. Nažalost, šumski su požari česta pojava u šumama i na šumskome zemljištu Republike Hrvatske. U strukturi prosječno opožarenih 10 000 ha godišnje, najzastupljenije su šumsko zemljište i niske šume, posebno panjače, makija, šikare i garizi. Prosječna količina oštećene ili nagorene drvne mase iznosi oko 70 000 m³ godišnje [87].

Dodatnim ulaganjem u degradirane šume može se iz šikara, šibljaka, makije i sl. na oko 330 000 ha samo uzgojnim zahvatima na 30% navedene ploštine ostvariti prirast oko 5 do 8 m³/ha godišnje, što bi godišnji prirast povećalo za oko 643 000 m³. Iako se navedene vrijednosti temelje na procjeni, mogu poslužiti kao putokaz za vrednovanje biomase kao izvora energije u Republici Hrvatskoj.

Procjenjuje se da bi se ulaganjima na podizanju novih šuma i povećanju proizvodnosti i kakvoće degradiranih šuma godišnje moglo pridobiti oko 2 043 000 m³ biomase za energetske potrebe. Na osnovi predviđanja ostvarenog prosječnoga godišnjeg etata od 4 417 927 m³ u državnim šumama do 2025. godine, temeljeno na podacima iz Programa razvoja za državne šume kojima gospodari javno poduzeće "Hrvatske šume" d.o.o Zagreb, te posljednjim spoznajama o udjelu pojedinih grupa sortimenata navedenih u *Tablici 6* i *Tablici 7*, dana je prognoza potencijala fitotvari za energetsku pretvorbu (*Tablica 9*).

Ukupni energetske potencijal šumske biomase u Republici Hrvatskoj dobiven je kao zbroj prethodno navedenih potencijala biomase iz različitih izvora. Navedeni potencijal čini tzv. tehnički potencijal, odnosno količinu energije koja se pri sadašnjem stanju tehnologije i uvjetima u Republici Hrvatskoj može proizvesti iz biomase. Navedene vrijednosti se iznose na temelju prosječnoga sječenoga etata u posljednje tri godine, no ipak mogu poslužiti kao putokaz za vrednovanje biomase kao izvora energije u Republici Hrvatskoj.

Tablica 9. Svekolika godišnje raspoloživa fitotvar do 2025. godine u Republici Hrvatskoj

Oblik šumske biomase	Raspoloživo biomase m³/godišnje
Ostatak od furnirskih trupaca	52.845
Ostatak od trupaca listača	592.938
Ostatak od trupaca četinjača	89.120
Prostorno drvo za energiju	933.949
Sitna granjevina	964.644
Otpad i gubici pri sječi	1.209.164
Drvena masa s opožarenih površina	70.000
Biomasa iz energetskih šuma	2.000.000
Biomasa iz degradiranih šuma	643.000
Ukupno	6.555.660

Ako se prognoza temelji na potrebama i mogućnostima šumske proizvodnje, uz pretpostavku da će se prirast i dalje godišnje povećavati oko 3%, a s druge pak strane da će ostvareni etat

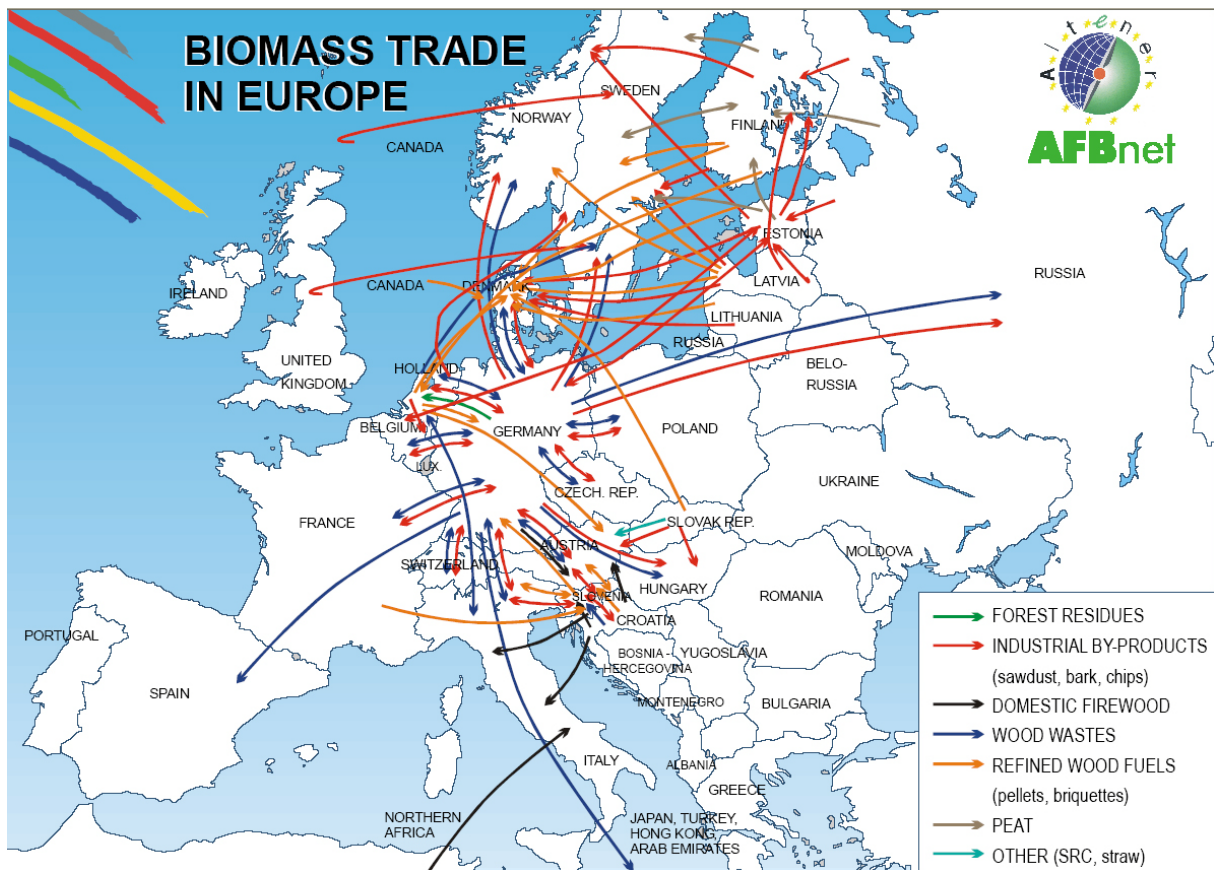
biti oko 2/3 prirasta, moguće je očekivati povećanje šumske biomase za energetske potrebe od 21,2% (ako je bazno polurazdoblje 1996.-2005.) do 46,0% u razdoblju 2016.-2035. godine.

3.5 Izvoz i trgovina šumskom biomasom

Republika Hrvatska, kao zemlja s velikim šumskim potencijalom (44% kopnenog šumskog teritorija), značajnom ulogom poljoprivrede te brojnim drvnoprerađivačkim pogonima, ima na raspolaganju velike količine biomase različita podrijetla koje se mogu koristiti za proizvodnju energije. Trenutačno se koriste samo manje količine raspoložive biomase, što uzrokuje i znatne probleme pri gospodarenju šumama, odnosno odlaganju otpada iz drvnoprerađivačke industrije.

Značajnu mogućnost za odlaganje viškova biomase koji trenutačno postoje, ali i ostvarivanje nezanemarive zarade, pa tako i posrednih učinaka (zapošljavanje, trgovinska bilanca i sl.) uz istodobni doprinos razvitku domaćeg tržišta biomase, može predstavljati izvoz na tržišta zemalja Europske unije. Određene količine biomase već sada se izvoze, ponajviše u Austriju, Italiju i Švicarsku. Nažalost, izvoz prerađene biomase (briketi, peleti, drveni ugljen) predstavlja manji dio postojećeg izvoza, dok se glavnina izvoza odnosi na neprerađenu biomasu u obliku sječke, kore i sl.

Trgovina biomasom nije rijetkost među zemljama Europske unije, a u posljednje se vrijeme sve više bilježi i trgovanje velikim količinama biomase na velikim udaljenostima (Rusija-Skandinavija, Kanada-Švedska, Južna Amerika-SAD i sl.). Najživlja trgovina prerađenom šumskom biomasom u Hrvatskoj se pojavljuje u slučaju drvenog ugljena koji se i uvozi i izvozi, ali se pojavom inozemnih trgovačkih lanaca u Hrvatsku počinju uvoziti i donedavno tradicionalno izvozni proizvodi – briketi i cjepanice ogrjevnog drva (*Slika 7.*).



Slika 7. Sortimenti i značajniji pravci trgovine biomasom u Europi (AFBnet, 2003.)

Budući da u Hrvatskoj slične studije zasad još ne postoje, ocjena učinaka izvoza prerađene biomase, odnosno prodaje električne energije proizvedene iz biomase, prikazana je rezultatima studije provedene na primjeru izvoza biomase iz Švedske u Nizozemsku. U studiji se promatraju brojni učinci, a ovdje se doprinosi povećanju bruto domaćeg proizvoda –BDP te povećanje zapošljavanja. Oba učinka određena su uz pretpostavku izvoza biomase energetske vrijednosti 10 PJ, a u obzir su podjednako uzeti izravni i neizravni učinci (*Tablica 10*).

Tablica 10. Povećanje BDP i zapošljavanja uslijed izvoza biomase iz Švedske u Nizozemsku za količinu energetske vrijednosti 10 PJ (Agterberg, 1997.)

<i>Lanac</i>	<i>Povećanje BDP – mil. EUR</i>		Povećanje zapošljavanja – broj radnih mjesta	
	Švedska	Nizozemska	Švedska	Nizozemska
Bale od ostataka sječe	40	30	832	534
Sječka brzorastućih vrba	59	26	1404	416
Peleti	50	23	1085	356
Električna energija iz biomase	55	0	1164	0

Možemo primijetiti da, iako se viši učinci ostvaruju u zemlji iz koje se biomasa izvozi, što je i očekivano, određeni učinci nastaju i u zemlji u koju se biomasa uvozi i to zbog povećane ekonomske aktivnosti uslijed proizvodnje opreme, pogona, održavanja postrojenja i sl.

Za Hrvatsku je bitno naglasiti je da su učinci veći što je veća prerada biomase, odnosno kada se ona pretvara u električnu energiju, to jest u dobra s većom dodatnom vrijednosti. Zbog toga bi buduće strategije korištenja biomase u Hrvatskoj trebale uključivati i izvoz prerađene biomase, a svakako bi trebalo izbjegavati izvoz biomase u neprerađenu obliku, kako se to danas najčešće čini.

3.6 Svojstva krute biomase

Na ogrjevnu vrijednost biomase veliki utjecaj ima nekoliko čimbenika. Najveći utjecaj ima sadržaj vlage u biomasi kao i udio pepela u biomasi. Udio pepela u nedrvenim biljnim ostacima može biti i do 20%, dok je udio pepela u drvetu uglavnom oko 1 %. Vlažnost poljoprivredne biomase najčešće se kreće između 10 i 20%, dok je vlažnost sirove drvene biomase koja se koristi u velikim energetske postrojenjima kao pogonsko gorivo veća od 40% [89]. Ogrjevne vrijednosti najrasprostranjenijih vrsta drveta u Hrvatskoj i ostataka iz drvene industrije u ovisnosti o sadržaju vlage i pepela prikazane su u *Tablici 11*, a u *Tablici 12* nalaze se ogrjevne vrijednosti u ovisnosti o sadržaju vlage u biomasi te nasipne gustoće za pojedine vrste biomase.

Tablica 11. Ogrjevne vrijednosti drvene biomase u Hrvatskoj, u ovisnosti o sadržaju vlage i pepela [89] i [90]

Vrsta biomase	Gornja ogrjevna vrijednost [GJ/t]	Donja ogrjevna vrijednost [GJ/t]	Sadržaj pepela [%]	Sadržaj vlage, suha baza [%]	Ogrjevna vrijednost [GJ/t]
Grab					
Suha piljevina, sitni drveni ostatak	19,6	18,3	0,28	9,13	16,4
Joha					
Zračno suha sječka, srednje veliki čip	20,1	18,9	0,79	62,63	5,5
Zračno suha kora, srednje krupne pločice	21,6	20,3	6,1	12,43	17,5
Zračno suha piljevina, fini prah	20,1	18,9	0,79	41,74	10,0
Topola					
Zračno suha blanjevina, krupni čip	19,6	18,3	1,51	58,68	6,1
Suha sječka, srednje veliki komadi	19,6	18,3	1,81	3,67	17,5
Zračno suha sječka, krupni čip	19,6	18,3	1,81	74,20	2,9
Bukva					
Suha piljevina od prereza, sitnije pločice	19,7	18,4	0,8	62,63	5,4
Zračno suha kora, sitnije pločice	19,2	18,0	6,94	12,28	15,5
Breza					
Zračno suha kora, sitnije pločice	23,9	22,6	4,94	8,23	20,6
Topola-joha-lipa					
Biomasa za kotao, nehomogena	19,8	18,6	1,85	76,64	2,5
Hrast					
Friška sječka	19,8	18,5	0,43	23,02	13,7
Suha sječka	19,8	18,5	0,43	7,39	17,0
Friška piljevina	19,7	18,5	0,43	35,06	11,1

Tablica 12. Ogrjevne vrijednosti različitih tipova biomase u ovisnosti o sadržaju vlage u biomasi te nasipna gustoća biomase [89] i [91]

Vrsta biomase	Donja ogrjevna vrijednost	Sadržaj vlage, suha baza	Nasipna gustoća	Donja ogrjevna vrijednost biomase
	[GJ/t]	[%]	[kg/m ³]	[GJ/t]
ŠUMSKI OSTATAK				
Sječka - sječa	18,5-20,0	50,0-60,0	250-400	6,0-9,0
Sječka - prored	18,5-20,0	45,0-55,0	250-350	7,0-10,0
Sječka - kresanje grana	18,5-20,0	40,0-55,0	250-350	7,0-11,0
OSTACI IZ DRVNE INDUSTRIJE				
Piljevina	19,0-19,2	45,0-60,0	250-350	6,0-10,0
Kora	18,5-20,0	50,0-65,0	250-350	5,0-9,0
Blanjevina	18,5-20,0	10,0-50,0	150-300	6,0-15,0
OGRJEVNO DRVO				
Cjepanice	18,5-19,0	20,0	240-320	13,4-14,5
Cijepano drvo	18,5-20,0	20,0	240-320	13,4-14,5
KORIŠTENO DRVO				
REFINIRANO DRVO				
Pelete	19,0-19,2	8,0-10,0	650-750	16,8
Briket	19,0-19,2	8,0-10,0	650-750	17,3
NEDRVENA BIOMASA				
Slama, sjeckana	17,5	15,0	80	14,5
Slama, bale			130-160	
Nasadi trave za energetske svrhe	17,1-17,5	15,0-30,0	70	11,0-14,2
Treset, mljeven (busen)	20,9 (21,3)	49,0 (38,9)	340 (390)	9,7 (11,9)
Ostaci maslina	17,5-19,0	10,0-60,0		10,9
Ostaci kukuruza, klip (stabljika)	18,4 (18,5)	50,0 (60,0)		8,0 (5,9)
Ostaci riže, slama (ljuska)	16,7 (17,9)	25,0 (10,0)	0,13	11,9 (15,9)

4. POLITIKA KORIŠTENJA OBNOVLJIVIH IZVORA ENERGIJE U EUROPSKOJ UNIJI

4.1 Pravna stečevina (acquis) u području obnovljivih izvora energije

Sve europske države, bez izuzetka, opredijelile su se da u svoje strategije energetskeg razvitka ugrade planove značajnog povećanja korištenja obnovljivih izvora energije i kogeneracije te da implementiraju zakonodavni okvir u kojemu će ti planovi biti ostvareni. U europskim okvirima, od dokumenata važnih za obnovljive izvore energije i kogeneraciju posebno se ističu:

Energy for the Future: Renewable Sources of Energy - White Paper for the Community Strategy and Action Plan, Brussels, studeni 1997. Bijela knjiga je temeljni dokument koji određuje politiku Europske unije prema obnovljivim izvorima, a njome se po prvi put postavlja čvrst kvantitativni cilj na razini Europske unije da se do 2010. godine 12% ukupnih energetskeg potreba EU, što je dvostruko u odnosu na stanje iz godine donošenja (1997.), pokrije iz obnovljivih izvora energije. Kao jedan od važnijih zaključaka navodi se da su, unatoč značajnom potencijalu, obnovljivi izvori energije trenutačno nejednako i nedovoljno iskorišteni u Europskoj uniji. Glavni mehanizmi za provedbu Strategije i Akcijskog plana uvođenja obnovljivih izvora su:

1. *uspostava zakonodavstva koje će stvoriti pozitivno okruženje za obnovljive izvore*
2. *povećano financiranje za obnovljive izvore.*

Direktive koje donose tijela Europske zajednice akti su općega karaktera koji se uglavnom donose radi usklađivanja i približavanja pravnih poredaka država članica Europske unije.¹

One, u pravilu, nisu neposredan izvor prava već su države članice obvezne ugraditi odrednice direktiva u svoj pravni poredak, pa propis kojim su direktive implementirane u pravni poredak predstavlja pravni izvor za određeno područje.

Direktiva 2001/77/EC iz 27. rujna 2001. godine o promociji električne energije iz obnovljivih izvora na internom tržištu električne energije. Ova je direktiva ključna za proizvodnju

¹ Isto, Gavella Nikola.: "O europskom privatnom pravu", u Gavella, Alinčić, Gliha, Josipović, Korać, Nikšić: "Europsko privatno pravo", Pravni fakultet u Zagrebu, 2002., str. 9

električne energije iz obnovljivih izvora energije. Njezina je svrha promocija povećanja udjela obnovljivih izvora za proizvodnju električne energije na internom tržištu i stvaranje osnove za budući zajednički okvir Unije. Direktiva postavlja ciljani udio obnovljivih izvora u proizvodnji električne energije od 22% u 2010. godini, gotovo dvostruko u odnosu na stanje iz 1997. Ostvaren udio obnovljivih izvora za proizvodnju električne energije u 2003. iznosio je oko 15,2%.

Direktiva eksplicitno naglašava da je Uniji od velikoga značaja promocija obnovljivih izvora energije radi sigurnosti i diversifikacije opskrbe energijom, zaštite okoliša i ekonomske kohezije. Između ostaloga, Direktiva stimulira evaluaciju postojećih nacionalnih propisa i donošenje novih u skladu s Direktivom iz listopada 2003. radi uklanjanja zapreka za razvoj obnovljivih izvora energije. Direktiva također prepoznaje i potrebu za donošenjem mehanizama potpore, ali ne prejudicira kakvi oni trebaju biti. Od ostalih elemenata koje obrađuje Direktiva, važno je spomenuti sljedeće:

1. naglašena je važnost tržišnih principa za postizanje konkurentnosti obnovljivih izvora
2. države članice ili kompetentna tijela imenovana u državama članicama procijenit će postojeći pravni i regulacijski okvir s obzirom na postupke autorizacije ili ostale postupke koji se primjenjuju na proizvodna postrojenja električne energije iz obnovljivih izvora u smislu:
 - smanjenja administrativnih i neadministrativnih prepreka za porast proizvodnje električne energije iz obnovljivih izvora energije
 - modernizacije i ubrzanja postupaka na odgovarajućoj administrativnoj razini
 - osiguranja objektivnih, razvidnih i nediskriminacijskih propisa koji u potpunosti uzimaju u obzir osobitosti različitih tehnologija za obnovljive izvore energije.
3. države članice će u mjeri koja ne narušava sigurnost i pouzdanost sustava poduzeti potrebne mjere kako bi osigurale da operateri prijenosnog, odnosno distributivnog sustava jamče prijenos i distribuciju električne energije proizvedene iz obnovljivih izvora. One isto tako mogu odrediti prednost pristupa mrežnom sustavu električne energije koja se proizvodi iz obnovljivih izvora
4. države članice će stvoriti pravni okvir ili zahtijevati od operatera prijenosnog, odnosno distribucijskog sustava, da definiraju objektivne, transparentne i nediskriminirajuće kriterije za izračun troškova priključka te njihovo snošenje

5. države članice će, prema prilici, odrediti pravni okvir ili tražiti od operatora prijenosnog, odnosno distributivnog sustava, da naknade za prijenos i distribuciju električne energije iz elektrana koje se koriste obnovljivim izvorima energije odražavaju troškovne beneficije nastale iz priključenja tih elektrane na mrežu.

Green paper: Towards a European strategy for the security of energy supply, iz 29. studenog 2000., COM(2000) 769 Final [92]. Trenutačno Europska unija pokriva oko 50% ukupne energetske potrošnje iz uvoza, a u slučaju da se ne poduzmu nikakve mjere predviđa se da bi za 20 do 30 godina taj iznos mogao narasti na 70%. Uvoz energije uzrokuje ovisnost o vanjskim čimbenicima na koje se vrlo malo može utjecati, odnosno uzrokuje nesigurnosti u opskrbi energijom povezane s mogućim vrlo visokim troškovima. EU prepoznaje ovaj problem kao jedan od ključnih za budući razvoj, stoga je 29. studenog 2000. Europska komisija donijela Zelenu knjigu o sigurnosti opskrbe, kako bi potaknula rasprave o geopolitičkim, ekonomskim i ekološkim aspektima u osiguranju dobave energije EU. Korištenje obnovljivih izvora se u Zelenoj knjizi navodi kao jedan od postupaka kojim se povećava sigurnost opskrbe energije te se zaključuje da je jedini uspješan način djelovanja na sigurnost energetske opskrbe Europe poduzimanje značajnih napora u području obnovljivih izvora energije. Zelenom knjigom se navodi i sljedeći cilj: do 2020. godine 20% goriva u cestovnom prometu potrebno je zamijeniti alternativnim gorivima.

Direktiva 2004/8/EC o unapređenju kogeneracije na temelju potrošnje korisne energije na unutrašnjem tržištu energije i koja dopunjuje Direktivu 92/42/EEC. Direktiva je pokrenuta radi povećanja energetske učinkovitosti i poboljšanja sigurnosti opskrbe energijom uz pomoć kreiranja okvira za unapređivanje i razvoj visokoučinkovite kogeneracije toplinske i električne energije temeljene na korisnoj toplinskoj potrošnji i uštedi primarne energije na unutrašnjem tržištu, uzimajući u obzir specifične nacionalne okolnosti s naglaskom na klimatskim i ekonomskim uvjetima.

Kogeneracija je prepoznata kao jedna od glavnih tehnologija za postizanje bolje energetske učinkovitosti, budući da su ušteda primarne energije, izbjegnuti mrežni gubici i smanjenje emisije priznate dobrobiti kogeneracije. Učinkovito iskorištenje energije u kogeneracijskim postrojenjima doprinosi i sigurnosti opskrbe te poboljšava tržišnu poziciju EU i njezinih članica pa je promicanje učinkovite kogeneracije, koja se temelji na potrebama za korisnom

toplinskom energijom, prioritet svake zajednice. Potencijal korištenja kogeneracije kao mjere uštede energije je vrlo podcijenjen i bilo je neophodno poduzeti određene mjere kojima bi se poboljšalo njegovo iskorištavanje unutar okvira internog energetskeg tržišta.

Kratkoročno, Direktiva će služiti kao sredstvo konsolidacije postojećih i, gdje je moguće, poticanja novih kogeneracijskih instalacija visoke iskoristivosti. Da bi se stvorili izjednačeni uvjeti za razvoj potrebna je regulatorna sigurnost i financijska potpora. To je posebno važno u prijelaznoj fazi liberalizacijskog procesa, gdje interno energetskeg tržište nije u potpunosti razvijeno i eksterni troškovi nisu uključeni u cijenu energije. Dugoročno, Direktiva će biti sredstvo uz pomoć koje će se stvoriti neophodni zakonodavni okvir za osiguranje učinkovite kogeneracije uz ostale ekološki povoljne načine opskrbe energijom.

Direktiva 2003/30/EC o promicanju korištenja biogoriva i ostalih obnovljivih goriva za prijevoz iz 3. svibnja 2003. je temeljni dokument Europske zajednice vezan uz korištenje biogoriva. Svrha joj je poticanje korištenja biogoriva i ostalih obnovljivih goriva kako bi se u prijevozu svih država članica zamijenilo dizelsko gorivo i benzin. Države članice moraju osigurati da se minimalni udio biogoriva i ostalih obnovljivih goriva stavi na tržište u njihovoj zemlji i da se postave nacionalni indikativni ciljevi. Direktivom je ustanovljen i oblik u kojem se biogoriva za promet mogu staviti na tržište.

Očekuje se da će s razvojem druge generacije biogoriva (goriva koja se proizvode uz pomoć naprednih tehnoloških procesa iz ukupne biljne mase, tj. biomase bogate lignocelulozom koja predstavlja sirovinsku osnovu neprehrambenog karaktera) i njegove primjene za dostizanje zacrtanog udjela, smanjiti emisije stakleničkih plinova i povećati sigurnost opskrbe te olakšati dostizanje i viših udjela.

Direktiva 2009/28/EC iz 23. travnja 2009. o promicanju uporabe energije iz obnovljivih izvora i dopuni te naknadnom ukidanju Direktive 2001/77/EZ i 2003/30/EZ („Službeni list Europske unije L 140, 5. 6. 2009., str.16.-62.). Direktiva 2009/28/EZ ima širi obuhvat, regulira proizvodnju energije iz obnovljivih izvora, a osim električne energije i biogoriva obuhvaća i proizvodnju rashladne i toplinske energije. Ciljevi koje treba postići do 2020. godine su obvezujući za zemlje članice. U skladu s Direktivom 2009/28/EZ o poticanju korištenja obnovljivih izvora energije, Republika Hrvatska ima cilj da u 2020. godini udio

energije iz obnovljivih izvora u ukupnoj neposrednoj potrošnji energije bude 20%. Taj će se cilj postići ispunjavanjem sljedećih sektorskih ciljeva za 2020. godinu:

- 35% će iznositi udio električne energije iz obnovljivih izvora energije, uključivo velike hidroelektrane, u ukupnoj neposrednoj potrošnji električne energije
- 10% će iznositi udio energije iz obnovljivih izvora korištene u svim oblicima prijevoza u odnosu na potrošnju benzina, dizelskoga goriva, biogoriva u cestovnom i željezničkom prijevozu te ukupne konačne potrošnje električne energije korištene u prijevozu
- 20% će iznositi udio energije za grijanje i hlađenje iz obnovljivih izvora energije u ukupnoj neposrednoj potrošnji energije za grijanje i hlađenje.

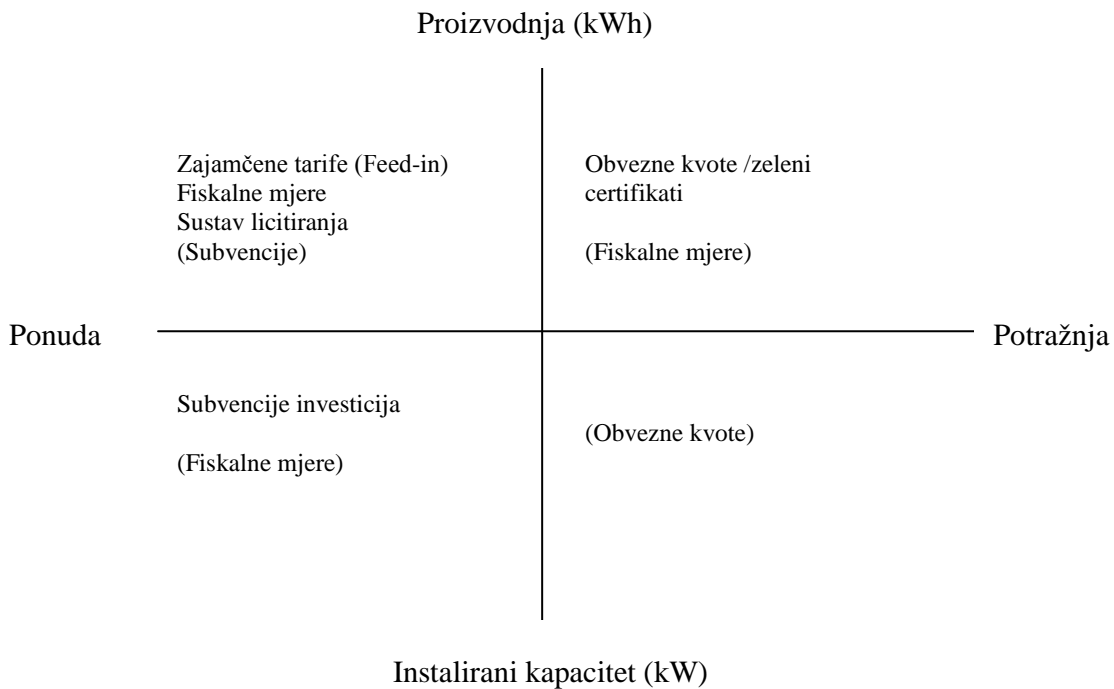
Osnovne novine, na području biomase, su sljedeće:

- cilj od 20% udjela obnovljivih izvora u ukupnoj potrošnji energije EU do 2020. godine
- obvezujući cilj za svaku zemlju s najmanje 10% udjela energije iz obnovljivih izvora u gorivima u prijevozu
- treba dokazati održivost proizvodnje sirovina za biogoriva
- treba dokazati smanjenje emisija stakleničkih plinova za najmanje 35%, a nakon početka 2017. za najmanje 50%, odnosno za postrojenja izgrađena nakon 1. 1. 2017. i za 60% nakon početka 2018. godine
- doprinos biogoriva proizvedenog od otpada, ostataka, neprehrambenih celuloznih materijala i lignoceluloznih materijala će se obračunavati dvostruko (poticanje razvoja tehnologija proizvodnje 2. generacije biogoriva)
- osim biogoriva, u udjel se može uračunati i ostala obnovljiva energija utrošena za prijevoz, kao što je električna energija (u 2,5 puta većem iznosu od stvarno utrošenog) i vodik.

Među obnovljivim izvorima energije za proizvodnju topline dominira korištenje biomase, pri čemu se primjećuje i lagani porast. Direktiva o kogeneraciji i Direktiva o energetske učinkovitosti u zgradarstvu mogle bi potaknuti povećanu upotrebu ovih izvora. Problem s obnovljivim izvorima pri proizvodnji topline je što su im cijena i dostupnost vrlo ovisne o lokalitetu te svaka moguća opcija (biomasa, geotermalna, solarna) zahtijeva analizu izvodljivosti. Daljinsko grijanje i biomasu dobrom kombinacijom čini to što je osigurana ekonomija veličine proizvodnih jedinica potrebnih za veći toplinski konzum daljinskoga grijanja.

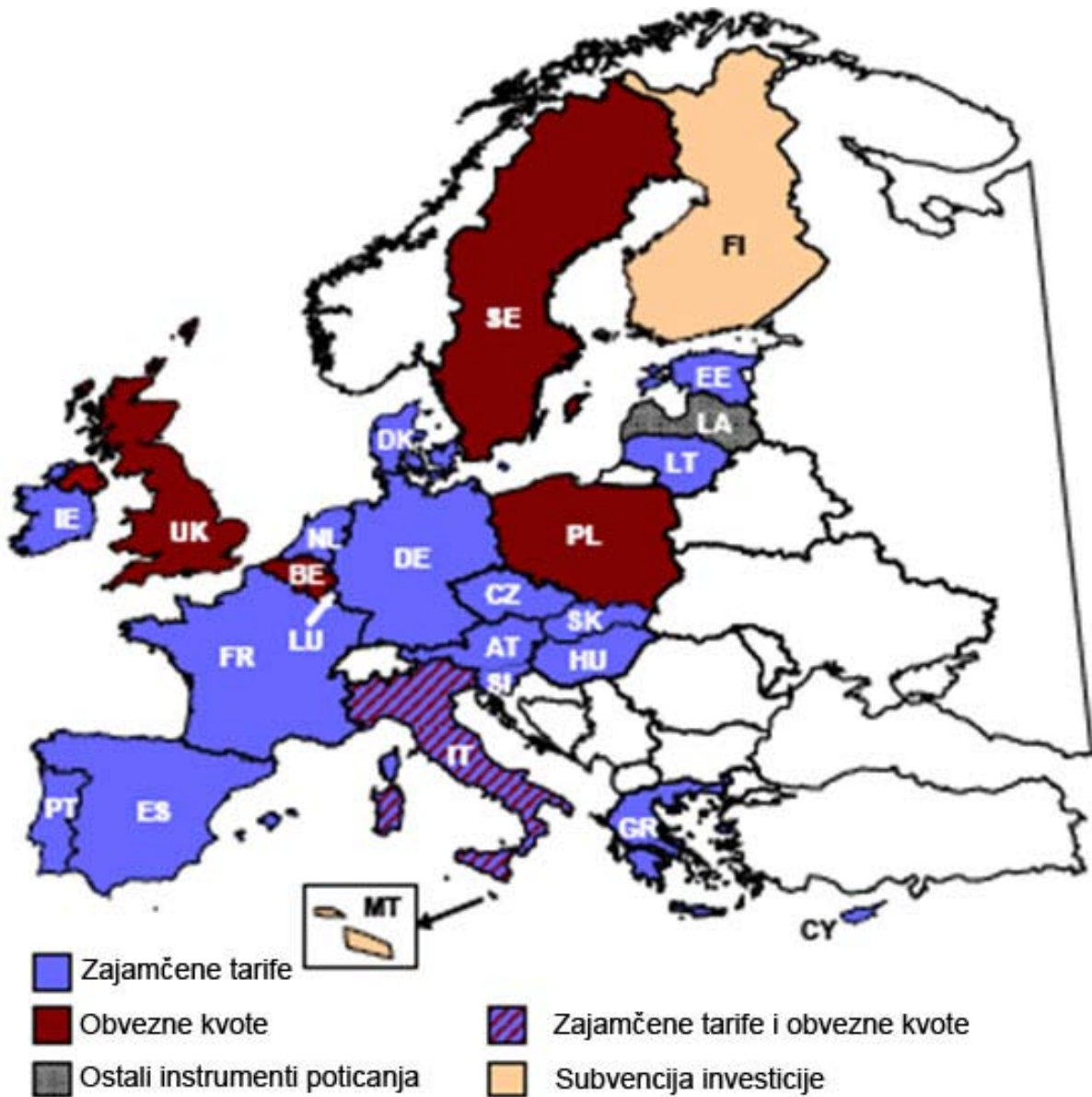
4.2 Ekonomski instrumenti za poticanje obnovljivih izvora energije

Ponuda ili potražnja električne energije iz obnovljivih izvora, te proizvodnja električne energije ili instalirani kapacitet elektrane na obnovljivi izvor, ekonomski su instrumenti za poticanje obnovljivih izvora energije. Njihova je sistematizacija prikazana na *Slici 8*.



Slika 8. Sistematizacija poticajnih mjera

U sklopu navedene podjele projekata obnovljive energije razlikujemo sljedeće tri glavne poticajne mjere: zajamčene tarife, obvezne kvote u kombinaciji sa zelenim certifikatima i sustav javnih natječaja/ugovora, a uz prethodno navedene mjere postoje i razni komplementarni mehanizmi, kao što su subvencije investicija i fiskalne mjere. U daljnjem tekstu dan je kratak pregled osnovnih svojstava pojedinih poticajnih mjera, a na *Slici 9* vidljiv je pregled mjera po državama članicama EU.



Slika 9. Pregled poticajnih mjera po državama članicama EU [93]

Pregled i opis značajki svih sustava potpora obnovljivim izvorima energije u europskim zemljama prikazan je u *Tablici 13* [94].

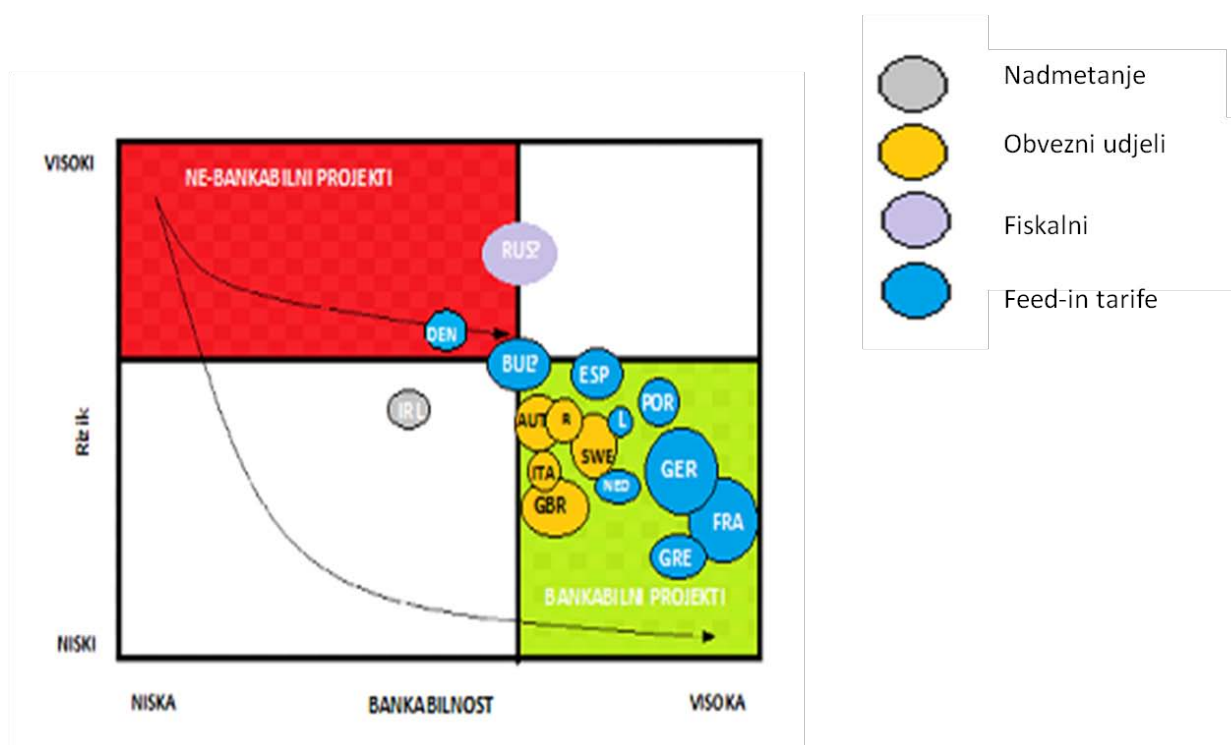
Tablica 13. Pregled sustava potpore obnovljivim izvorima u država članica EU-27 [94].

Zemlja	Glavni mehanizmi potpore električne energije	Značajke
Austrija	FIT (zajamčene cijene) u kombinaciji s regionalnim poticajima za ulaganja	Do prosinca 2004., FIT-ovi su zajamčeni za 13 godina. U studenom 2005. objavljeno je da, od 2006. pa nadalje, potpuni FIT-ovi će biti dostupni za 10 godina, sa 75% na raspolaganju već u 2011. i 50% u 2012. Nove razine FIT-a su najavljene na godišnjoj razini, a potpora se odobrava prvenstvom.
Belgija	Sustav/TGC (utrživi certifikati) propisanih kvota u kombinaciji s minimalnim cijenama električne energije iz OIE	Savezna vlada je odredila minimalne cijene električne energije iz OIE. Flandrija i Valonija su uvele sustav propisanih kvota (na temelju TGC-a) s obvezom za dobavljače električne energije. U sve tri regije, stvorena su zasebna tržišta zelenih certifikata.
Bugarska	Obvezna kupnja električne energije iz obnovljivih izvora od dobavljača električne energije za minimalne cijene (suštinski FIT) uz porezne poticaje	Relativno niska razina poticaja otežava prodor obnovljivih izvora energije, kao i činjenica da je trenutna cijena el. energije još uvijek relativno niska. Predložen je sustav zelenih certifikata za potporu električne energije iz obnovljivih izvora, za provedbu u 2012. kao zamjena nabavne cijene.
Cipar	FIT-ovi (od 2006), uz potporu shema ulaganja nepovratnih sredstava za poticanje OIE	Poboljšana shema ulaganja nepovratnih sredstava uvedena je u siječnju 2006., u obliku državnih potpora u vrijednosti od 30 do 55% investicije, kako bi osigurala financijske poticaje za sve obnovljive izvore energije. FIT-ovi s dugoročnim ugovorima (15 godina) su također postavljeni od 2006.
Republika Češka	FIT-ovi (od 2002), uz potporu nepovratnih sredstava	Relativno visoki FIT-ovi, s doživotnim jamstvom potpore. Proizvođači mogu birati fiksne FIT-ove ili zeleni bonus. Za kogeneraciju biomase se primjenjuje samo zeleni bonus. FIT razine se objavljuju godišnje, ali su uvećane za najmanje 2% svake godine.
Danska	Izvrstan FIT za kopneni vjetar, sustav nadmetanja za <i>offshore</i> vjetar i fiksni FIT-ovi za ostale	Trajanje potpore varira od 10 do 20 godina, ovisno o tehnologiji i primjenjenoj shemi. Razina tarife je obično vrlo niska u odnosu na prethodno visoke FIT-ove.
Estonija	FIT sustav	FIT-ovi plaćeni za 7-12 godina, ali ne iza 2015. Jedna FIT razina za sve OIE-E tehnologije. Relativno niski FIT-ovi otežavaju nove investicije u OIE.
Finska	Energetsko oslobođenje od poreza u kombinaciji s investicijskim poticajima	Povrat poreza i poticaji za ulaganja do 40% za vjetar i do 30% za proizvodnju električne energije iz ostalih obnovljivih izvora.
Francuska	FIT s natječajima za	Za elektrane <12 MW, FIT-ovi su zajamčeni za 15

	velike projekte	ili 20 godina (<i>offshore</i> vjetar, hidroelektrane i PV). Od srpnja 2005, FIT za vjetar je rezerviran za nova postrojenja unutar posebne zone razvoja energije vjetra. Za elektrane > 12 MW (osim vjetra) primjenjuje se sustav nadmetanja.
Njemačka	FIT-ovi	FIT-ovi su zajamčeni za 20 godina (<i>Renewable Energy Act</i>) i također su dostupni povoljniji krediti.
Grčka	FIT-ovi u kombinaciji s investicijskim poticajima	FIT-ovi su zajamčeni za 12 godina, uz mogućnost produljenja do 20 godina. Investicijski poticaji do 40%.
Mađarska	FIT (od siječnja 2003., izmijenjen 2005.), u kombinaciji s kupnjom obveza i potpora	Fiksni FIT-ovi su nedavno povećani i podijeljeni prema OIE-E tehnologiji. Nema vremenskog ograničenja za potporu koja je zakonom određena.
Irska	FIT program je zamijenio program natjecanja u 2006	Novi premijski FIT za biomasu, hidroelektrane i vjetar je počeo u 2006. Tarife su zajamčene proizvođaču do 15 godina.
Italija	Sustav propisanih kvota s TGC-om; fiksni FIT za PV	Obveza (na temelju TGC-a) za proizvođače i uvoznike električne energije. Certifikati se izdaju za OIE-E kapacitet u prvih 12 godina rada, osim za biomasu, koja prima certifikat za 100% od proizvodnje električne energije za prvih 8 godina i 60% za sljedeće 4 godine. Odvojeni fiksni FIT za PV, podijeljen po veličini i integriran u izgradnju. Zajamčen za 20 godina. Godišnje povećanje u skladu s indeksom cijena na malo.
Latvija	Glavna politika u razvoju; program propisanih kvota (od 2002.) bez TGC-a, u kombinaciji s FIT-ovima (izbačeno u 2003.)	Česte promjene politike i kratko trajanje zajamčenog FIT-a dovodi do investicijske nesigurnosti. Sustav kvota (bez TGC-a) obično određuje male OIE-E iznose koji će biti instalirani. Visoke FIT sheme za vjetar i male hidroelektrane (manje od 2 MW) su izbačene od siječnja 2003.
Litva	FIT-ovi u kombinaciji s obvezom kupnje	Relativno visoki fiksni FIT-ovi za hidroelektrane (<10 MW), vjetar i biomasu, zajamčeni 10 godina. Investicijski programi su ograničeni na tvrtke koje su registrirane u Litvi. Postoje planovi za uvođenje TGC sustava nakon 2010.
Luksemburg	FIT-ovi	FIT-ovi zajamčeni za 10 godina (20 godina za PV). Također su na raspolaganju poticaji ulaganjima.
Malta	Niska stopa PDV-a i vrlo niski FIT za solare	Do sada je bilo vrlo malo pozornosti na potpori OIE-a. Vrlo niski FIT za PV je prijelazna mjera.
Nizozemska	FIT-ovi (nulta tarifa od kolovoza 2006)	Premijski FIT-ovi zajamčeni za 10 godina su aktivni od srpnja 2003. Za svaki proizvedeni MWh iz OIE-E, nadležno tijelo daje proizvođaču zeleni certifikat (CERTIQ). Certifikat se zatim isporučuje FIT administratoru (ENERQ) da otkupi tarifu. Nova politika potpore je u razvoju. Fiskalni poticaji za ulaganja u OIE su dostupni.
Poljska	Sustav obveznih kvota; TGC je uveden od kraja	Obveza dobavljačima električne energije s ciljevima određenima od 2005. do 2010. Kazne za

	2005, te su obnovljivi izvori energije izuzeti od (malih) trošarina	nepridržavanje su određene u 2004., ali nisu ispravno uvedene do kraja 2005. Naznačeno je da će se kazne provoditi od 2006. nadalje.
Portugal	FIT-ovi u kombinaciji s investicijskim poticajima	Fiksni FIT-ovi zajamčeni za 15 godina. Razina ovisi o vremenu proizvodnje električne energije (vršno/bez opeterećenja), OIE-E tehnologija i resursi. Mjesečno se ispravlja za inflaciju. Poticaji do 40%.
Rumunjska	Sustav obveznih kvota s TGC-om; fond subvencija (od 2004)	Obveza dobavljačima električne energije, s definiranim ciljevima od 2005. Do 2010. Rumunjsko energetske regulatorno tijelo godišnje definira minimalne i maksimalne cijene certifikata.
Republika Slovačka	Program potpore OIE i energetske učinkovitosti, uključujući FIT-ove i porezne poticaje	Fiksni FIT za OIE-E je uveden 2005. Cijene su postavljene tako da je stopa povrata na ulaganja 12 godina, kada je riječ o komercijalnom zajmu. Niska potpora, nedostatak financijskih sredstava i nedostatak dugoročne sigurnosti su u prošlosti odbijale ulagače.
Slovenija	FIT-ovi, CO ₂ porezi i javna sredstava za zaštitu ulaganja u okoliš	Proizvođači električne energije iz obnovljivih izvora biraju između fiksnog FIT-a i premije. Tarifne razine godišnje propisuje Vlada Republike Slovenije (ali se nisu promijenile od 2004.). Tarifa je zajamčena za 5 godina, zatim se smanjuje za 5%. Nakon 10 godina, smanjuje se za 10% (u usporedbi s početnom razinom).
Španjolska	FIT-ovi	Proizvođači električne energije mogu izabrati fiksni FIT ili premiju. Nema vremenskog ograničenja, ali se fiksne tarife smanjuju nakon 15, 20 ili 25 godina, ovisno o tehnologiji. Sustav je vrlo transparentan. Dostupni su povoljniji krediti, porezni i regionalni poticaji za ulaganja.
Švedska	Sustav obveznih kvota s TGC-om	Obveza (na temelju TGC-a) za potrošače električne energije. Razina obveza je definirana do 2010. Neispunjenje dovodi do kazne, koja je utvrđena na 150% od prosječne cijene certifikata za godinu dana. Za energiju vjetra su dostupni poticaji ulaganjima, kao i mali bonus za okoliš.
UK	Sustav obveznih kvota s TGC-om	Obveza (na temelju TGC-a) za dobavljače električne energije. Cilj obveza se povećava do 2015. Zajamčeno će ostati na toj razini (kao minimum) do 2027. Tvrtke el. energijom koje nisu u skladu s obvezom moraju platiti kaznu. Dostupno je oslobođenje od poreza za električnu energiju proizvedenu iz obnovljivih izvora energije.

Na *Slici 10* prikazan je pristup bankabilnosti pojedinih sustava potpore za obnovljive izvore energije u europskim zemljama s obzirom na rizik financiranja i prihvatljivost pojedinog instrumenta financijskim institucijama [95].



Slika 10. Pregled bankabilnosti pojedinih sustava potpore za obnovljive izvore energije u europskim zemljama

4.2.1 Subvencije investicija

Činjenica da početna ulaganja u izradu projekta i samu gradnju obnovljivih izvora energije mogu biti vrlo visoka čini značajnu prepreku za ulaganje mogućih investitora. Pojedine države uvode subvencije investicija kojima potiču izgradnju elektrana na obnovljive izvore energije, čineći to u obliku pokrića, obično 20-50% inicijalnih troškova ili u obliku niskih kamatnih stopa na kredite za izgradnju jedne takve elektrane.

4.2.2 Fiskalne mjere

Kao sredstvo potpore obnovljivim izvorima, pojedine zemlje Europske unije uvele su fiskalne mjere u raznim oblicima. Neke od njih su sniženi porezi na električnu energiju, sniženi porezi na emisije, sniženje rate PDV-a i izuzeće od plaćanja poreza.

4.2.3 Zajamčene tarife - Feed-in Tariffs

Pod ovim se pojmom podrazumijevaju dva vrlo slična oblika poticaja, koji su trenutačno najzastupljeniji oblik poticajnih mjera za obnovljive izvore energije u Europi. Jedan od spomenuta dva oblika je minimalna cijena otkupa električne energije koja se plaća

proizvođaču električne energije. Određuje se metodologijom koju propisuje vlada neke države, a provodi je regulatorni organ. Drugi oblik, koji se također isplaćuje proizvođaču električne energije iz obnovljivih izvora, je premija povrh tržišne cijene električne energije.

U određenu vremenskom razdoblju zajamčena tarifa koju dobiva proizvođač električne energije iz obnovljivih izvora je fiksna, dok inkrementalne troškove (koji se odnose na razliku između stvarnih troškova u postrojenju obnovljivih izvora energije i same cijene električne energije) plaćaju kupci električne energije. S obzirom na to da se proizvođača podupire sredstvima prikupljenima od kupaca električne energije, a ne sredstvima iz državnog proračuna, zajamčene tarife, koje predstavljaju određenu vrstu subvencije, ne možemo smatrati državnom subvencijom. Obveza opskrbljivača koji kupcu dostavlja električnu energiju je plaćanje unaprijed određene cijene (nezavisnom) proizvođaču obnovljive energije.

Time se, osim razvitka trenutačno učinkovitijih tehnologija, potiče i razvitak novih i trenutačno nekonkurentnih tehnologija, koje bi poslije mogle imati velik značaj. Nedostatak ostalih poticajnih mjera je, primjerice, dodatno poticanje razvitka najprobitačnijih tehnologija, čime se koči razvitak onih slabije konkurentnih. Unatoč tome što na vrlo jednostavan način – zadavanjem fiksne otkupne cijene za pojedine tehnologije – potiču i stara i nova postrojenja na što učinkovitiju proizvodnju i brži razvoj te time omogućuju uspješan razvitak jake i stabilne industrije, ovaj oblik poticajnih mjera ima i svoje nedostatke. Oni se ponajprije očituju se u nepoticanju konkurentnosti između proizvođača, budući da su tarife unaprijed određene tako da pokriju određeni dio troškova izgradnje i rada postrojenja, pri čemu se ne brine osobito o snižavanju početnih troškova, poput kupnje jeftinijih komponenata ili pak uporabe onih učinkovitijih. Osim toga, činjenica da se razvitak novih elektrana temelji uglavnom na privatnim investicijama, slabi državni nadzor nad njihovim proizvodnim mogućnostima i smješajem. Nedostatak leži i u povećanju mjesečnih računa za električnu energiju kojim se namiruje trošak poticanja obnovljivih izvora, što znači da inkrementalni trošak najčešće plaćaju kupci električne energije. Nezadovoljstvo građana zbog povećanja davanja koje, unatoč tome što nije veliko, smatraju socijalnom nepravdom, naposljetku može dovesti i do propasti čitava projekta. Unatoč takvu pristupu, novija pravila sustava državnih potpora Europske komisije propisuju uvjete za poticanje primjene obnovljivih izvora energije zato što imaju utjecaj na konkurentnost na liberaliziranom tržištu električne energije.

Ugovaranje cijenena višegodišnje razdoblje proizvođaču obnovljive energije osigurava prihod. Njezina promjenjivost ovisi o vrsti obnovljivog izvora, s obzirom na to da neki od njih imaju znatno veće investicijske troškove od ostalih ili, primjerice, o vladinoj odluci da želi poticati točno određeni obnovljivi izvor. Zajamčena tarifa može se temeljiti na izbjegnutom trošku opskrbljivača električnom energijom ili na konačnoj cijeni koju plaća kupac električne energije.

Najuspješnije primjene ove poticajne mjere zabilježene su u Njemačkoj, Danskoj i Španjolskoj, koje imaju čak 84% od ukupno instaliranog kapaciteta vjetroelektrana u cijeloj Europi.

4.2.4 Javni natječaji

Natječaj za moguće ulagače ili proizvođače električne energije iz obnovljivih izvora objavljuje država u sustavu javnih natječaja i ugovaranja. Spomenuti ulagači i proizvođači daju svoje ponude na objavljene natječaje, nastojeći udovoljiti zadanim kriterijima uz minimiziranje troškova. Vlada prije svakog novog kruga licitiranja postavlja kriterije i njegove važnije odrednice, poput količine električne energije koja će se proizvoditi iz obnovljivog izvora, razine rasta kapaciteta ili proizvodnje tijekom vremena te visine dugoročne sigurne cijene koja se nudi proizvođačima. Dugoročni ugovor s državom dobiva ponuđač koji zadovolji sve kriterije po najnižoj cijeni, pri čemu mu država jamči fiksnu tarifu u dogovorenom višegodišnjem razdoblju.. Krajnji kupac će ovakve uštede uočiti u o nižim cijenama električne energije.

Uz pomoć ovakvih oblika poticanja obnovljivih izvora država ima potpuni nadzor nad odabirom razvoja, tehnologije i lokacija obnovljivih izvora. Negativna strana ovakva sustava natjecanja među ponuđačima je težnjajeftinijim rješenjima, koja su uzrok slabijoj kakvoći opreme, dakle i jeftinijim komponentama upitne kakvoće. Osim toga, odobreni projekti udovoljavaju natječajem točno određenim kapacitetima i okvirima, što može dovesti do neučinkovitosti. Primjerice, ako projektirana elektrana pokazuje optimalne tehničke i ekonomske rezultate pri snazi od 200 MW, a natječajem je navedeno 150 MW koje ponuđač ne smije prijeći, dolazi doneučinkovite raspodjele sredstava, ponajprije jer kao cilj nisu postavljene optimalne karakteristike neke elektrane.

Javni natječaji se objavljuju ovisno o programu i planovima vlade, stoga se, za razliku od zajamčenih tarifa i zelenih certifikata, ne pojavljuju kao kontinuiran program,. Zbog toga je znatno narušena sigurnost ulaganja jer ni na koji način nije unaprijed definirano niti sigurno da će idući natječaj biti objavljen i kakve će biti njegove odredbe. Navedene činjenice predstavljaju otegotne okolnosti ulagaču koji mora odabrati projekt u koji će ulagati, a ne zna unaprijed uvjete natječaja.

Unatoč tome što se ovakav način poticanja pokazao prilično uspješnim u održavanju niskih troškova projekata, u svim državama koje su ga primjenjivale, osim Irske koja napušta ovu mjeru i uvodi zajamčene tarife, bio je neuspješan u promociji razvoja značajnijih instaliranih kapaciteta. Sustav javnih natječaja primjenjivale su već spomenuta Irska, Portugal, Velika Britanija i Francuska, s tim da su posljednje dvije napustile taj sustav.

4.2.5 Zeleni certifikati i obvezni udjeli

Kao potpuno tržišni oblik poticaja obnovljivim izvorima, sustav zelenih certifikata se postupno uvodi ili je već uveden u nekim europskim i svjetskim državama. Unatoč tome što je relativno kompliciran za uvođenje, prednost su mu velika učinkovitost u podizanju instaliranog kapaciteta i povećanje proizvodnje električne energije. Zadaća certifikacije električne energije je promidžba njezine proizvodnje iz svih vrsta obnovljivih izvora energije i tehnološki je neutralna. Zbog toga najveću potporu pruža najekonomičnijim tehnologijama obnovljivih izvora energije. Sustavom certifikacije električne energije se postavlja cilj proizvodnje obnovljive energije koji treba biti dostignut do određenog roka.

Opskrbljivačima električnom energijom se postavlja obavezna kvota kako bi se stvorila potražnja za certifikatima za električnu energiju. Opskrbljivači, ovisno o količini električne energije koju su prodali prošle kalendarske godine, moraju posjedovati određen broj certifikata. Osim toga, proizvođači električne energije iz OIE dobivaju po jedan certifikat za svaki proizvedeni MWh. Činjenica da prodajom certifikata, uz prodaju električne energije, proizvođač ima dodatni izvor prihoda čini isplativijim ulaganje u obnovljive izvore energije.

Proizvođač iz obnovljivih izvora prodaje električnu energiju na tržištu po trenutnoj tržišnoj cijeni, a za svaku jedinicu prodane energije dobiva zeleni certifikat koji također prodaje na zasebnom tržištu. Svaki opskrbljivač električnom energijom ima obvezu podmiriti određeni

udio proizvodnje iz obnovljivih izvora, a ako sam nema obnovljivih proizvodnih postrojenja, namiruje taj udio kupnjom zelenih certifikata. Vladi se uz pomoć nametnutih obveznih udjela opskrbljivačima električnom energijom pruža mogućnost kontrole instaliranih kapaciteta. No postoji i primjer uvođenja zelenih certifikata na tržište temeljenih na potražnji krajnjih korisnika (Nizozemska), bez uvođenja obveznih udjela.

Prednost ovog sustava je u činjenici da je u potpunosti tržišni model i ne uključuje veće intervencije države (osim propisivanja obveznih udjela). Donekle komplicirano i nesigurno uvođenje na tržište predstavlja negativne značajke ovog oblika poticaja obnovljivim izvorima, kao i nesigurne cijene zelenih certifikata koje mogu obeshrabriti moguće ulagače. Osim toga, primjenjivanje istih certifikata za sve tehnologije bi ojačalo korištenje trenutno probitačnih tehnologija, što bi moglo bi dovesti do smanjenja istraživanja i ulaganja u nove i nekonkurentne tehnologije. Iako bi takav oblik razvitka bio kratkoročno dobar, dugoročno ne bi bio održiv.

Za provođenje sustava zelenih certifikata u Hrvatskoj potrebno je donijeti odgovarajuće pravne i institucionalne pretpostavke (primarno i sekundarno zakonodavstvo), ustanoviti sustav jamstva podrijetla, definirati postojeću instituciju kao regulatorno tijelo koje će certificirati proizvedenu električnu energiju i usvojiti određene kriterije i pravila za izdavanje i trgovinu certifikatima. Nakon otvaranja tržišta električne energije država bi trebala odrediti obvezne kvote za opskrbljivače električnom energijom i kazne za neispunjavanje obveza.

Uz pomoć javne tvrtke HROTE (Hrvatski operator tržišta energije), Republika Hrvatska trenutno aktivno sudjeluje u Savezu tijela za izdavanje certifikata (AIB). Srednjoročna su predviđanja da će se Hrvatska uključiti u međunarodnu trgovinu zelenim certifikatima.

4.2.6 Sustav RECS (Renewable Energy Certificate System)

Sustav RECS je proizvod projekta REALM [96]. RECS certifikati dokazuju podrijetlo energije iz obnovljivih izvora energije. Certifikati (minimalne vrijednosti 1 MWh) pogoduju elektranama koje proizvode zelenu energiju, a bez kojih bi proizvodnja bila neekonomična. RECS certifikati se razlikuju od stvarne isporuke električne energije i mogu se prodavati odvojeno od same električne energije koja je u podlozi. Njihovi kupci financiraju proizvodnju električne energije iz obnovljivih izvora energije, čime dokazuju predanost zaštiti okoliša.

Svrha razvitka RECS projekta na europskoj razini je promicanje razvitka internacionalnoga dobrovoljnog tržišta zelenim certifikatima. Trenutačno sustav obuhvaća više od stotinu sudionika; proizvođača električne energije, trgovaca i certifikatora iz 17 zemalja. Članovi su podijeljeni u dvije interesno različite skupine: skupinu TUG (Trade and User Group) kojoj pripadaju trgovci i korisnici te skupinu AIB (Association of Issuing Bodies) koja obuhvaća tijela za izdavanje certifikata.

Savez tijela za izdavanje certifikata (AIB) međunarodna je organizacija sa sjedištem u Belgiji. Cilj joj je promicanje europskog sustava za certificiranje zelene energije koji zadovoljava kriterije objektivnosti, nepristranosti, razvidnosti i ekonomske učinkovitosti te integracija različitih nacionalnih sustava kako bi se omogućila međunarodna trgovina zelenim certifikatima. Članice ove organizacije nastoje poboljšati kakvoću sustava, definirati standarde, uskladiti različite nacionalne sustave te savjetovati institucije, vlade, trgovačke organizacije i nevladine udruge.

Certifikat je zapis o proizvedenoj zelenoj energiji i izdaje se za standardiziranu količinu električne energije od jednog megavatsata (1 MWh). Punovažan je dok je u optjecaju, odnosno do kada se njime može trgovati. Tijelo ovlašteno za izdavanje certifikata bilježi sve transakcije i najmanje 10 godina čuva podatke o njima.

Prema definiciji RECS-a obnovljivi izvori su svi oni koji se ne koriste fosilnim ili nuklearnim gorivima za proizvodnju energije. Ovakva definicija obuhvaća i velike hidroelektrane kao obnovljivi izvor energije.

Svaki RECS certifikat zapisan je elektronički pomoću 68 numeričkih znakova koji su određeni kako slijedi:

- **Jedinstveni broj RECS certifikata** – sastoji se od 30 numeričkih znakova koji sadržavaju oznaku zemlje podrijetla certifikata
- **Oznaka tijela za izdavanje certifikata** – sastoji se od dva numerička znaka, a tijelo za izdavanje mora priznati AIB
- **Oznaka proizvodne jedinice** – ima 18 numeričkih znakova i sadržava i oznaku zemlje u kojoj se jedinica nalazi

- **Vrijeme izdavanja** – datum kada je električna energija povezana s certifikatom predana u mrežu (oblik: GGGGMMDD)
- **Oznaka tehnologije** – sastoji se od dva numerička znaka
- **Oznaka javne potpore** – javna potpora je bilo kakva izravna ili neizravna potpora regionalnih, nacionalnih ili međunarodnih fondova ili usporedivih shema potpore, izuzevši mjere povezanih s RECS sustavom. Javne potpore dijele se na investicijske i potpore proizvodnji. Oznaka se sastoji od jednog znaka.
- **Instalirana snaga** – izražava se u kilovatima (kW) i za nju je predviđeno sedam numeričkih znakova.

Svaki RECS certifikat je jedinstven, prenosiv i utrživ te sadržava standardizirane informacije. Postoje tri faze koje certifikat mora proći:

1. **Izdavanje:** Tijelo ovlašteno za izdavanje certifikata (članica AIB-a) izdaje RECS certifikat proizvođaču za standardiziranu količinu (1 MWh) proizvedene zelene energije. Tako izdan certifikat registrira se u registru.
2. **Prijenos:** U registru je ubilježen svaki vlasnik certifikata i to u svakom trenutku životnog ciklusa certifikata. Prijenos (transfer, trgovina) označava promjenu vlasništva certifikata. Svaki se prijenos bilježi u registru.
3. **Povlačenje:** Povlačenje certifikata iz optjecaja događa se u trenutku kad se certifikat iskoristi (konzumira), tj. u obliku zelene energije proda krajnjem kupcu. Certifikat se od tog trenutka više ne može transferirati niti se njime može trgovati, a povlačenje se bilježi u registru.

Namjene RECS certifikatamogu biti različite: od njegova korištenjakao dokaza da određeni proizvođač doista proizvodi određenu količinu električne energije jer sadržava jedinstvenu oznaku proizvođača, do dokaza o podrijetlu u zemljama koje imaju zajamčene tarife, kao i u sustavima obveznih udjela, za što je prvotno namijenjen. Budući da je jedinstven za čitavo tržište, RECS olakšava uvoz i izvoz zelene električne energije. Isto tako, zbog jedinstvenog registra onemogućeno je višestruko trgovanje istim certifikatima. RECS certifikat se može koristiti i kao jamstvo podrijetla električne energije, čime se ukida potreba za posebnim uvođenjem takva sustava.

4.2.7 Projekt TRECKIN (Tradable Renewable Certificate Know-how and Initiatives Network)

Projekt TRECKIN (Mreža znanja i inicijativa za utržive obnovljive certifikate) je utemeljen na globalnom skupu o utrživim certifikatima održanom 2001. u organizaciji Međunarodne agencije za atomsku energiju (IAEA) i pod pokroviteljstvom Radne skupine za obnovljivu energiju G8 (G8 Renewable Energy Task Force).

Navedenim se projektom nastoji potaknuti stvaranje svjetske mreže koja bi poduprla uspostavu i usklađivanje sustava utrživih zelenih certifikata. Njegova je namjena pomoći zemljama u razvitku i tranzicijskim zemljama u uspostavi infrastrukture potrebne za uvođenje sustava utrživih certifikata. Da bi se steklo iskustvo u provođenju ovakva sustava, potiču se i pilot-projekti trgovine zelenim certifikatima.

Unutar TRECKIN projekta definirana su četiri radna programa:

- **Građenje mreže i koordinacija unutar nje** – cilj je stvoriti strukturu za prikupljanje, pripremanje i distribuciju informacija o utrživim zelenim certifikatima
- **Pomoć zemljama u razvitku i tranzicijskim zemljama** u razvitku sustava zelenih certifikata
- **Međukontinentalna trgovina** – uključuju i stvarni financijski tok između zemalja u razvitku i industrijski razvijenih zemalja. Ponuda je prisutna u Južnoafričkoj Republici, Rusiji, Meksiku, Brazilu i Kini, a potražnja u Italiji i Nizozemskoj
- **Potpora privatnom sektoru** u trgovanju zelenim certifikatima.

4.2.8 SWOT analiza sustava zelenih certifikata

SWOT analiza (snage, slabosti, prilika i prijetnje) se temelji na definiranu cilju implementacije sustava zelenih certifikata.

Tablica 14. SWOT Analiza sustava zelenih certifikata

	Snage	Slabosti
Prilike	<ul style="list-style-type: none"> • Povećanje cijene određuje tržište • Nedostatak električne energije daje prednost proizvođačima zelenih certifikata • Cijena zelenih certifikata ima korelaciju s porastom cijene električne energije • Povećanje potrošnje električne energije povećava potražnju za zelenim certifikatima 	<ul style="list-style-type: none"> • Cijena zelenih certifikata nije fiksna pa je investitorima teško predvidjeti ekonomičnost projekta • Za kratkoročne špekulante • Potrebna je potpuna tržišna utakmica (ni jedan proizvođač ili potrošač ne smiju utjecati na cijenu)
Prijetnje	<ul style="list-style-type: none"> • Za državu nakon dostizanja ciljeva nema dodatnih troškova jer nema obveze otkupa preostalih zelenih certifikata • Kontrola državnog proračuna 	<ul style="list-style-type: none"> • Zeleni certifikati nisu prihvatljivi bankama • Moguća je samo nacionalna trgovina • Nema dugoročnih ugovora i dugoročne strategije • Cijena zelenih certifikata se definira i računa na godišnjoj razini

Temeljna slabost sustava kvota je nepostojanje dugoročne sigurnosti. Pri određivanju obveznog udjela obnovljivih izvora energije, odnosno kvota za određeno vremensko razdoblje ili za instaliranu snagu, u trenutku ispunjenja cilja ne postoji obveza realizacije i proizvodnje dodatnih zelenih certifikata. Proizvođači bi trebali imati sigurnost za vrijeme životnog vijeka (razdoblje amortizacije) projekta da će i višak zelenih certifikata moći prodavati po zajamčenoj cijeni.

U europskoj praksi se Ugovor o otkupu električne energije (sustav zajamčenih tarifa) može koristiti kao dio osiguranja u banaka (institut založnog prava kao financijskog jamstva) za dobivanje projektnog financiranja, jer se prihodi od električne energije mogu predvidjeti i izračunati za vrijeme trajanja Ugovora o otkupu električne energije.

Prednost mjere zelenih certifikata je u tome što su cijene tržišne i u sebi uključuju inflaciju, porast cijene električne energije, indekse energenata i sl. Zbog definirane i fiksne regulacije porasta kvota, može se predvidjeti porast potražnje za zelenim certifikatima i zbog porasta

potražnje za električnom energijom. Prednost države je točno utvrđivanje godišnjeg proračuna zbog definirane kvote i ograničenja. Kada se kvota dostigne nema više obveze za proizvodnjom dodatne električne energije iz obnovljivih izvora.

Zelenim certifikatima se danas može trgovati samo unutar nacionalnih tržišta. Sustav harmoniziranog tržišta Europske unije s mogućnošću trgovanja zelenim certifikatima u cijeloj Europskoj uniji potaknuo bi razvoj tržišta zelenim certifikatima te na taj način omogućio optimizaciju potencijala, a time i troškova proizvodnje električne energije iz obnovljivih izvora uzrokovano specifičnostima potencijala i pripadajuće proizvodnje u zemljama Eurospke unije.

4.3 Indikatori učinkovitosti poticajnih mjera za tehnologiju biomase u EU

U ovom je poglavlju dana usporedba troškova i poticajnih mjera po tehnologijama u državama EU i u pojedinim državama ocijenjena je njihova učinkovitost. Podaci su preuzeti iz [97], a mali dio iz [80]. Radi lakše usporedbe, napravljena je normizacija pri određivanju troškova i visine potpora u pojedinim zemljama. Primjerice, pri usporedbi sustava zelenih certifikata u Italiji koji se provodi 8 godina s njemačkim sustavom zajamčenih tarifa koji se provodi već 20 godina, načinjena je normizacija na uobičajeno trajanje od 15 godina. Predviđena kamatna stopa rasta je 6,6%. Učinkovitost je u ovom slučaju definirana kao omjer promjene u potencijalu generacije električne energije tijekom određenog vremenskog razdoblja i dodatnog realnog srednjoročnog potencijala do 2020. godine za pojedinu tehnologiju. Ovakva definicija učinkovitosti mjera je za dostupne potencijale pojedine države u pojedinim tehnologijama. Indikatori učinkovitosti unutar [97] računali su se za razdoblje od šest ili sedam godina, a definicija je prikazana i jednadžbom:

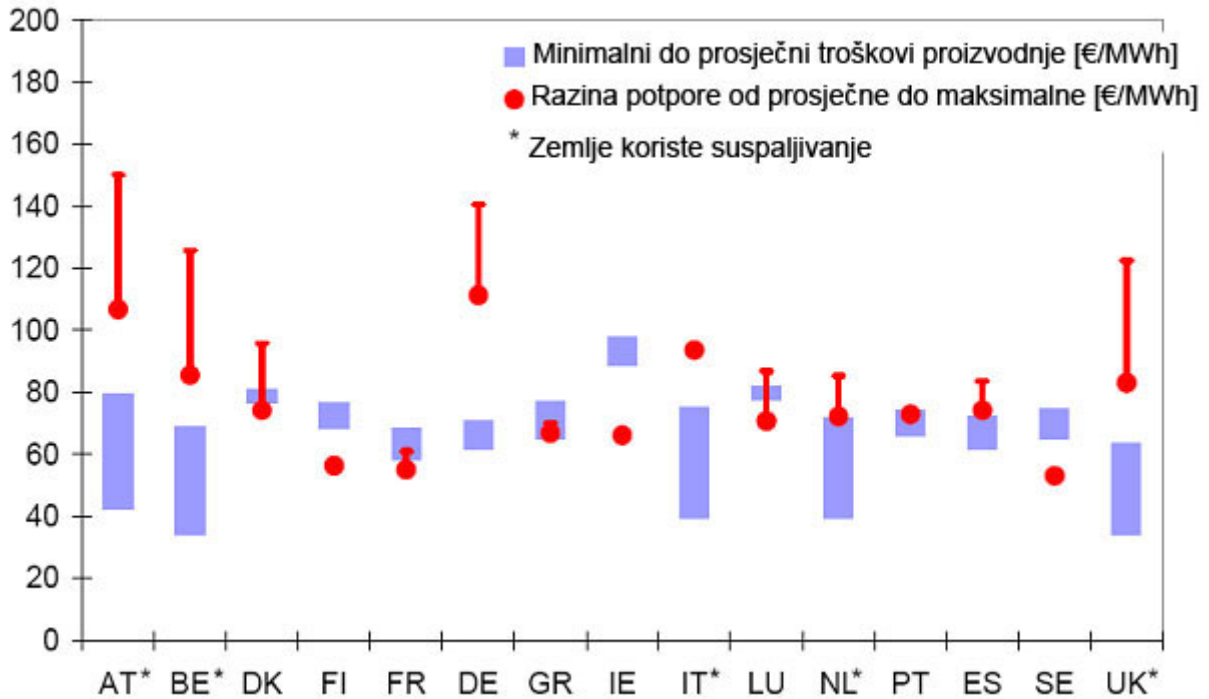
$$E_N^i = \frac{G_N^i - G_{N-i}^i}{ADD - POT_{n-1}^i}$$

- E_n^i - indikator učinkovitosti za tehnologiju i u godini n
- G_n^i - potencijal generiranja električne energije za tehnologiju i u godini n
- $ADD - POT_{n-1}^i$ - dodatni potencijal za generiranje električne energije tehnologijom i u godini n , do 2020.

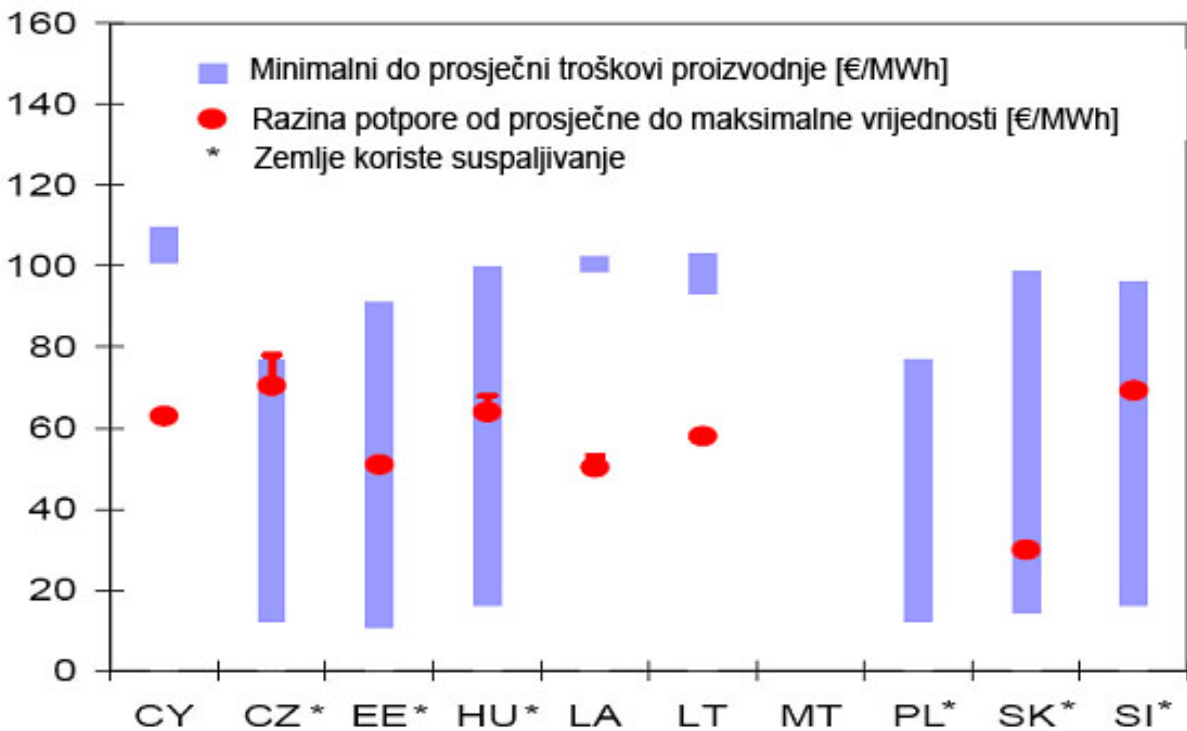
Biomasu je veoma teško analizirati jer objedinjuje širok opseg pojmova, od otpadaka drvene industrije, raznih biljnih kultura do, u nekim slučajevima, kućnog otpada. Precizna definicija navedena u Zakonu o energiji određuje ju kao „ biorazgradivi dio proizvoda, ostataka i otpadaka od poljoprivrede (uključivo s biljnim i životinjskim tvarima), šumarstva i drvene industrije, kao i biorazgradivi dijelovi komunalnog i industrijskog otpada čije je energetske korištenje dopušteno“. S obzirom na to da se većina električne energije iz biomase proizvodi u kogeneracijskim postrojenjima, proučavanje ovog sektora je prilično kompleksno. Zbog toga ćemo se u ovom poglavlju ograničiti uglavnom na otpatke drvene (šumske) industrije i predstaviti podatke značajne za to područje.

U promatranom razdoblju od 1990. do 1999. godine u Europskoj uniji se proizvodnja električne energije iz biomase povećala se za 9%, pri čemu su najveći doprinos imale Finska, Njemačka, Francuska i Švedska. Za usporedbu, 1990. godine proizvodnja električne energije iz biomase za EU je iznosila oko 15 GWh, a 1999. oko 32 GWh. Osam država članica EU15 donijelo je vlastite ciljeve za korištenje biomase, no s obzirom na to da su im ciljevi međusobno vrlo različiti – neke države postavljaju globalne ciljeve za ukupnu proizvodnju električne energije i topline, dok neke detaljno postavljaju ciljeve za svaki oblik biomase, vrlo je teško napraviti općenitu analizu politika korištenja.

Troškovi proizvodnje električne energije iz biomase za stare članice EU nominalno su najveći u Irskoj, a najniži u Belgiji, Italiji, Nizozemskoj i Velikoj Britaniji. U novim članicama minimalni troškovi proizvodnje su daleko manji, ali je mnogo veći raspon od minimalnih do srednjih troškova. Najveće potpore prisutne su u Austriji, Belgiji i Njemačkoj, gdje premašuju prosječne troškove proizvodnje, a one su ispod razine u Finskoj, Irskoj i Švedskoj, gdje ne pokrivaju niti minimalne troškove proizvodnje. S obzirom na to da je biomasu odabrala kao primarni obnovljivi energent, preniskim potporama najviše iznenađuje Finska. Nove države članice pokazuju prilično slabo pokrivanje troškova, jedino Češka donekle pokriva prosječne troškove, a Slovenija je blizu te razine. Niske potpore imaju Latvija, Litva i Cipar, koji ne pokrivaju niti minimalne troškove proizvodnje. Slovačka, koja nominalno ima najnižu potporu, ipak pokriva malo više od minimalnih troškova, ali još uvijek ne i prosječne troškove proizvodnje. Troškovi proizvodnje električne energije iz biomase i razina poticaja u EU15 prikazani su na *Slici 11*, dok je na *Slici 12* prikazana razina poticaja u deset članica EU.



Slika 11. Troškovi proizvodnje električne energije iz biomase i razina poticaja u petnaest članica EU [98]



Slika 12. Troškovi proizvodnje električne energije iz biomase i razina poticaja u deset članica EU [98].

Ljubičastim područjima na grafovima označeni su troškovi proizvodnje električne energije u granicama od minimalnih do prosječnih, a crvenim linijama i točkama označene su razine potpore u granicama od prosječne do maksimalne vrijednosti. Obje veličine su u €/MWh, a zemlje sa zvjezdicom se koriste suspaljivanjem (co-firing).

Indikator učinkovitosti je najveći u Finskoj, koja uz sustav poreznih olakšica za elektrane na biomasu, daje i 25% subvencije investicije za takva postrojenja. Zemlje koje slijede Finsku su Danska, sa svojim sustavom zajamčenih tarifa, i Nizozemska, s kombinacijom zajamčenih tarifa i zelenih certifikata. Možemo vidjeti da u biomase nema polarizacije oko najučinkovitijih poticajnih mjera, kao što je to, primjerice, kod FN sustava i energije vjetra gdje su dominantne zajamčene tarife, nego tri različita sustava pokazuju približno sličnu učinkovitost. Od novih država članica po učinkovitosti se ističu Slovenija i Mađarska. Povoljni ishodi u korištenju biomase u Nizozemskoj rezultat su izuzeća od plaćanja poreza. Razlog zbog kojeg Austrija i Njemačka pokazuju slabije rezultate na ovom području je odabir poticanja malih i srednje velikih instalacija. Takve instalacije zahtijevaju veća ulaganja, ali isto tako su korisne za razvoj ruralnih područja i okoliš.

5. PRAVNI I INSTITUCIONALNI OKVIR ZA KORIŠTENJE OBNOVLJIVIH IZVORA ENERGIJE U REPUBLICI HRVATSKOJ

Korištenje obnovljivih izvora energije (OIE) i kogeneracije ima široku deklarativnu potporu u strateškim dokumentima razvitka energetskeg sektora i zaštite okoliša u Republici Hrvatskoj (Strategija energetskeg razvoja Republike Hrvatske, "Narodne novine" br. 130/09, Nacionalna strategija zaštite okoliša, "Narodne novine" br. 46/02). Poseban položaj obnovljivih izvora energije i kogeneracije definiran je i u važećem Zakonu o energiji (Narodne novine 68/01, 177/04) (ZoE) koji eksplicitno izražava pozitivno stajalište Republike Hrvatske prema obnovljivim izvorima energije i kogeneraciji. U članku 14., stavak 1. Zakona izrijekom se kaže da je korištenje obnovljivih izvora i kogeneracije u interesu Republike Hrvatske.

5.1 Novo energetske zakonodavstvo Republike Hrvatske

Praktično korištenje obnovljivih izvora energije i kogeneracije u Hrvatskoj se trenutačno provodi kroz pripremu više desetaka projekata za izgradnju vjetroelektrana, kroz više projekata korištenja biomase i biogoriva te tržište sunčanih kolektora i ćelija koje se, iako za sada nerazvijeno, ubrzano razvija, a u pripremi je i nekoliko projekata malih hidroelektrana. Također postoji određen broj izgrađenih industrijskih kogeneracijskih postrojenja te javnih toplana koje se koriste kogeneracijskim procesima, a može se očekivati i znatno više industrijskih i malih kogeneracija s obzirom na sve veći broj postojećih idejnih projekata i inicijativa.

S obzirom na zakonsku obvezu donošenja podzakonskih propisa iz područja OIE i kogeneracije, što je osnovni preduvjet za njihov sustavan i organiziran razvoj, ali i značajan još uvijek neiskorišten potencijal obnovljivih izvora energije i kogeneracije, uspostavljen je cjeloviti pravni okvir i reguliranje uvjeta za ovakve projekte. Zbog toga su doneseni sljedeći akti:

1. akti koji proizlaze iz Zakona o energiji ("Narodne novine" 68/01, 177/04, 76/07, 152/08):
 - Pravilnik o korištenju obnovljivih izvora energije i kogeneracije (članak 14.,

stavak 2.)

- Tarifni sustav za proizvodnju električne energije iz obnovljivih izvora energije i kogeneracije (članak 28., stavak 3.)
- Uredba o naknadi za poticanje proizvodnje električne energije iz obnovljivih izvora energije i kogeneracije (članak 28., stavak 3.).

2. akti koji proizlaze iz Zakona o tržištu električne energije ("Narodne novine" 177/04, 76/07, 152/08):

- Uredba o minimalnom udjelu električne energije proizvedene iz obnovljivih izvora energije i kogeneracije u opskrbi električnom energijom (članak 26., stavak 4.).
- Pravilnik o stjecanju statusa povlaštenog proizvođača (članak 8., stavak 2.).

5.2 Povlaštenost proizvodnje iz obnovljivih izvora energije i kogeneracije

Za sva postrojenja koja se za proizvodnju električne energije koriste obnovljivim izvorima energije ili je proizvode u kogeneracijskom procesu, a pri tome ne mogu svojom proizvodnom cijenom ili proizvodnim karakteristikama konkurirati na tržištu električne energije, potrebno je osigurati mehanizme preuzimanja ukupne proizvedene električne energije statusom povlaštenog proizvođača. Zbog toga zakon definira da sva postrojenja koja se koriste otpadom, obnovljivim izvorima energije ili istodobno proizvode električnu i toplinsku energiju na gospodarski primjeren način koji je usklađen sa zaštitom okoliša, mogu steći status povlaštenog proizvođača.

Pravilnikom o stjecanju statusa povlaštenog proizvođača električne energije se propisuju vrste postrojenja, s obzirom na primjenu specifične tehnologije, koja se koriste obnovljivim izvorima energije za proizvodnju električne energije, a koja mogu steći status povlaštenog proizvođača. Propisane vrste postrojenja zadovoljavaju, odnosno postavljaju osnovne kriterije u skladu sa stručnom procjenom uvjeta na tržištu, razvojem tehnologija i situacijom na terenu u Republici Hrvatskoj te u skladu s relevantnim europskim direktivama. S obzirom na tehničke posebnosti primjene te gospodarsku i društvenu opravdanost, postrojenja koja mogu steći status povlaštenog proizvođača električne energije dijele se u dvije osnovne skupine: postrojenja instalirane električne snage manje ili jednake 1 MW priključena na distribucijsku elektroenergetsku mrežu i postrojenja instalirane električne snage veće od 1 MW priključena na prijenosnu ili distribucijsku elektroenergetsku mrežu. Smatra se da hidroelektrane snage

veće od 10 MW ne mogu steći status povlaštenog proizvođača električne energije jer ovakva postrojenja zbog dosadašnje izgrađenosti i ukupnih instaliranih kapaciteta mogu dovesti do značajnih poremećaja tržišnih odnosa u slučaju povlaštenosti njihove proizvodnje. Naime, zbog svojih proizvodnih karakteristika, mogućnosti upravljanja, podrazumijevajući očekivane preljeve zbog karakteristika hidrologije, gotovo potpune neovisnosti u odnosu na dobavljače (npr. energenata) te posebno realnih pogonskih troškova, ovakva su postrojenja u potpunosti konkurentna na tržištu električne energije. Zbog toga ne postoji potreba za zaštitom njihove proizvodnje stjecanjem statusa povlaštenosti u okviru ovog pravilnika, odnosno obveza preuzimanja ukupno proizvedene električne energije, jer ista postrojenja prilikom angažiranja elektrana dolaze na visoko mjesto u sustavu, i cijenom i proizvodnim karakteristikama. Time se osiguravaju realni odnosi i zdrave konkurentske sile na tržištu, što potiče razvitak nacionalnog tržišta električne energije.

Slično kao u postrojenja koja se koriste obnovljivim izvorima, propisuju se i vrste kogeneracijskih postrojenja koja mogu steći status povlaštenog proizvođača s obzirom na primjenu specifičnih kogeneracijskih procesa, tj. azmatrajući tehnokonomske specifičnosti primjene te gospodarsku opravdanost u smislu ekoloških doprinosa i doprinosa na tržištu. Kogeneracijska postrojenja koja mogu steći status povlaštenog proizvođača električne energije dijele se u dvije osnovne grupe: postrojenja instalirane električne snage manje ili jednake 1 MW priključena na distribucijsku elektroenergetsku mrežu i postrojenja instalirane električne snage veće od 1 MW priključena na prijenosnu i distribucijsku elektroenergetsku mrežu.

Priključenost na mrežu je nužan uvjet da bi se postrojenja uopće mogla kandidirati za status povlaštenih proizvođača, stoga je stjecanje statusa povlaštenosti za postrojenja koja nisu priključena na mrežu nemoguće. Ta postrojenja su izvan tržišta zbog činjenice da su odvojena od elektroenergetske mreže i zbog činjenice da ne mogu prodavati električnu energiju kupcima na tržištu. Također, Zakon o tržištu električne energije u članku 3., stavak 2. egzaktno propisuje koje su to tržišne djelatnosti te ne propisuje da su bilo koji subjekti koji ih proizvode isključivo za vlastite potrebe, u otočnom pogonu ili slično, sudionici tržišta, odnosno relevantni subjekti u smislu ovog Zakona.

S obzirom na gospodarsku primjerenost proizvodnje električne energije pojedinog postrojenja koje može steći status povlaštenog proizvođača električne energije, sva postrojenja koja se

koriste obnovljivim izvorima energije, uz prethodno diskutirane ograde, mogu steći ovaj status jer su prihvatljiva s gledišta racionalnoga gospodarenja energijom, kao i s ekološkoga gledišta. No razmatrajući kogeneracijska postrojenja, da bi se ustanovio gospodarski primjeren način proizvodnje, potrebno je izračunati uštedu primarne energije koju ostvaruje pojedino postrojenje. Status mogu steći postrojenja koja ostvaruju uštedu primarne energije najmanje 10%, odnosno, ako je riječ o kogeneracijskim postrojenjima manjim od 1MW instalirane električne snage, postrojenja moraju trošiti manje primarne energije no što bi bila potrošnja referentne odvojene proizvodnje. Ovime se osigurava usklađenost s ciljevima nacionalne energetske strategije i usklađenost s europskom Direktivom o promociji isključivo tzv. visokoučinkovite kogeneracije. Vezano uz zaštitu tržišta, odnosno osiguranje njegovih zdravih konkurentskih sila, kogeneracijska postrojenja stječu povlaštenost isključivo na temelju proizvodnje u kogeneracijskom procesu koji se temelji na korisnoj toplinskoj potrošnji i uštedi primarne energije. Ovo je osigurano odredbama propisanim uvjetima i načinom izračuna karakterističnih parametara kogeneracijske proizvodnje. Drugim riječima, proizvodnja električne energije izvan kogeneracijskog procesa (tj. kondenzacijski pogon) ne može imati status povlaštenosti. Time se osigurava zaštita gospodarski primjerene proizvodnje ovakvih postrojenja u obliku obveze preuzimanja proizvedene električne energije u kogeneracijskom procesu, a za moguću preostalu proizvodnju postrojenje ne može steći (gubi) status povlaštenog proizvođača. Preostalu proizvodnju mora plasirati izravno na tržištu ako je konkurentan cijenom i/ili proizvodnim karakteristikama.

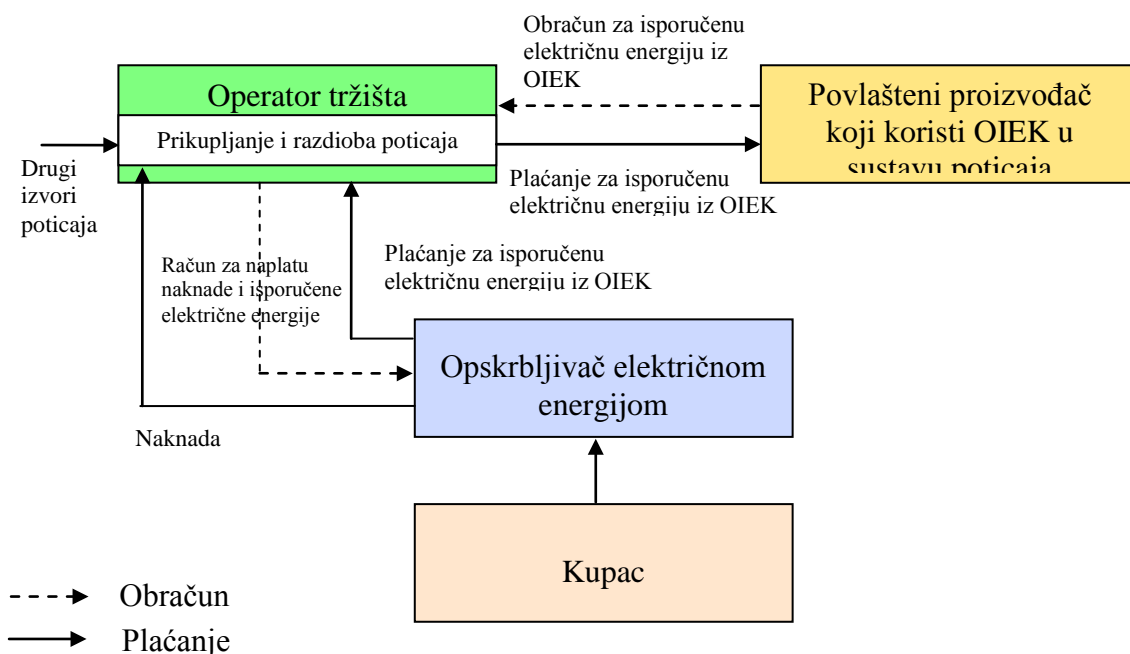
5.3 Institucionalni okvir

U području korištenja OIE i kogeneracije (priključenih na elektroenergetsku mrežu) važna uloga u organizaciji otkupa energije, reguliranju i provođenju financijskih ugovornih obveza, kao i prikupljanju i razdiobi poticaja za korištenje OIE i kogeneracije, predviđena je za operatora tržišta. Operator tržišta je, prema odredbama Zakona o tržištu električne energije, članak 30., stavak 1., odgovoran za:

- sklapanje ugovora sa svim opskrbljivačima radi osiguranja minimalnog udjela električne energije i kogeneracije
- prikupljanje naknade za poticanje OIE i kogeneracije od opskrbljivača kupaca
- sklapanja ugovora s povlaštenim proizvođačima koji imaju pravo na poticajnu cijenu
- obračun, prikupljanje i razdiobu sredstava prikupljenih od naknade za poticanje OIE i

kogeneracije na proizvođače električne energije iz OIE i kogeneracije na temelju sklopljenih ugovora.

Provedbenom organizacijom oživotvoruju se spomenute zakonske odredbe u cijelosti kroz lako provediv i jednostavno upravljiv sustav kojim se sredstva poticaja za podmirenje povećanih troškova proizvodnje iz pojedinih OIE i kogeneracije prikupljaju od svih kupaca (tarifnih i povlaštenih) preko energetskih subjekta za opskrbu i distribuiraju proizvođačima koji koriste OIE preko operatora tržišta. Korištenje prava na poticaje moguće je tek nakon završetka postupka odobrenja za postrojenje koje koristi OIE, a pravo na poticaj gubi se gubitkom statusa povlaštenog proizvođača. Shema dijela hrvatskog tržišta električne energije za obnovljive izvore energije prikazana je na *Slici 13*.



Slika 13. Shema dijela hrvatskog tržišta električne energije koji se odnosi na OIE

Postupci i način prikupljanja i razdiobe sredstava za namirenje poticaja te postupci obračuna i plaćanja uređeni su prijedlozima Tarifnog sustava za proizvodnju električne energije iz obnovljivih izvora energije i kogeneracije i Uredbom o naknadi za poticanje proizvodnje električne energije iz obnovljivih izvora energije i kogeneracije. U Tarifnom sustavom za proizvodnju električne energije iz obnovljivih izvora energije i kogeneracije predočene su poticajne cijene za obnovljive izvore energije i to odvojeno za postrojenja snage do uključivo 1 MW i snage iznad 1 MW, koje su prikazane na *Slici 14* i *Slici 15*. Trajanje ugovora o otkupu električne energije iz obnovljivih izvora po poticajnoj cijeni je 12 godina.

Grupa	Tip postrojenja	C za 2007.g. (kn/kWh)	Indeks potrošačkih cijena za 2007.g. XII 2007/XII 2006	C za 2008.g. (kn/kWh)	Indeks potrošačkih cijena za 2008.g. XII 2008/XII 2007	C za 2009.g. (kn/kWh)	Indeks potrošačkih cijena za 2009.g. XII 2009/XII 2008	C za 2010.g. (kn/kWh)
Postrojenje instalirane snage ≤ 1 MW								
1.a.1.	sunčane elektrane instalirane snage do uključivo 10 kW	3,40	105,8	3,5972	102,9	3,7015	101,9	3,7718
1.a.2.	sunčane elektrane instalirane snage veće od 10 kW do uključivo 30 kW	3,00	105,8	3,1740	102,9	3,2660	101,9	3,3281
1.a.3.	sunčane elektrane instalirane snage veće od 30 kW	2,10	105,8	2,2218	102,9	2,2862	101,9	2,3296
1.b.	hidroelektrane	0,69	105,8	0,7300	102,9	0,7512	101,9	0,7655
1.c.	vjetroelektrane	0,64	105,8	0,6771	102,9	0,6967	101,9	0,7099
1.d.1.	elektrane na biomasu iz šumarstva i poljoprivrede (granjevina, slama, koštice ...)	1,20	105,8	1,2696	102,9	1,3064	101,9	1,3312
1.d.2.	elektrane na krutu biomasu iz drvno-prerađivačke industrije (kora, piljevina, sječka ...)	0,95	105,8	1,0051	102,9	1,0342	101,9	1,0538
1.e.	geotermalne elektrane	1,26	105,8	1,3331	102,9	1,3718	101,9	1,3979
1.f.	elektrane na bioplin iz poljoprivrednih nasada (kukuruzna silaža ...) te organskih ostataka i otpada iz poljoprivrede i prehrambeno-prerađivačke industrije (kukuruzna silaža, stajski gnoj, klaonički otpad, otpad iz proizvodnje biogoriva ...)	1,20	105,8	1,2696	102,9	1,3064	101,9	1,3312
1.g.	elektrane na tekuća biogoriva	0,36	105,8	0,3809	102,9	0,3919	101,9	0,3993
1.h.	elektrane na deponijski plin i plin iz postrojenja za pročišćavanje otpadnih voda	0,36	105,8	0,3809	102,9	0,3919	101,9	0,3993
1.i.	elektrane na ostale obnovljive izvore (morski valovi, plima i oseka ...)	0,60	105,8	0,6348	102,9	0,6532	101,9	0,6656

Slika 14. Poticajne cijene za postrojenja priključena na distribucijsku mrežu instalirane snage do 1 MW, koja za proizvodnju električne energije koriste OIE [99].

Grupa	Tip postrojenja	C za 2007.g. (kn/kWh)	Indeks potrošačkih cijena za 2007.g. XII 2007/XII 2006	C za 2008.g. (kn/kWh)	Indeks potrošačkih cijena za 2008.g. XII 2008/XII 2007	C za 2009.g. (kn/kWh)	Indeks potrošačkih cijena za 2009.g. XII 2009/XII 2008	C za 2010.g. (kn/kWh)
Postrojenje instalirane snage > 1 MW								
2.a.	hidroelektrane (≤10 MW) do uključivo 5000 MWh proizvedenih u kalendarskoj godini	0,69	105,8	0,7300	102,9	0,7512	101,9	0,7655
	hidroelektrane (≤10 MW) za više od 5000 MWh do uključivo 15000 MWh proizvedenih u kalendarskoj godini	0,55	105,8	0,5819	102,9	0,5988	101,9	0,6102
	hidroelektrane (≤10 MW) za više od 15000 MWh proizvedenih u kalendarskoj godini	0,42	105,8	0,4444	102,9	0,4573	101,9	0,4660
2.b.	vjetroelektrane	0,65	105,8	0,6877	102,9	0,7076	101,9	0,7210
2.c.1.	elektrane na biomasu iz šumarstva i poljoprivrede (granjevina, slama, koštice ...)	1,04	105,8	1,1003	102,9	1,1322	101,9	1,1537
2.c.2.	elektrane na krutu biomasu iz drvno-prerađivačke industrije (kora, piljevina, sječka ...)	0,83	105,8	0,8781	102,9	0,9036	101,9	0,9208
2.d.	geotermalne elektrane	1,26	105,8	1,3331	102,9	1,3718	101,9	1,3979
2.e.	elektrane na bioplin iz poljoprivrednih nasada (kukuruzna silaža ...) te organskih ostataka i otpada iz poljoprivrede i prehrambeno-prerađivačke industrije (kukuruzna silaža, stajski gnoj, klaonički otpad, otpad iz proizvodnje biogoriva ...)	1,04	105,8	1,1003	102,9	1,1322	101,9	1,1537
2.f.	elektrane na tekuća biogoriva	0,36	105,8	0,3809	102,9	0,3919	101,9	0,3993
2.g.	elektrane na deponijski plin i plin iz postrojenja za pročišćavanje otpadnih voda	0,36	105,8	0,3809	102,9	0,3919	101,9	0,3993
2.h.	elektrane na ostale obnovljive izvore (morski valovi, plima i oseka ...)	0,50	105,8	0,5290	102,9	0,5443	101,9	0,5546

Slika 15. Poticajne cijene za postrojenja priključena na prijenosnu ili distribucijsku mrežu, instalirane snage veće od 1 MW, koja za proizvodnju električne energije koriste OIE [99].

5.4 Definiranje ciljeva u području korištenja obnovljivih izvora energije i kogeneracije

Jedan od ključnih uvjeta za razvitak tržišta i povećano korištenje obnovljivih izvora energije i kogeneracije jest definiranje kvantitativnih ciljeva, odnosno veličine njihova budućeg tržišta u nadolazećem srednjoročnom razdoblju. Zbog specifičnosti obnovljivih izvora energije i kogeneracije i njihova nerazvijenoga tržišnog statusa, potreban je značajan napor države i politička volja za poticanje novih i čistih tehnologija jer ovaj podsektor može zaživjeti samo u reguliranim uvjetima uređenih odnosa, uređenom sustavu cijena i trajanja otkupa energije te uklonjenih administrativnih zapreka i dr. Za razvitak obnovljivih izvora energije i kogeneracije nužna je trajna skrb i praćenje provedbe, s mogućnošću jednostavnog i brzog djelovanja na nacionalnoj i lokalnoj razini.

Sve zemlje Europske unije imaju vlastitu strategiju za korištenje obnovljivih izvora energije. Energetska strategija je potrebna kako zbog utvrđivanja ciljeva i mjera tako i zbog preuzetih međunarodnih obveza u zaštiti okoliša te zbog prilagodbe energetskog sektora uvjetima gospodarenja energijom na zajedničkom tržištu Europske unije.

U tom pogledu, Okvirnom konvencijom UN-a o klimatskim promjenama (Kyoto) te Konferencijom o okolišu i razvitku UN-a (Rio de Janeiro) iz 1992. godine, Hrvatska se kao zemlja potpisnica obvezala buduću razvitak energetskog sektora zasnivati na proizvodnji i potrošnji energije u skladu sa zahtjevima za zaštitom ljudskog zdravlja, očuvanjem biološke i krajobrazne raznolikosti te kvalitete lokalnog, regionalnog i globalnog okoliša. Razvoj i korištenje obnovljivih izvora dugoročno doprinosi:

- diversifikaciji proizvodnje energije i sigurnosti opskrbe
- smanjenju ovisnosti o uvozu energenata
- smanjenju utjecaja uporabe fosilnih goriva na okoliš
- otvaranju novih radnih mjesta i razvitku poduzetništva u energetici
- poticanju razvitka novih tehnologija i domaćeg gospodarstva u cjelini
- ulaganju u ruralna područja, područja od posebne državne skrbi, obalna područja i otoke.

Ostvarenje interesa Republike Hrvatske i definiranje cilja nacionalne politike u području

obnovljivih izvora energije i kogeneracije (ZoE, članak 14., st. 1.) u Hrvatskoj je zamišljeno tako da Vlada Republike Hrvatske, Uredbom o minimalnom udjelu električne energije proizvedene iz obnovljivih izvora energije i kogeneracije, u opskrbi električnom energijom propiše minimalan udio obnovljivih izvora energije i kogeneracije koji su energetske subjekti za opskrbu (tarifnih i povlaštenih kupaca) obvezni preuzeti u strukturi energije koju nude krajnjim kupcima.

6. TEHNOLOGIJE ISKORIŠTAVANJA ENERGIJE BIOMASE

Povijesno gledano, početku intenzivne uporabe fosilnih goriva prethodila je uporaba biomase, odnosno drva kao primarnog i gotovo jedinog izvora energije. Danas je biomasa značajan izvor toplinske energije u zemljama u razvoju pri čemu je, nažalost, održivost njezina korištenja upitna. U razvijenim zemljama se značajna količina toplinske energije iz biomase proizvodi uvažavajući načela održivog razvitka i odgovornog gospodarenja.

Energetsko iskorištavanje biomase za dobivanje toplinske energije najčešće se vezuje uz energetske neučinkovite tehnologije, no primjeri iz razvijenih zemalja pokazuju upravo suprotno. Suvremeni sustavi energetskog iskorištavanja biomase omogućavaju izrazito visoku učinkovitost korištenja goriva koja može iznositi i preko 90%. Pri pretvorbi energije u drvnom proizvodnom lancu u modernim bioenerganama koje se rabe u drvnoj industriji, sustavu područnoga grijanja, kogeneraciji i za zagrijavanje obiteljskih kuća ugrađena su vrhunska tehnološka dostignuća.

Višestoljetna tradicija iskorištavanja drvene biomase u energetske svrhe u Hrvatskoj postoji zahvaljujući šumskom bogatstvu, što je pogotovo prisutno u drvoprerađivačkoj industriji. U njezinim proizvodnim procesima nastaju velike količine drvnog otpada koji se samo djelomično iskorištava, jednim dijelom za vlastite energetske potrebe, a drugim dijelom izvozom za daljnju preradu. Do sada je veliki dio neiskorištena otpada bio uklanjan na različite načine, što je uzrokovalo materijalne troškove i probleme utjecaja na okoliš. Najnovija situacija poticanja obnovljivih izvora energije mijenja dosadašnje vrednovanje biomase dajući joj komercijalnu vrijednost, stoga se više ne promatra kao otpad. Proizlazeća cijena goriva time utječe na isplativost izgradnje energetskih postrojenja na biomasu, tako da je najisplativije koristiti se lokalno nastalim ostacima.

U procesima izgaranja biomase, zbog njihova utjecaja na okoliš, posebna se pozornost posvećuje dimnim plinovima i krutom ostatku. Plinovita se emisija CO, NO_x i ostalih štetnih tvari u suvremenim postrojenjima svodi na najmanju moguću mjeru. Mjerenja u postojećim bioenerganama potvrđuju da su te emisije znatno ispod zakonom propisanih graničnih vrijednosti.

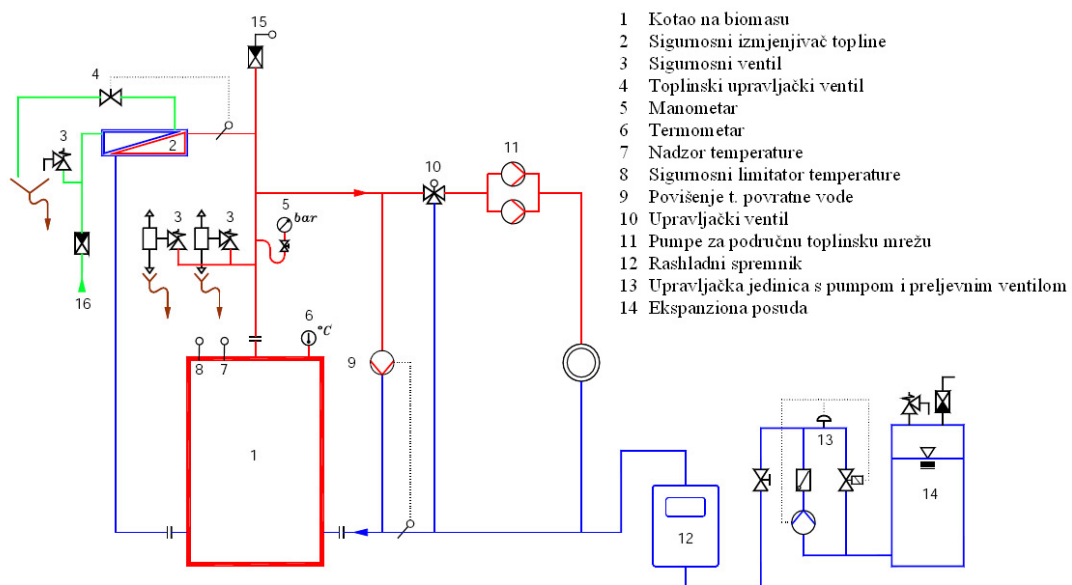
Malim toplinskim sustavom u korištenju biomase smatra se postrojenje za grijanje snage do 1 000 kW (1 MW). Takva postrojenja su manja i djelomično se razlikuju od sustava

područnoga grijanja. U zemljama EU postoji znatan broj takvih postrojenja koja se kao gorivom mogu koristiti svim vrstama biomase, no prevladavaju postrojenja na drvenu masu i slamu te su u pravilu automatizirana.

Sustavi područnoga grijanja na biomasu su najčešće toplinski sustavi snage od 1 do 10 MW_t, a često se grade tako da rade u kombinaciji s postojećim sustavima na loživo ulje ili ugljen. Kao gorivo se upotrebljava slama ili drvena masa različita podrijetla. Postrojenja koja se kao pogonskim gorivom koriste biomasom najčešće se koriste sljedećim tehnologijama izgaranja:

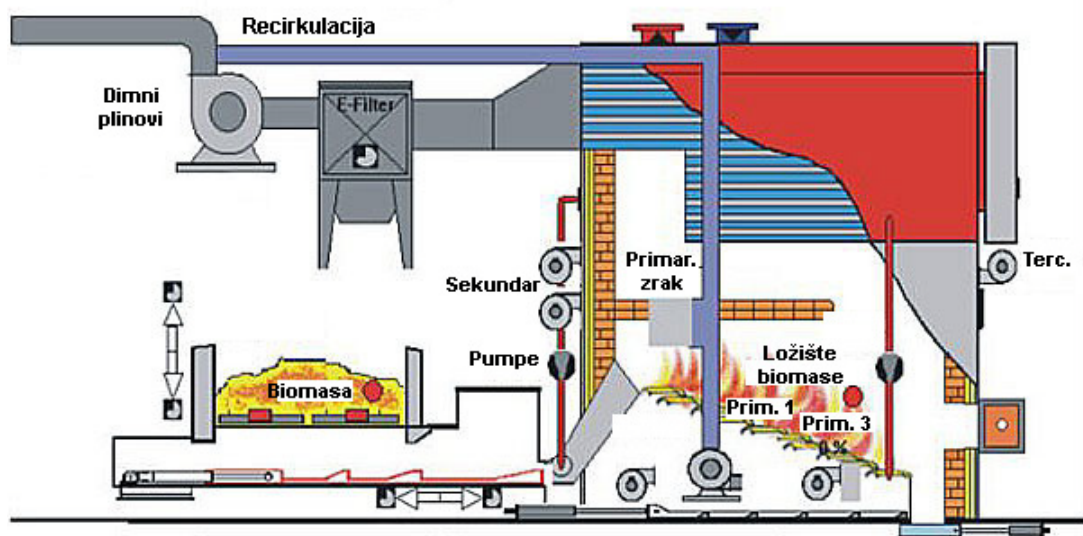
- izgaranje u nepokretnom sloju u ložištima s rešetkom
- izgaranje u mjehuričastom fluidiziranom sloju (eng. Bubbling Fluidised Bed – BFB)
- izgaranje u cirkulirajućem fluidiziranom sloju (eng. Circulating Fluidised Bed – CFB)
- izgaranje prašenog goriva u prostoru.

Odabir tehnologije najviše ovisi o veličini postrojenja. Kada je riječ o tehnološkim značajkama, izravno spaljivanje biomase je uhodana tehnologija za pretvorbu biomase u toplinu na komercijalnoj razini. Izgaranje se danas najčešće provodi na rešetkastom ložištu koje omogućuje miješanje goriva i kontroliran dotok zraka.



Slika 16. Dijagram elemenata sustava područnoga grijanja s kotlom na biomasu

S gledišta uporabe toplinske energije u drvnoj industriji i poljoprivredi, u osnovi su prisutni niskotlačni i visokotlačni kotlovi i energetska postrojenja. Sami kotlovi na biomasi izvode se kao dimocijevni ili vodocijevni. Dimocijevni se izvode uglavnom za postrojenja snage do 25 MW. Zbog uporabe u industrijskim pogonima, pogotovo u drvnoj industriji, dimocijevni kotlovi imaju izuzetno široku primjenu. Industrijski vodocijevni kotlovi na biomasi rade se za veće industrijske potrošače i veća postrojenja snage od 2 do 50 MW. Proizvodnja topline iz biomase u niskotlačnim kotlovima najraširenija je u manjim pogonima, ponajprije radi vlastitih potreba industrija za toplinom te tehnoloških potreba za vodom ili parom nižih parametara. Ovi kotlovi i postrojenja se izvode kao toplovodni, vrelovodni i niskotlačni parni.

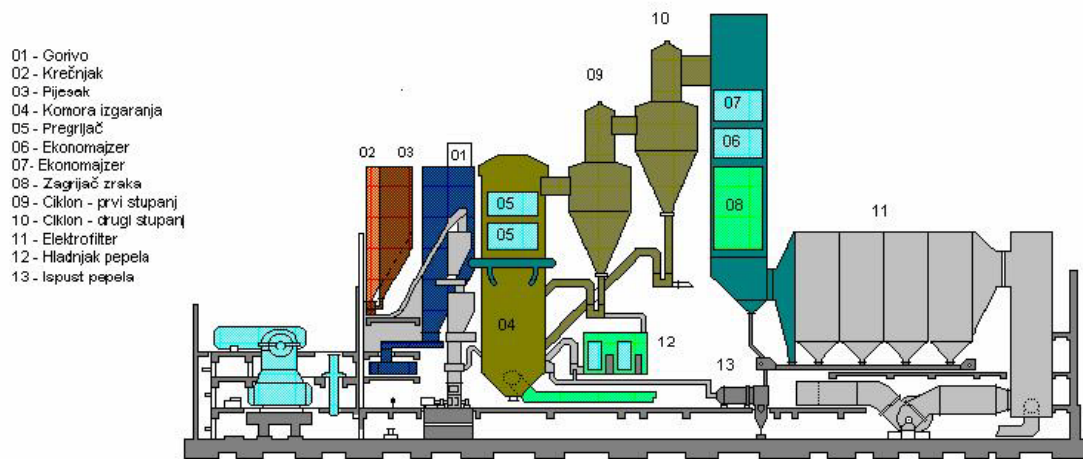


Slika 17. Prikaz kotlovskog postrojenja loženog biomasom

Proizvodnja topline iz biomase u visokotlačnim kotlovima provodi se u većim pogonima radi grijanja te tehnoloških potreba za vodom ili parom viših parametara. Ovi se kotlovi i postrojenja izvode kao vrelovodni i parni za proizvodnju zasićene pare. Primjenjuju se i parni kotlovi s pregrijačem pare (za parametre 40 bara i 400°-450°C) koji obično rade u spojnem procesu s parnom turbinom. Uobičajeni kapaciteti pare su između 10 i 50 t/h.

Rešetkasta ložišta su dokazana i pouzdana tehnologija kojom se omogućava korištenje goriva različitih svojstava (udio vlage i veličina čestica), a razne izvedbe omogućuju visok stupanj kontrole i učinkovitosti. No suvremeni razvoj usmjeren je na maksimalno smanjenje emisije, što je, kao alternativu sustavima s rešetkom, dovelo do razvitka tehnologije izgaranja u fluidiziranom sloju. U rešetkastih ložišta uvjeti izgaranja nisu homogeni kao pri izgaranju u

fluidiziranom sloju te je osjetljivost na promjene vlažnosti goriva i veličine čestica veoma izražena.



Slika 18. Prikaz postrojenja za izgaranje biomase u fluidiziranom sloju

Osim prethodno navedenoga, u razvoju i primjeni javljaju se i nekonvencionalni toplinski ciklusi za kogeneraciju bez korištenja vodene pare. Tako su prisutna turbinska postrojenja s vrućim zrakom, pri čemu se komprimirani zrak ubacuje u zagrijački dio odgovarajućega kotla na biomasu te ekspandira u turbinskom dijelu turbokompresora, nakon čega može dalje predavati toplinu odgovarajućem procesu – grijanju ili tehnološkim potrebama. Ovo je pogodno za manja toplinska postrojenja u industriji gdje je potrošnja topline lokalna.

Iskorištavanje biomase u energetske svrhe podrazumijeva složene sustave s različitim sirovim materijalima i procedurama pripreme goriva, što svakako pruža i brojne različite mogućnosti primjene. Energetske tehnologije za iskorištavanje biomase mogu proizvesti toplinsku i/ili električnu energiju, ali i biogoriva (kruta, tekuća i plinovita). Danas se biomasom još uvijek najvećim dijelom koristi na tradicionalan način (kao ogrjevnim gorivom u kućanstvima i malim industrijskim postrojenjima) koji nije nužno i održiv.

Izuzetno velika prednost biomase u odnosu na ostale obnovljive izvore energije (primjerice, vjetar ili sunce) je njezina mogućnost skladištenja i uporaba prema potrebi. Dakle, biomasa može osigurati konstantnu, nepromjenjivu opskrbu energijom.

Raspoložive tehnologije iskorištavanja biomase za proizvodnju toplinske i električne energije mogu se podijeliti na sljedeći način:

- proces sa Stirling motorom
- inverzni plinsko-turbinski ciklus
- indirektni plinsko-turbinski ciklus
- parni proces
- organski Rankineov ciklus.

Specifični investicijski troškovi za prethodno nabrojene tehnologije kreću se u rasponu od 1 600 i 4 500 €/kW_{el}. Pregled osnovnih parametara elektrana na biomasu koje se koriste različitim tipovima goriva prikazan je u *Tablici 15*.

Tablica 15. Osnovne karakteristike elektrana na biomasu [89], [100] i [101]

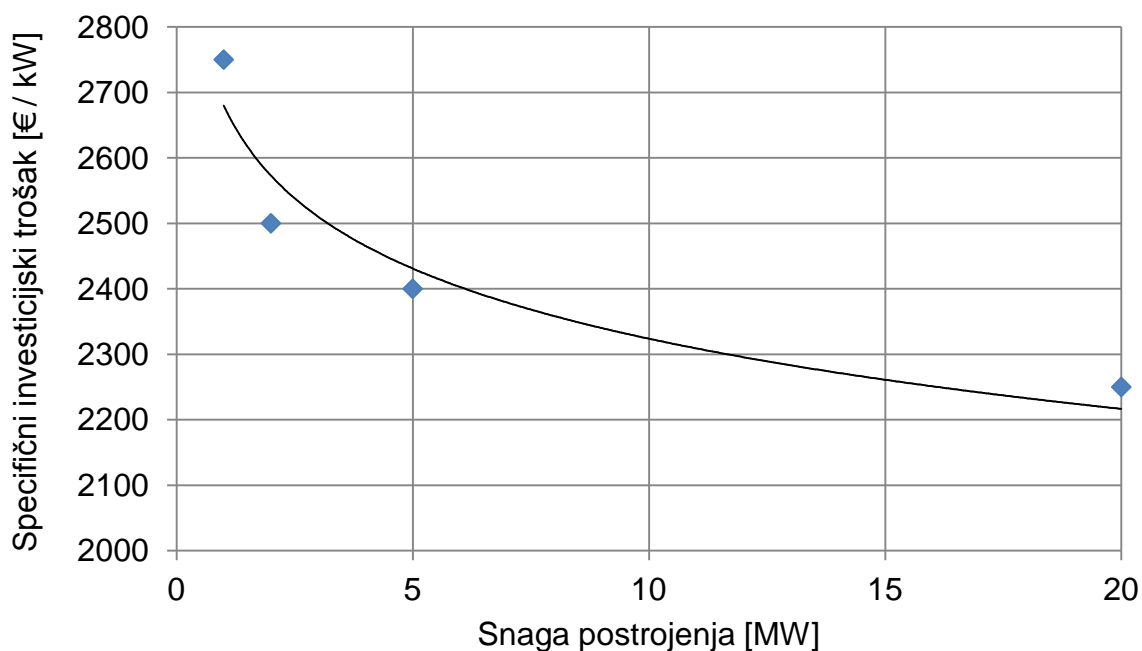
Snaga (MW _e)	Investicijski trošak (€/kW)	Trošak vođenja i upravljanja (c€/kWh)	η_{PP-E} (%)	Faktor rada (h/god)	Donja ogrjevna vrijednost (GJ/t)	Cijena biomase vrijednost (€/t)
Šumski ostaci						
1 MW	4.100	1,54	29	7.971,6	8,5	36,9
10 MW	1.300	0,56	35	7.884	8,5	40
Slama						
1 MW	4.200	2,11	29	7.971,6	13,74	36,4
10 MW	1.700	1	29	7.884	13,74	38,5
Kukuruzovina						
1 MW	4.400	2,21	27	7.971,6	14,7	36,1
10 MW	1.850	1,01	25	7.884	14,7	39,85

Elektrane koje se koriste organskim Rankineovim ciklusom (ORC) vrlo su obećavajuće rješenje za kogeneracijska postrojenja na biomasu, nazivnih snaga proizvodne jedinice između 450 i 1.500 MW_{el}. ORC je termodinamički proces koji se pri proizvodnji električne energije koristi organskim radnim fluidom, a ne, kako je uobičajenije, parom. Neke od praksom potvrđenih prednosti ORC tehnologije su visoka raspoloživost, niski troškovi održavanja, potpuno automatiziran rad i visoka učinkovitost proizvodnje električne energije. Ove tehnologije uobičajeno primjenjuju kogeneracijski centralizirani toplinski sustavi i

kogeneracije u drvnoprerađivačkoj industriji, koji bilježe značajan porast broja instaliranih postrojenja.

Na *Slici 19* prikazani su troškovi i pretpostavke za projekt izgradnje elektrane na biomasu. Takvi projekti najviše se oslanjaju na mogućnost nabave goriva (biomase) na tržištu po cijenama (procjena) prikazanima u *Tablici 15*. Osnovne karakteristike elektrana na biomasu. Investicijski troškovi, posebice specifični investicijski troškovi izraženi u € po instaliranom kapacitetu (€/ kW) energetskih postrojenja, ovisno o vrsti i kapacitetu postrojenja. *Slika 19* prikazuje specifične investicijske troškove kogeneracijskog postrojenja na biomasu. Ovi troškovi obuhvaćaju sljedeće sastavnice:

- gorivo silosa i sustav prenošenja
- generator pare s izgaranjem i sustav odvodnje pepela
- parnu turbinu s generatorom i kondenzatorom za hlađenje zraka
- rasklopno postrojenje
- klimu i dimovodni sustav
- čišćenje dimnih plinova (DeNO_x, EPC)
- električni i sustav kontrole
- pomoćnu oprema
- priključak na mrežu daljinskoga grijanja
- troškove građevinskih radova.



Slika 19. Prosječni specifični investicijski troškovi za kogeneracijska postrojenja na biomasu (Siemens, Urbas)

6.1 Temeljne značajke kogeneracije

Kogeneracijska postrojenja su se dugo razvijala u energetski intenzivnoj industriji u kojoj postoje ujednačene potrebe za toplinskom i električnom energijom. Najčešći kogeneracijski procesi za ovakve primjene su tradicionalno parno-turbinski ciklus koji omogućuje korištenje otpadne pare za procesnu toplinu. Intenzivan razvoj u posljednja dva desetljeća omogućio je razvitak velikog broja dostupne opreme, stoga je danas primjena različitih kogeneracijskih postrojenja pogodna za različite sustave.

Osnovne cjeline svakog kogeneracijskog sustava čine:

- uređaj za dobavu i pripremu goriva
- postrojenje za proizvodnju električne energije
- sustav za korištenje otpadnom toplinom
- sustav ispušnih (dimnih) plinova
- upravljački i kontrolni sustav.

Kogeneracijsko postrojenje se, u pogledu priključka i pogona u odnosu na distribucijsku mrežu, najčešće izvodi za paralelan rad s električnom distributivnom mrežom, podmirujući pritom vlastite potrebe za električnom energijom, pri čemu se mogući viškovi predaju u vanjsku mrežu. Jasno, kogeneracijsko postrojenje može raditi i u odvojenom (otočnom)

pogonu, kada isključivo podmiruje potrošnju električne energije na objektu (kompleksu). Moguće su i kombinacije paralelnog pogona uz mogućnost odvojenog pogona. Kogeneracijski sustav ise mogu koncipirati prema različitim pogonskim agregatima, a s obzirom na vrstu agregata razlikuju se ovi osnovni tipovi kogeneracijskih procesa:

- kogeneracija na bazi parnih turbina
- kogeneracija na bazi plinskih turbina
- kogeneracija na bazi motora s unutarnjim izgaranjem
- kogeneracija na bazi kombiniranog ciklusa
- kogeneracija na bazi gorivih ćelija.

Ostale tehnologije, poput stapnih parnih i ostalih motora, rijetko su korištene ili su još uvijek u demonstracijskom, a ne komercijalnom pogonu. Motori s unutarnjim izgaranjem ili plinske turbine male snage najčešće se koriste za električne potrebe do nekoliko MW, s tim da se, ako potražnja prelazi 3 MWe, češće koriste plinske turbine. S druge strane, u projektima industrijskih kogeneracija velikih snaga, obično se koristi kombinirani ciklus i katkad parne turbine. U *Tablici 16* prikazane su osnovne značajke pojedinih tipova kogeneracijskih procesa i njihovo korištenje, ovisno o kakvoći toplinske energije i kapacitetu postrojenja. Motori s unutarnjim izgaranjem najčešće se koriste kada se zahtijeva toplinska energija u obliku tople ili vrele vode. U industrijskim aplikacijama se obično zahtijeva toplinska energija u obliku pare te se, sukladno tomu, više koriste plinske turbine ili kombinirani ciklus. U plinskih turbina i motora s unutarnjim izgaranjem izravno se mogu koristiti ispušni plinovi dobiveni u procesu, pa se takvi sustavi često koriste u procesima sušenja ili sličnim procesima.

Razmatrajući primjenu kogeneracijskih procesa u GVK postrojenjima, može se ustanoviti da se u pravilu kao pogonski agregat koriste motori s unutarnjim izgaranjem, a u budućnosti se može očekivati česta primjena gorivih ćelija.

Radi boljeg razumijevanja same tehnologije kogeneracije te konačnog razumijevanja pogodnosti i mogućnosti korištenja pojedinih tehnologija u GVK postrojenjima, u nastavku su ukratko prikazana osnovna svojstva navedenih kogeneracijskih procesa. Na kraju će se detaljnije razmatrati kogeneracija na bazi motora s unutarnjim izgaranjem.

Tablica 16. Osnovne karakteristike kogeneracijskih procesa [88]

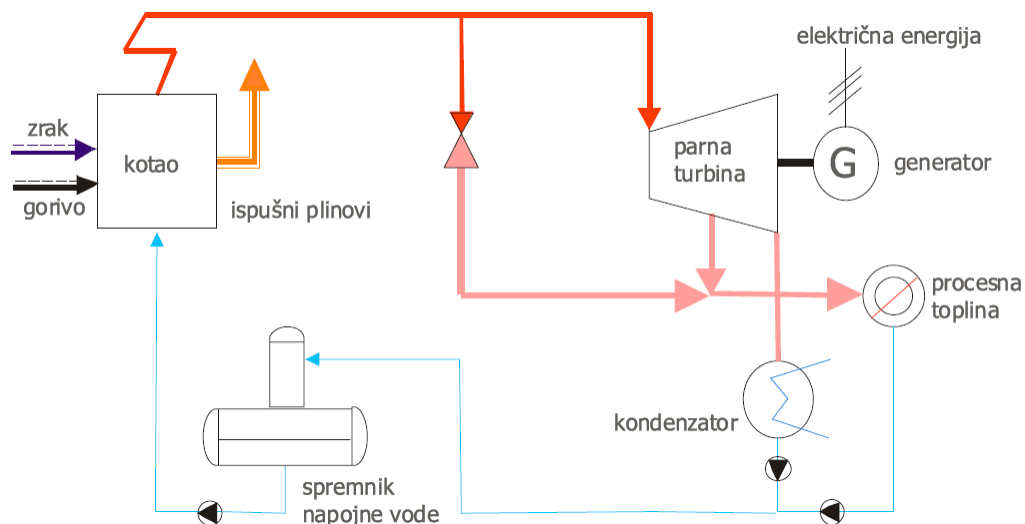
Vrsta agregata	Gorivo	Kapacitet [MW _e]	Učinkovitost		Temperaturna razina	Najčešća primjena
			Električna	Ukupna		
Parna turbina	bilo koje	500 kW _e - 500 MW _e	7-20%	60-80%	120 - 400°C	korištenje biomase (područno grijanje i industrija)
Plinska turbina	plinovito i tekuće	250 kW _e - 50 MW _e	25-42%	65-87%	120 - 500°C	industrija, područno grijanje
Kombinirani ciklus	plinovito i tekuće	3 MW _e - 300 MW _e	35-55%	73-90%	120 - 400°C	industrija (procesna), područno grijanje
Plinski i Diesel motor	plinovito i tekuće	3 kW _e - 20 MW _e	25-45%	65-92%	80 - 120°C	GVK sustavi, prehrambena i tekstilna industrija, staklenici
Goriva ćelija	plinovito i tekuće	3 kW _e - 3 MW _e	~37-50%	~85-90%	80 - 100°C	GVK sustavi
Stirling motor	bilo koje	3 kW _e - 1,5 MW _e	~40%	65-85%	80 - 120°C	GVK sustavi

6.2 Tipovi kogeneracijskih postrojenja

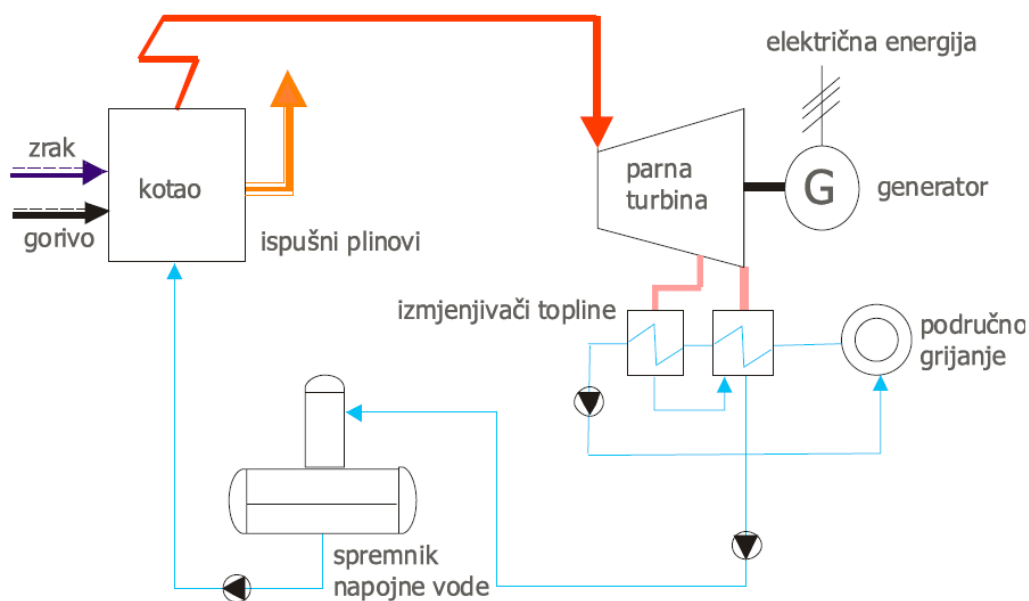
6.2.1 Kogeneracija na bazi parne turbine

Kogeneracija s parnim turbinama ili parno-turbinski kogeneracijski proces sastoji se od dva osnovna elementa - parne turbine i generatora pare te pomoćnih sustava. S obzirom na proces, odnosno tlak pare na izlazu iz turbine, postoje dva tipa parno-turbinskih kogeneracija:

- kogeneracija s kondenzacijskom turbinom s oduzimanjem (tlak pare na izlazu iz turbine niži od atmosferskog), (Slika 20)
- kogeneracija s protutlačnom turbinom (tlak pare na izlazu iz turbine viši od atmosferskog), (Slika 21).



Slika 20. Principijelna shema kogeneracije na bazi kondenzacijske parne turbine



Slika 21. Principijelna shema kogeneracije na bazi protutlačne turbine

U protutlačnih turbina se za proizvodnju toplinske energije direktno koristi para iz turbine, dok se u kondenzacijskih turbina koristi para s oduzimanja iz srednjih turbinskih stupnjeva (eventualno i toplina kondenzacije pare koja bi se inače morala odvesti rashladnom vodom). Konceptija, parametri i izvedba postrojenja ovise o potrebama potrošača energije te o raspoloživu gorivu. Kondenzacijske turbine najčešće nisu dio industrijskih ili kogeneracijskih postrojenja u poljoprivredi, ali se češće primjenjuju u kogeneracijskim

procesima javnih toplana. Ukupna energetska učinkovitost parno-turbinske kogeneracije je relativno visoka i uobičajeno iznosi od 60 do 85%. Postrojenje na bazi parne turbine proizvodi bitno manje električne energije nego toplinske i električna učinkovitost najčešće iznosi od 15 do 20%.

Za razliku od ostalih kogeneracijskih uređaja, primjene s parnom turbinom ne ograničavaju se na jedno gorivo (kao npr. plin), budući da se generatori pare mogu koristiti različitim krutim, tekućim ili plinovitim gorivima, ako to dopušta normativa o zaštiti okoliša (ugljen, lako i teško ulje, plin, ostala goriva). Ova vrsta postrojenja često se može naći u industrijskim postrojenjima u kojima se zahtijeva para pod različitim tlakom ili u postrojenjima s velikom energetsom potrošnjom (toplinskom ili električnom).

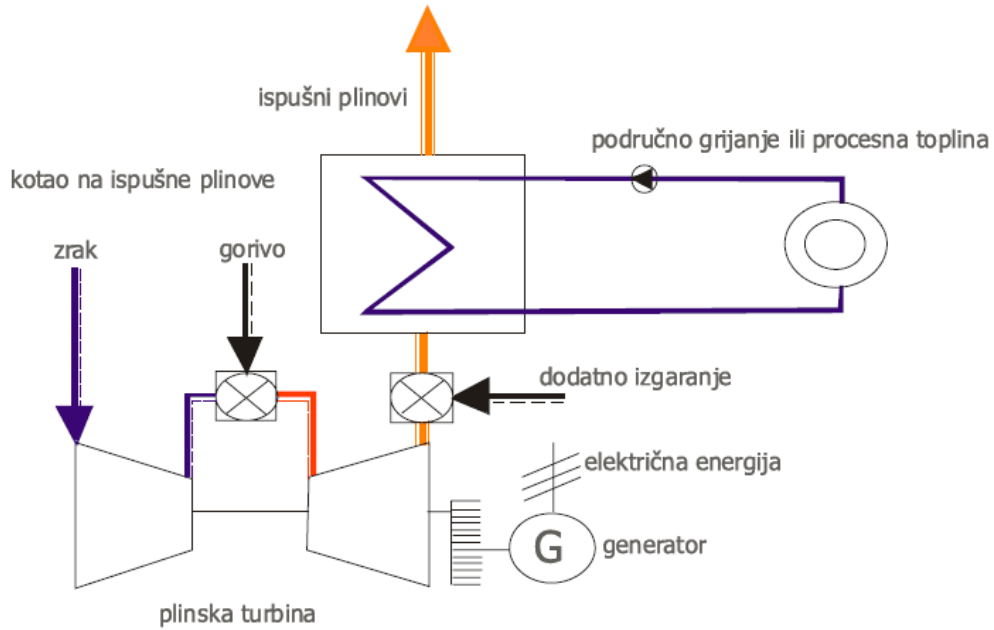
Zbog ekonomskih razloga, manja kogeneracijska postrojenja s parnim turbinama imaju opravdanje samo za primjenu krutih goriva, posebno biomase, i danas se najčešće koriste upravo na lokacijama gdje je biomasa raspoloživa kao gorivo. Najpovoljnije je rješenje kada je izvor goriva sam tehnološki proces industrijskog postrojenja (izgorivi nusproizvodi ili tehnološki otpad) pa se na taj način uz proizvodnju energije rješava i problem otpada. Također su česte primjene u centraliziranim toplinskim sustavima za opskrbu toplinskom i električnom energijom manjih mjesta i gradova, posebno u ruralnim sredinama gdje je raspoloživa i veća količina biomase.

6.2.2 Kogeneracija na bazi plinske turbine

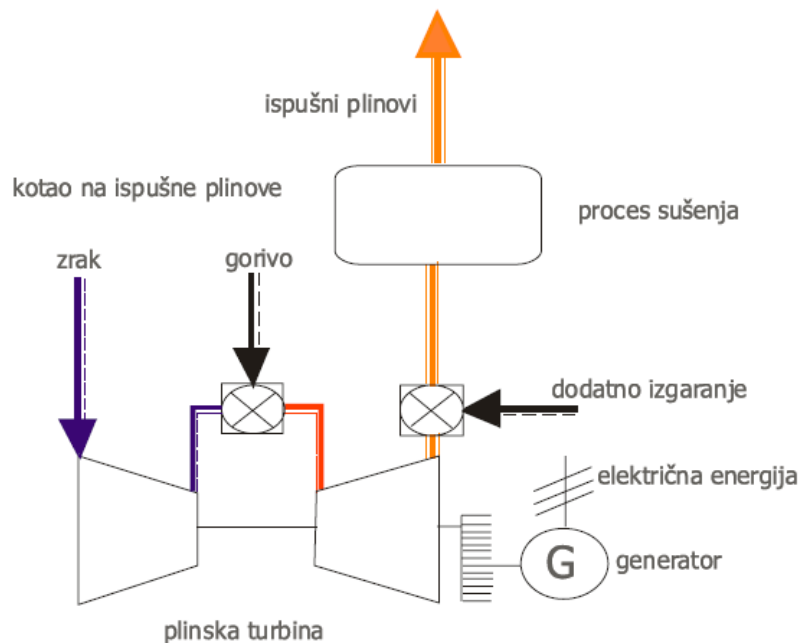
Kogeneracijsko postrojenje s plinskim turbinama ili plinsko-turbinski kogeneracijski proces sastoji se od plinsko-turbinskog agregata, generatora i ostalih pomoćnih sustava. Plinsko-turbinski agregat je kompaktna cjelina koja se sastoji od kompresora, komore za izgaranje, plinske turbine i uređaja za upuštanje u pogon.

Za proizvodnju toplinske energije koriste se ispušni plinovi s izlaza iz turbine, visoke temperature (450-600°C) i visokog sadržaja kisika. Najčešća rješenja primjene plinske turbine u kogeneracijskim procesima su sljedeća:

- proces s kotlom utilizatorom (*Slika 22*)
- direktna upotreba ispušnih plinova (*Slika 23*).



Slika 22. Principijelna shema plinsko-turbinske kogeneracije s kotlom utilizatorom



Slika 23. Principijelna shema plinsko-turbinske kogeneracije uz direktnu upotrebu ispušnih plinova

U postrojenju s kotlom utilizatorom vrući ispušni plinovi vode se iz turbine kroz ispušni kanal do parnoga kotla na ispušne plinove (kotao utilizator). Ako je potrebno, proizvedena razina toplinske energije može se povećati dodatnim izgaranjem goriva u kotlu utilizatoru, što je

moгуće zbog relativno velike količine kisika u ispušnim plinovima. Kogeneracijski sustavi s kotlom utilizatorom proizvode toplinsku energiju u obliku pare viših parametara koja je povoljna za primjenu u različitim tehnološkim procesima ili u velikim sustavima grijanja (sustavi područnoga grijanja).

Karakteristike vrućih ispušnih plinova koji se dobivaju na izlazu iz plinske turbine povoljne su za njihovu direktnu primjenu, prvobitno u procesima sušenja ili pak u pećima gdje je izgaranje potrebno do određene granice. Direktna uporaba ispušnih plinova iz plinskih turbina uklanja uporabu posrednih medija i osigurava učinkovitiju predaju energije.

U primjeni plinsko-turbinskih agregata razlikujemo dvije osnovne izvedbe: turbine posebno konstruirane za stacionarnu ugradnju u energetici ili brodogradnji, tzv. industrijske turbine, i turbine konstruirane u zrakoplovnoj industriji koje su prilagođene za primjenu u industriji (energetici), tzv. aeroderivatne turbine.

Gorivo za plinsko-turbinsko kogeneracijsko postrojenje je prirodni plin ili ekstra-lako ulje (često kao rezervno gorivo). Za pogon plinske turbine potreban je visoki tlak plina, od 13 do 20 bara, ovisno o tipu agregata i proizvođaču. U slučaju da je na potencijalnoj lokaciji raspoloživ plin niskog tlaka (npr. iz gradske distribucijske mreže), potrebno je ispred plinske turbine ugraditi plinski kompresor.

Ukupna energetska učinkovitost ovakvih kogeneracijskih procesa iznosi od 60 do 80%. Nominalna električna (mehanička) učinkovitost malih i srednjih plinskih turbina iznosi od 25 do 35%, dok je u većih turbina viša i u novijih sustava dostiže do 42 %. S obzirom na to da opterećenje pod kojim radi plinska turbina značajno utječe na njezinu mehaničku učinkovitost, preporučuje se da pogon ovih agregata bude uvijek približno jednak njihovoj nominalnoj pogonskoj snazi. Neke od osnovnih značajki plinskih turbina su velika pouzdanost, relativno malo zagađenje okoline zbog korištenja plina, niska cijena po instaliranoj jedinici snage, kratak start do pune snage i relativno mali prostor za ugradnju.

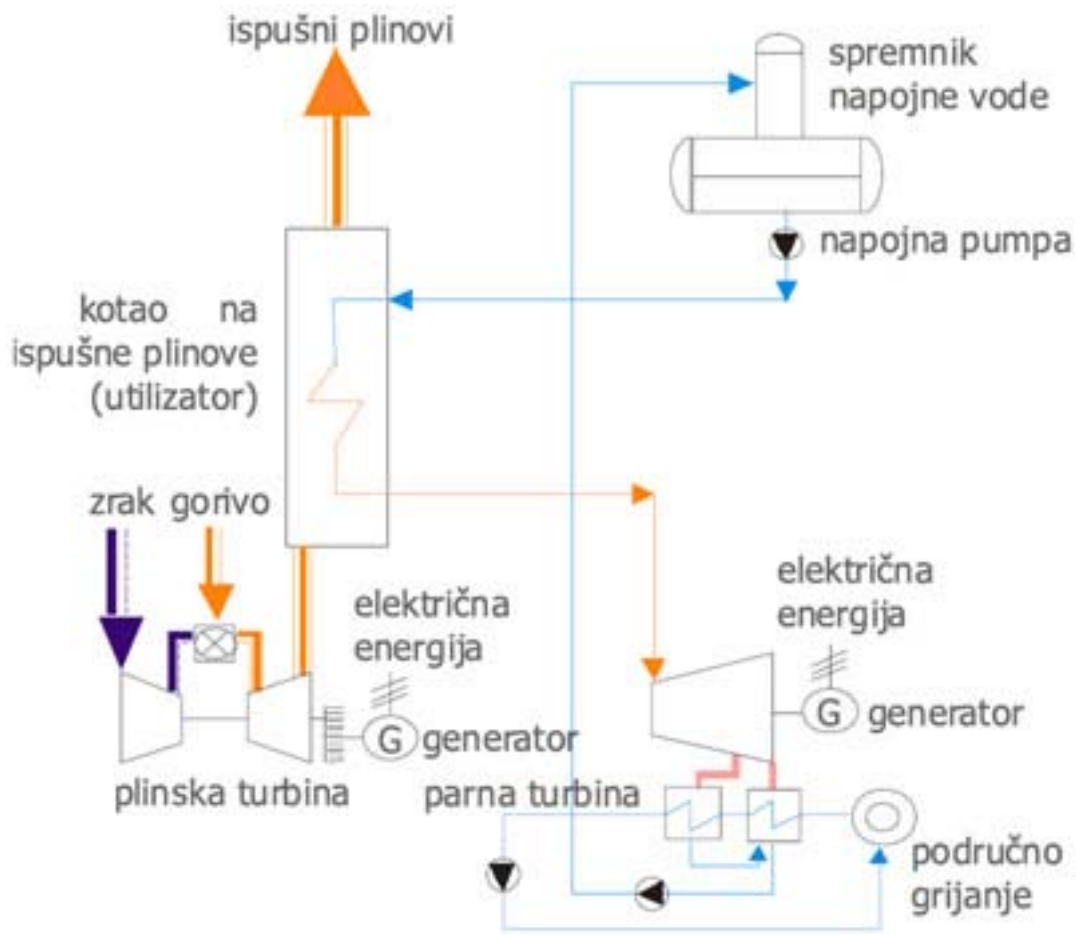
Budući da zahtijevaju korištenje agregata najmanje električne snage 500 kW, samo postrojenja s velikom električnom potrošnjom primjenjuju kogeneracijska postrojenja s plinskim turbinama jer oprema s nižom snagom trenutno ne pruža dovoljne ekonomske i tehničke prednosti. Ipak, poznati su primjeri u kojima se ovakvim kogeneracijama koriste i veći GVK sustavi, poput onih u bolnicama i slično.

Danas se razvijaju tzv. mikroturbine, plinske turbine vrlo malih snaga, od 25 do 500 kW_e, čija je energetska učinkovitost visoka (do 80%), koje imaju dobru pogonsku fleksibilnost i trajnost te malen utjecaj na okoliš. Iako ovakvi sustavi nisu još u komercijalnoj primjeni, u budućnosti se može očekivati njihova šira primjena u GVK sustavima, čak i u sustavima grijanja i hlađenja obiteljskih kuća i slično. Procjenjuje se da bi se prvi komercijalni sustavi ovakve vrste mogli očekivati za manje od 5 godina, unatoč stajalištima da će za stvarnu komercijalnu upotrebu trebati i dulje vremena.

6.2.3 Kogeneracija na bazi kombiniranog ciklusa

Procesi koji se sastoje od dva termodinamička ciklusa koji su povezani radnim fluidom i rade na različitim temperaturnim razinama objedinjeni su pojmom "kombinirani ciklus". Kao kogeneracijski proces na bazi kombiniranog ciklusa, uobičajeno se razmatraju procesi koji se sastoje od istodobne uporabe plinske i parne turbine. U ovom tipu kogeneracijskih procesa ispušni plinovi visoke temperature iz plinske turbine mogu se podvrgavati naknadnom izgaranju i mogu u kotlu utilizatoru proizvesti paru pod visokim tlakom (40-100 bara). Para ekspandira u protutlačnoj ili kondenzacijskoj parnoj turbini te proizvodi električnu energiju i paru koja se koristi u tehnološkom procesu ili za grijanje (*Slika 24*).

Učinkovitost najčešće iznosi od 35 do 45% (u suvremenim se sustavima može povećati do 60%), dok je ukupna energetska učinkovitost ovakvih kogeneracijskih procesa od 70 do 88% [47]. Ovakve se kogeneracije najčešće ne koriste u postrojenjima s instaliranom električnom snagom manjom od 3,5 MW.



Slika 24. Principijelna shema kogeneracije na bazi kombiniranog ciklusa

Postrojenja ovoga tipa su izuzetno pogodna za primjenu u toplanama područnoga grijanja i imaju najvišu energetska učinkovitost. Integriranim korištenjem topline na svim raspoloživim temperaturnim razinama mogu se dobiti vrlo visoki stupnjevi iskorištenja energije goriva (u određenim uvjetima i preko 90%).

6.2.4 Kogeneracijsko postrojenje s parnom turbinom i drvnom sječkom kao gorivom

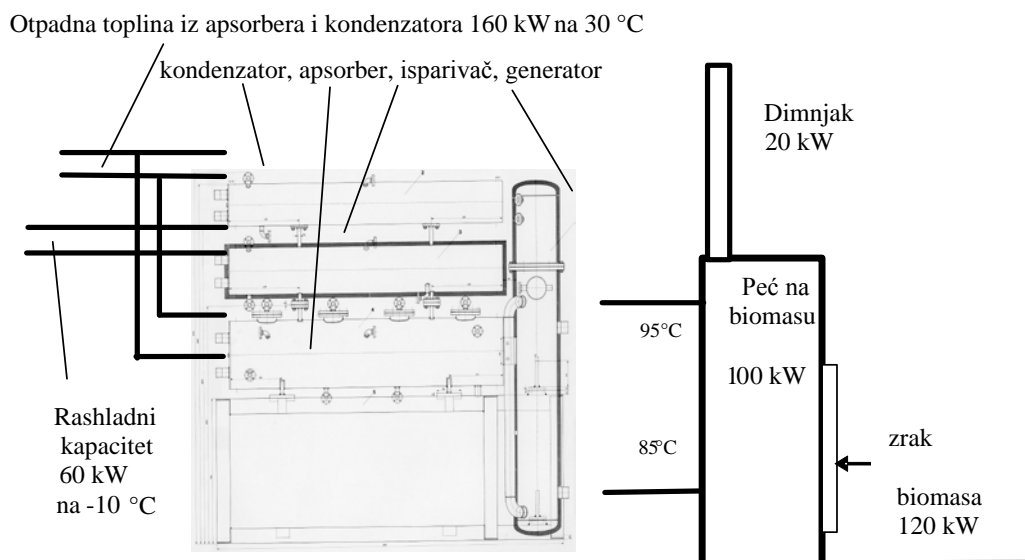
Parni ciklus ima dva glavna tipa: protutlačni i kondenzacijski. Protutlačni parni ciklus je jednostavnijeg dizajna, zbog čega je jeftiniji i najčešće se primjenjuje za mala kogeneracijska postrojenja koja rade ponajprije za zadovoljavanje toplinskih potreba potrošača.

U protutlačnoj turbini vruća para proizvedena u kotlu ekspandira na protutlak koji proizlazi iz željene temperature procesne topline. Turbina obavlja mehanički rad potreban za pokretanje generatora i proizvodnju električne energije. Para nakon turbine odlazi u izmjenjivače topline, koji služe za iskorištavanje njezine preostale topline. Para u izmjenjivaču topline kondenzira,

pri čemu se oslobođena toplina može prenijeti drugom radnom fluidu (primjerice vodi) i iskoristiti na razne načine. Napojna pumpa, nakon sustava za kemijsku pripremu vode, potiskuje kondenzat i on ponovno ulazi u kotao. Toplinska energija dobivena u ovakvu procesu prenosi se sustavom cjevovoda, koji je često izmjenjivačima topline odvojen od distribucijskog sustava jer se u prijenosnom sustavu koristi visoki tlak kako bi se smanjio potreban broj dobavnih pumpnih stanica. Zgrade spojene na sustav područnoga grijanja potom se zagrijavaju pomoću radijatora postavljenih u grijanom prostoru.

6.3 Apsorpcijski rashladni sustav na drvine ostatke

Drvena biomasa može se učinkovito koristiti i u rashladnim sustavima. Najnoviji razvojni trendovi uvode u rashladnu tehniku apsorpcijske sustave koji, za razliku od uobičajenih kompresorskih rashladnih sustava, trebaju samo toplinsku energiju, a ne i električnu energiju za pogon kompresora. U mjesto kompresora, u apsorpcijskom rashladnom sustavu nalazi se termički sustav sastavljen od generatora pare, apsorbera, izmjenjivača topline, kontrolnog ventila i pumpe radnog fluida. Ovaj sustav, kao i kompresorski rashladni sustav, sadržava isparivač i kondenzator. Radni fluid, uglavnom amonijak ili voda, ključa u generatoru koji toplinu dobiva od kotla na biomasu. Ovisno o temperaturi vode proizvedene u kotlu, apsorpcijski rashladni sustav može se koristiti za rashlađivanje prostora, za hlađenje pri -10°C (temperatura vode iz kotla mora biti 90°C) i za duboko zamrzavanje pri -34°C (temperatura vode iz kotla mora biti 120°C). Mnoga industrijska postrojenja i objekti u sektoru uslužnih djelatnosti imaju potrebu za rashlađivanjem svojih prostora, no uobičajeni kompresorski rashladni sustavi troše znatne količine električne energije, čime pridonose i sveukupnom zagađenju okoliša. Stoga, apsorpcijski rashladni sustavi mogu biti nova, dobra i čista tehnologija kojom će se zadovoljiti potrebe za rashladnom energijom uz uvažavanje svih koristi koje nosi uporaba obnovljivih izvora energije, s obzirom na to da se kao izvorom topline koriste izgaranjem biomase. Principijelna shema mogućeg apsorpcijskog rashladnog sustava koji iskorištava toplinsku energiju dobivenu izgaranjem drvine biomase dana je na *Slici 25*.



Slika 25. Princip rada apsorpcijskog rashladnog sustava s kotlom na biomasu

Prodiranje tehnologije apsorpcijskih rashladnih sustava na tržište još uvijek nije zadovoljavajuće, unatoč činjenici da je vrlo dobro poznata. Neki od razloga tome su visoki troškovi i velike dimenzije opreme, ali i nedovoljna informiranost krajnjih korisnika. No rastuća zabrinutost vezana uz klimatske promjene sve više usmjerava razvoj rashladnih sustava prema uporabi radnih tvari s niskim relativnim stakleničkim potencijalom, povećanju učinkovitosti sustava te zamjeni postojećih kompresorskih sustava apsorpcijskim sustavima s obnovljivim izvorima energije.

7. RAZVITAK I REZULTATI PRIMJENE MODELA ZA ANALIZU TROŠKOVA I DOBITI KORIŠTENJA OBNOVLJIVIH IZVORA ENERGIJE CREEM (*CROATIAN RENEWABLE ENERGY AND ECONOMICS MODEL*)

7.1 Razvitak i značajke modela za analizu troškova i dobiti korištenja obnovljivih izvora energije (CREEM)

Od ključnog značaja za definiranje ciljeva korištenja obnovljivih izvora energije i kogeneracije je uravnoteženje pozitivnih i negativnih učinaka, izbor i donošenje strateške odluke između različitih "mogućnosti". Ona se uglavnom odnosi na izbor između povećanja cijena zbog uključivanja tzv. eksternih troškova (troškova zaštite okoliša i zdravlja stanovništva Republike Hrvatske), izazvanih štetnim djelovanjem iz elektrana na fosilna goriva, u cijenu električne energije, nasuprot želji za jeftinom energijom kao elementom bržega gospodarskog razvitka.

Razvijena metodologija [102] primjenjuje se za određivanje minimalnog ekonomski opravdanog udjela obnovljivih izvora energije u ukupnoj proizvodnji električne energije. Sastoji se od četiri koraka:

1. određivanja proizvodne krivulje obnovljivih izvora energije
2. određivanja dodatnih troškova zbog neraspoloživosti pojedinih obnovljivih izvora energije
3. određivanja izbjegnutih eksternih troškova (eksternalija) zbog zamjene konvencionalnih izvora obnovljivim izvorima energije
4. određivanja ekonomski opravdanog udjela obnovljivih izvora energije usporedbom s konvencionalnim elektranama.

Proizvodna krivulja ili krivulja marginalnih troškova obnovljivih izvora energije daje odnos proizvodne cijene energije, ovisno o ukupnoj proizvodnji iz obnovljivih izvora. Krivulja je proračunata tako da su za svaki potencijalni projekt kapitalne investicije te troškovi

održavanja i pogona svedeni na zajedničke troškove po proizvedenom kWh električne energije, uz pretpostavljenu kamatnu stopu. Potencijalni projekti se rangiraju po veličini, od najjeftinijeg do najskupljeg, pri čemu svaki od njih predstavlja jednu točku na grafu te se spajanjem točaka dobiva proizvodna krivulja obnovljivih izvora energije.

Tako dobivena krivulja dodatno se modificira, uz uzimanje u obzir činjenice da pojedini obnovljivi izvori (vjetar, sunce, male hidroelektrane) nisu uvijek raspoloživi. Izravna posljedica toga je da, primjerice, vjetroelektrana od 1 MW ne može direktno nadomjestiti jednaku snagu iz, primjerice, termoelektrane na ugljen, što u konačnici povećava troškove proizvodnje [103]. Zato cijenu proizvodnje energije iz obnovljivih izvora treba prilagoditi prema kapacitivnim penalima, odnosno naknadom za ograničenu raspoloživost ili nepouzdanost opskrbe električnom energijom kao bitnog kriterija planiranja razvoja elektroenergetskog sustava. To predstavlja trošak potrebne (temeljne, konvencionalne) snage za određenu količinu proizvedene električne energije iz obnovljivih izvora energije. Na primjer, protočne hidroelektrane proizvode električnu energiju samo tijekom raspoloživosti vodotokova koja varira ovisno o nizu faktora (suhe/normalne/vlažne hidrološke prilike i dr.), dakle nije moguće regulirati njezinu proizvodnju u istoj mjeri kao što je to moguće u elektrane koja se koristi ugljenom kao primarnim energentom. Posljedica tomu je da protočna hidroelektrana snage 25 MW ne može zamijeniti elektranu na ugljen iste snage zato što u određenu trenutku ne može podmiriti potražnju niti potrošnju električne energije koja se od nje zahtijeva. Zato će protočna hidroelektrana snage 25 MW moći zamijeniti samo elektranu na ugljen snage manje od 25 MW. Sličan argument vrijedi i kada je riječ o ostalim intermitentnim i stohastički uvjetovanim energetskim izvorima: energiji vjetra, sunca, akumulacijskih hidroelektrana i ostalih obnovljivih izvora.

Cijena proizvodnje energije koju trebaju postići projekti za proizvodnju energije iz obnovljivih izvora na konkurentnom tržištu električne energije ovisi o sigurnosti proizvodnje energije iz obnovljivih izvora. Najniža granica stvarne ekonomske vrijednosti obnovljivih izvora energije je varijabilna cijena operativnih troškova projekata koji se zamjenjuju projektima za iskorištavanje obnovljivih izvora.

Kapacitivni penali za svaki projekt ili za svaku kategoriju projekata za iskorištavanje obnovljivih izvora u idealnom slučaju određuju se uz pomoć modela za planiranje proširenja kapaciteta projekta (kao što je WASP model kojim se koriste EI i HEP). Model računa koliko

će se konvencionalnih kapaciteta zamijeniti ovisno o zadanoj količini energije koja se mora proizvesti iz obnovljivih kapaciteta. Studije koje su nedavno provedene u Kini pokazuju da 100 MW energije proizvedene vjetroelektranom može zamijeniti tek 43 MW energije proizvedene iz fosilnih goriva (ugljen, nafta), dok 100 MW energije iz malih hidroelektrana može zamijeniti 47 MW energije proizvedene iz fosilnih goriva [104].

Oslanjajući se na međunarodna iskustva moguće je relativno sigurno približno odrediti vrijednost penala. Za tehnologije koje se koriste obnovljivim izvorima energije kao što su voda (protok rijeke) ili vjetar (intenzitet i učestalost), kapacitivno variranje je otprilike proporcionalno reprezentativnom godišnjem „load“ faktoru.

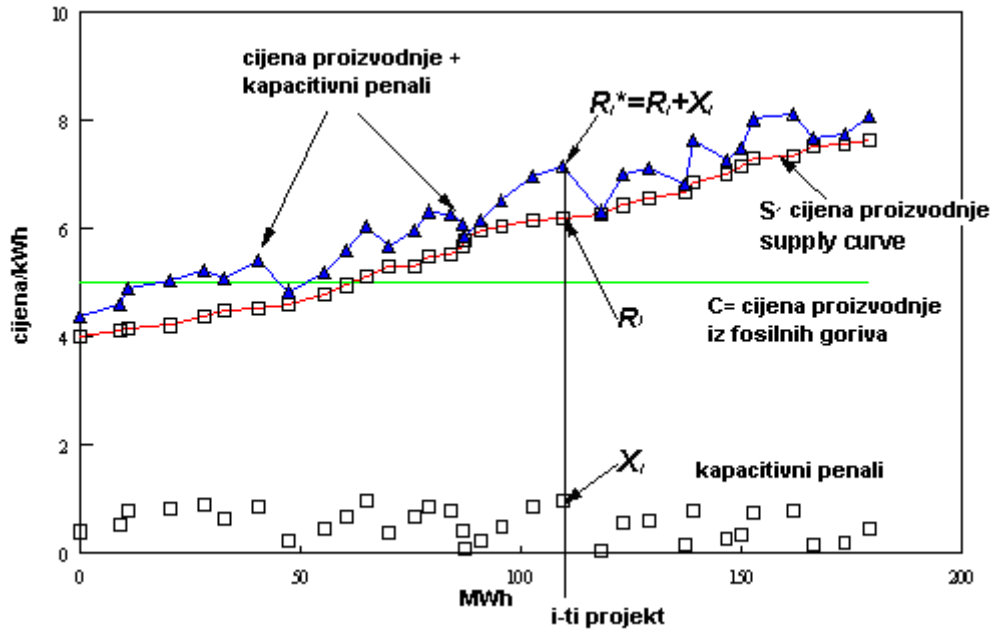
Penali su manji za male hidroelektrane koje imaju mogućnost akumulacije. Vrijednost male hidroelektrane znatno se povećava ako ima mogućnost akumulacije od svega nekoliko sati, koja joj omogućuje da pokrije vršnu potrošnju. Zbog toga čak i mali akumulacijski kapaciteti koji su dovoljni za pokrivanje i regulaciju dnevne vršne potrošnje znatno smanjuju kapacitivne penale elektrane. Za proizvodnju energije izgaranjem biomase ili geotermalnu energiju kapacitivni penali jednaki su nuli.

Ograničenje u elektroenergetskom sustavu Hrvatske određeno je tehnološkim sastavom proizvodnog sustava Republike Hrvatske (od kojega su za regulacijske potrebe trenutačno iskoristive akumulacijske hidroelektrane u dijelu svojeg ukupnog proizvodnog kapaciteta i u razdobljima kada vodostaji nisu niti preniski niti previsoki) te statističkim osobinama obnovljivog izvora, pri čemu se u obzir uzimaju relevantni tehnološki, hidrološki, meteorološki i geografski parametri.

Uzimajući u obzir penale, može se proračunati revidirana proizvodna krivulja obnovljivih izvora energije, S^* , koja za svaki projekt iskorištavanja obnovljivih izvora energije uzima u obzir i pripadajući kapacitivni penal X_i . Trošak i -tog projekta za iskorištavanje obnovljivih izvora energije, R_i^* , je:

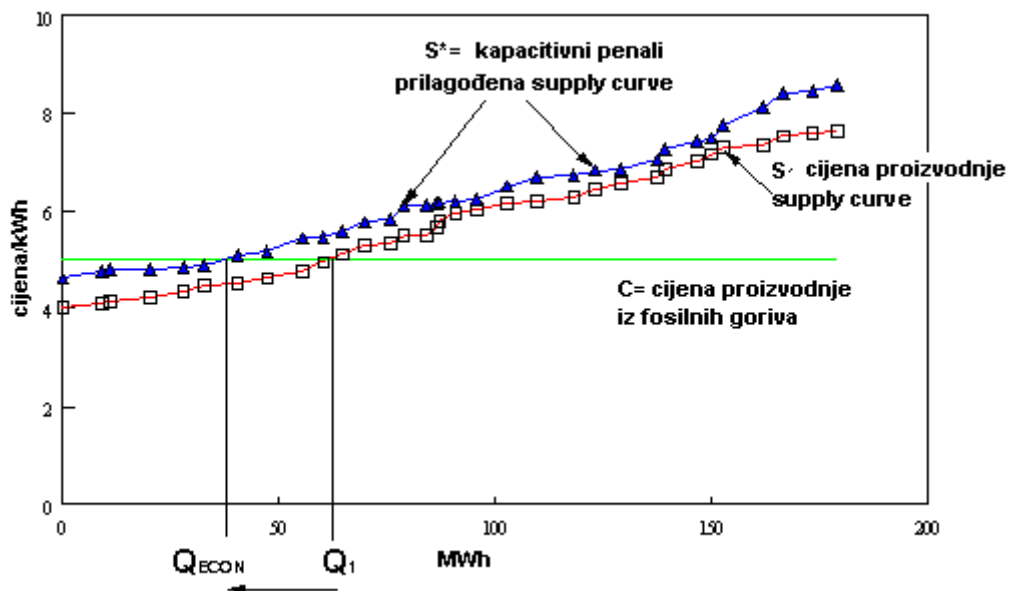
$$R_i^* = R_i + X_i$$

Revidirana proizvodna krivulja obnovljivih izvora energije, S^* , prikazana je na *Slici 26*.



Slika 26. Prikaz iznosa kapacitivnih penala

Troškovi, R_i^* , se raspoređuju u niz od najmanjih prema najvećima kako bi se mogla odrediti nova proizvodna krivulja obnovljivih izvora energije, S^* , kao što je prikazano na Slici 27.



Slika 27. Krivulja uvećana za kapacitivne penale

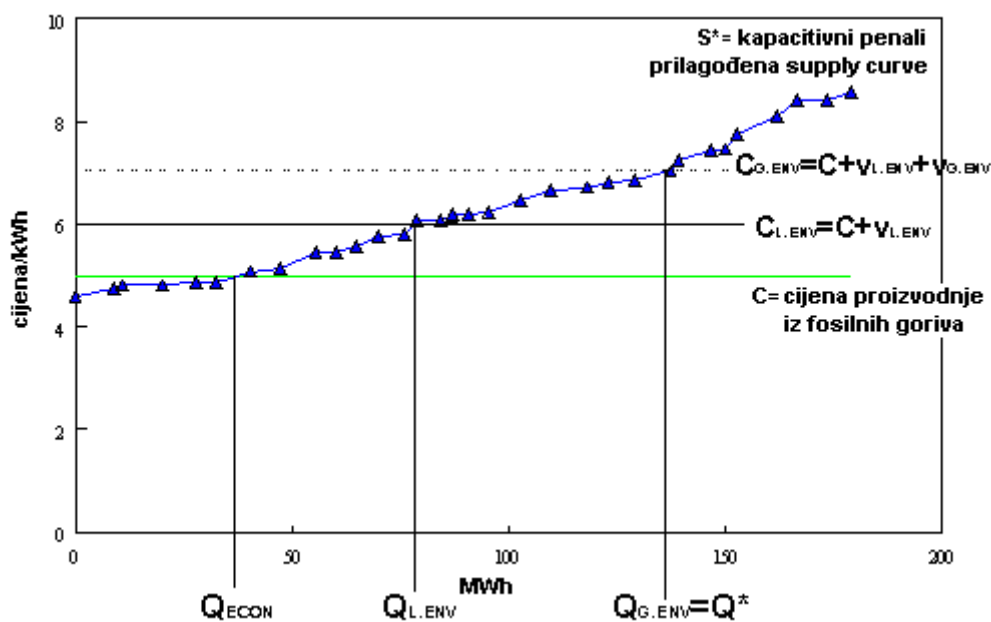
Očito je da krivulja S^* leži iznad krivulje S_1 . Sjecište prilagođene krivulje S^* (uvećane za kapacitivne troškove) s pravcem koji odgovara cijeni proizvodnje iz fosilnih goriva koju treba

zamijeniti proizvodnjom iz obnovljivih izvora, C, nalazi se lijevo od sječišta Q_1 i označeno je s Q_{ECON} . Ova oznaka predstavlja količinu obnovljive energije koja je ekonomski opravdana prije nego što se uzmu u obzir vanjski troškovi. Prije samog određivanja ekonomski opravdanog udjela obnovljivih izvora energije u proizvodnji električne energije, potrebno je odrediti i izbjeegnute eksterne troškove radi zamjene konvencionalnih izvora. Pritom je moguće razlikovati dvije skupine troškova:

- lokalni eksterni troškovi koji su povezani sa štetnim utjecajem emisija lokalnog karaktera, kao što su zagađenje tla, zagađenje zraka u urbanim sredinama i slično
- globalni eksterni troškovi koji su povezani s utjecajem koji emisija ugljičnog dioksida ima na globalnu promjenu klime.

Nakon određivanja eksternih troškova, moguće je pristupiti posljednjem koraku i odrediti ekonomski opravdan udio obnovljivih izvora energije.

Cijena troškova po kWh (lokalni i globalni eksterni troškovi) dodaje se cijeni proizvodnje energije iz fosilnih goriva, kao što je prikazano na *Slici 28*. Kada se uzmu u obzir lokalni eksterni troškovi, $v_{L.ENV.}$, razina ekonomske učinkovitosti obnovljivih izvora poraste od Q_{ECON} do $Q_{L.ENV.}$, te nadalje raste do $Q_{G.ENV.}$, kada se u obzir uzmu globalni vanjski troškovi, $v_{G.ENV.}$. Točka $Q_{G.ENV.}$ predstavlja gornju razinu ekonomske učinkovitosti obnovljivih izvora (Q^*). Pokazatelji $Q_{L.ENV.}$ i $Q_{G.ENV.}$ prikazani na *Slici 28*. su kvalitativni i iznose znatno više nego što je to na primjeru u Hrvatskoj.



Slika 28. Ekonomska učinkovitost proizvodnje energije iz obnovljivih izvora

7.2 Analiza troškova i dobiti korištenja obnovljivih izvora energije u sklopu modela

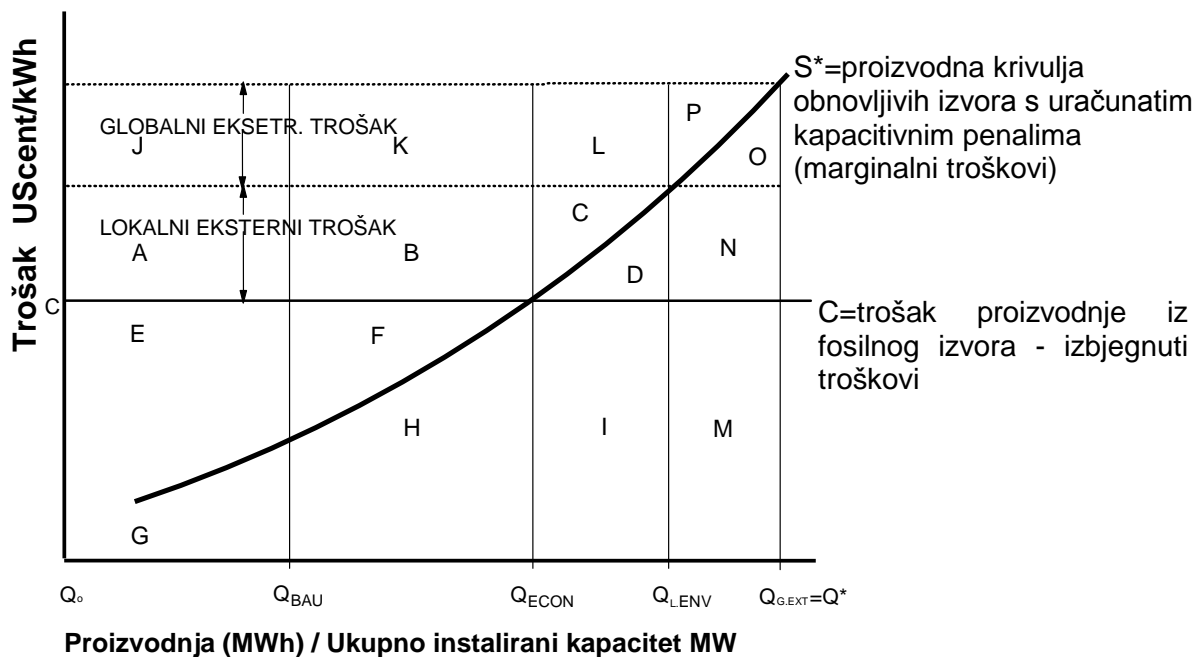
S obzirom na ciljanu učinkovitu razinu obnovljivih izvora energije, moguće je provesti analizu troškova i koristi dodavanjem različitih razina OIE. Trošak dodavanja proizvodnje električne energije iz OIE je zbroj ulaganja i operativnih troškova novih kapaciteta. Kao što je već navedeno, troškovima smatramo ekonomske troškove (bez carine i poreza te kapitalne troškove na godišnjoj razini koristeći se diskontnom stopom koja odražava oportunitetni trošak kapitala). Koristi možemo podijeliti na tri kategorije:

1. Koristi troškova proizvodnje: koristi koje proizlaze kada su troškovi proizvodnje nekih tehnologija OIE niži od troškova proizvodnje konvencionalnih tehnologija koje zamjenjuju. Na primjer, ekonomski troškovi male hidroelektrane mogu biti opravdani u smislu njihovih ekonomskih troškova, čak i ako vanjski troškovi povezani s izbjegnutim troškovima proizvodnje iz fosilnog izvora (ugljen) nisu uzeti u obzir.
2. Dodatne lokalne koristi: koristi koje nastaju kada obnovljiva generacija istiskuje konvencionalnu proizvodnju i uklanja neke lokalne ekološke troškove konvencionalne generacije (npr. zdravstvo, poljoprivredne i imovinske štete koje se mogu pripisati

lokalnim emisijama u zrak iz finih čestica postrojenja na fosilna goriva; preteče kisele kiše, SO₂ i NO_x).

3. Dodatne globalne koristi: koristi koje se javljaju pri zamjeni konvencionalne generacije onom obnovljivih izvora i uklanjanjem određenih globalno-ekoloških troškova konvencionalne proizvodnje (npr. utjecaj ugljičnog dioksida kao stakleničkog plina na klimatske promjene odnosno globalno zagrijavanje).

Razina troškova i koristi može se izračunati unutar okvira koji je prikazan na *Slici 29*. Prikazan je neto izbjegnuti trošak energije iz obnovljivih izvora koji se temelji na razlici između kapaciteta prilagođenih troškova OIE (s uračunatim penalima - krivulja S*) i troškova konvencionalne generacije s razmatranjem eksternalija i bez njihova razmatranja.



Slika 29. Izračun troškova i koristi obnovljivih izvora energije

Aritmetički izračun neto troška ili koristi se zatim dobiva zbrajanjem relevantnih područja: područja ispod krivulje koja predstavljaju troškove povezane s izgradnjom dodatne jedinice obnovljivih izvora energije i područja iznad krivulje koja predstavljaju prednosti ovakve proizvodnje. Izračuni su prikazani u *Tablici 17*.

Tablica 17. Izračun troškova i koristi

Kategorija	Q_0 do Q_{BAU}	Q_{BAU} do Q_{ECON}	Q_{ECON} do $Q_{L,ENV}$	$Q_{L,ENV}$ do Q^*
<i>Troškovi</i>				
Troškovi proizvodnje iz obnovljivih izvora	-G	-H	-(I+D)	-(M+N+O)
Postupne koristi (troškovi)	E	F	-D	-O-N
<i>Koristi</i>				
Lokalne koristi okoliša	A	B	C+D	N
Globalne koristi okoliša	J	K	L	P+O
Neto koristi	E+A+J	F+B+K	C+L	P

Pozitivne vrijednosti označavaju koristi, a negativne troškove. E i F su (pozitivne) koristi jer predstavljaju razliku između (viših) troškova proizvodnje fosilne generacije (C) i troškova proizvodnje iz obnovljivih izvora. No D, O i N su negativni jer je u tom dijelu krivulje trošak proizvodnje iz obnovljivih izvora energije veći od zamjena fosilnim gorivima.

Ukupni učinak politike povećanja OIE je razlika između koristi bez državnih intervencija (Q_{BAU}) i koristi nastalih državnom intervencijom: $F + B + K + C + L + P$. Takozvani „Business as Usual“ ili (BAU) predstavlja „Osnovni scenarij“ koji ne predviđa bilo kakve intervencije države, pri čemu je potrošnja energije prepuštena isključivo tržišnim kretanjima i navikama potrošača. Obveze koje je Republika Hrvatska preuzela pristupnim pregovorima i preuzimanjem pravne stečevine u području OIE - povećanje udjela obnovljivih izvora u proizvodnji električne energije, uštedu energije zahvaljujući provođenju mjera energetske učinkovitosti, povećanje udjela biogoriva u prometu – zahtijevaju značajan državni angažman koji do danas nije postignut.

Na taj se način može procijeniti porast troškova i neto dobitke povezane s efektivnom razinom OIE.

7.3 Polazne pretpostavke za analizu troškova i dobiti za postrojenja za proizvodnju električne energije korištenjem biomase

Metodologija koja je iznesena u prethodnom poglavlju temelji se na pretpostavci da je razina ekonomske učinkovitosti obnovljivih izvora dana točkom u kojoj su dodatni troškovi osnovnog projekta jednaki izbjegnutim troškovima štetnog utjecaja na okoliš. Gledajući iz perspektive Republike Hrvatske, može se zaključiti da su dodatni troškovi prilikom uporabe obnovljivih izvora energije (na dijelu krivulje od Q_{ECON} do $Q_{G.ENV.}$) izjednačeni s troškovima štetnog utjecaja, stoga ih Hrvatska može izbjeći (zamjenom proizvodnje energije iz fosilnih goriva energijom iz obnovljivih izvora). U ovom poglavlju izneseno je izvođenje izbjegnutih troškova štetnog utjecaja.

Troškovi proizvodnje iz elektrana pogonjeni ugljenom prikazani su u *Tablici 18*, a dobiveni su korištenjem osnovnih pretpostavki iz hrvatskog Masterplana [105]. Kapitalni troškovi su anulirani preko pretpostavljenog životnog vijeka elektrane uz korištenje diskontne stope od 8%. Tablica također sadržava troškove reprezentativnih projekata za iskorištavanje obnovljivih izvora energije. Polazne pretpostavke i ulazni podaci - na strani proizvodnje:

- ogrijevna vrijednost goriva
- troškovi goriva
- efikasnost postrojenja
- životni vijek
- kapitalni troškovi
- faktor opterećenja (proizvodnja)
- fiksni i varijabilni troškovi.

Tablica 18. Osnovni troškovi proizvodnje

	Investicijski trošak	Fiksni trošak pogona i održavanja (O&M)	Varijabilni trošak pogona i održavanja	Ukupni trošak		Vlastita potrošnja elektrane	Ekonomski isplativost	Faktor elektrane
				US\$/kWh	\$/cents/kWh			
	US\$/kW	US\$/kW/god	US\$/kWh	US\$/kWh	\$/cents/kWh		God.	
Elektrane na ugljen	1.312	36	0,0047	0,043	4,30	7%	20	75%

Podaci o emisijama pojedinih elektrana u Hrvatskoj nisu bili dostupni. Zbog toga su izračunate referentne točke emisijskih faktora kako bi se odredila razina i trošak emisija iz hrvatskih elektrana. Zadane vrijednosti emisijskih faktora kojima se koristilo u proračunu vanjskih veličina za Hrvatsku prikazane su u *Tablici 19*.

Tablica 19. Osnovne vrijednosti emisijskih faktora

Emisija	Vrijednost	Osnova
NO _x	2,2 g/kWh	Ograničenje EU za nove elektrane je 650 mg/m ³ , što odgovara iznosu od 2,2 g/kWh (korišteno u ExternE studijama za UK). Međutim, emisije bi bile 1,2 g/kWh (što je korišteno u ExternE studijama za Francusku) uz upotrebu plamenika s niskim emisijama NO _x
SO ₂	0,67 g/kWh	U EU se zahtijeva da FGD sistemi imaju efikasnost (<i>e</i>) 90%. Emisije izračunate uz pomoć stehiometrije ovise o pretpostavljenom udjelu sumpora (<i>S</i>) u gorivu, 10% sumpora zadržano je u pepelu (UK Extern-E studija)(<i>f_R</i>), potrošnja goriva u kgUgljena/kWh (<i>Y</i>). Uz preporučeno gorivo korišteno u Masterplanu predviđa se 1% sumpora. = $Y S 1,998 [SO_2/S] (1-e) (1-f_R) 0,001 [g/kg]$
Čestice	0,17 g/kWh	Emisijski faktor korišten za ExternE studije u UK/Francuskoj (vidi tablicu 3.3) ekvivalentan je pretpostavci: 99,5% efikasnost elektrostatskog taložnika (<i>e</i>), 80% pepela u lebdeći pepeo (<i>f</i>), 15% sadržaja pepela (<i>A</i>), PM-10 = 80% emisija lebdećeg pepela (<i>f_{PM-10}</i>) i potrošnja goriva u kg/kWh(<i>Y</i>). = $Y A f (1-e) f_{PM-10}$

EU je pokrenula izradu niza studija utjecaja na okoliš u svim zemljama članicama, poznate pod nazivom ExternE studije. Rezultati izvješća koristit će se i za usporedbu s rezultatima dobivenim u analizi EU. U *Tablici 20* prikazana je usporedba rezultata dobivenih za Hrvatsku s referentnim podacima o elektranama na ugljen kojima se koristilo u brojnim EksternE studijama.

Tablica 20. Pretpostavke u ExternE studijama za nove elektrane na ugljen

Područje	Jedinica	Hrvatska (<i>Masterplan</i>)	UK	Francuska	Njemačka
<i>Ugljen</i>					
Sumpor u ugljenu		1,0%	1,6%		0,9%
Ukupna djelotvornost				38%	43%
Kalorijska vrijednost ugljena	MJ/kg	26,8	24,1		29,2
<i>Emisijski faktori</i>					
Čestice	g/kWh	0,16	0,16	0,17	0,057
SO ₂	g/kWh	0,67	1,1	1,36	0,288
NO _x	g/kWh	2,2	2,2	2,22	0,516

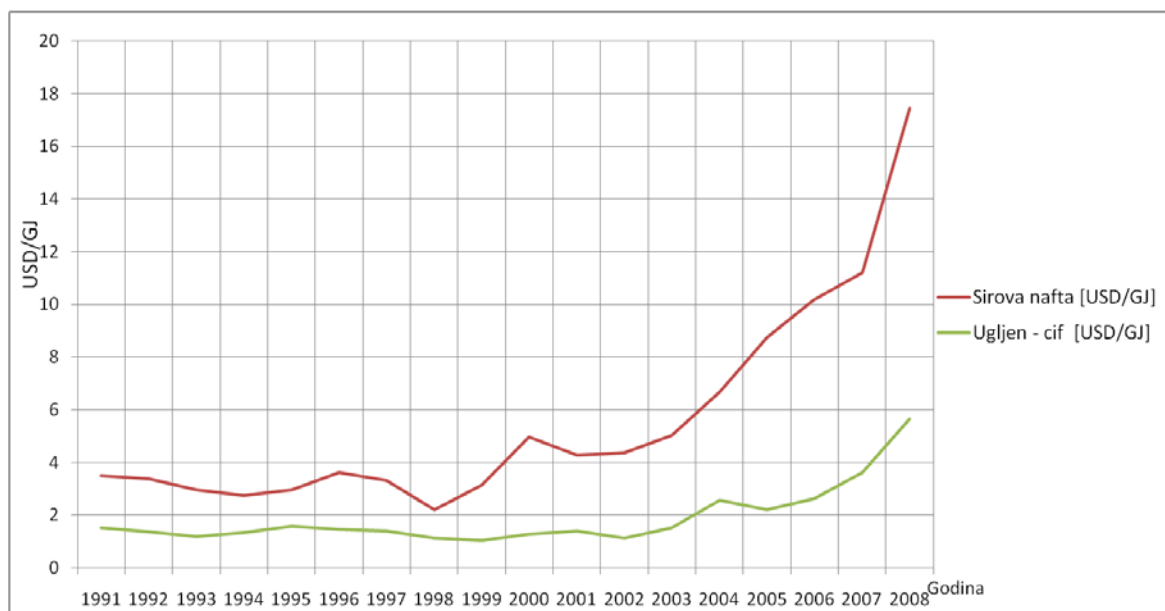
U *Tablici 21* prikazana je usporedba emisijskih koeficijenata za ugljen, plin i biomasu. Može se vidjeti kako, ovisno o tehnologiji i gorivu kojim se koristilo, emisije iz elektrana na biogorivo značajno variraju. U proračunu su upotrijebljene vrijednosti iz finske ExternE studije, budući da su tehnologija i gorivo kompatibilni s onima u Hrvatskoj. Međutim, unaprijeđena tehnologija plinofikacije, kao što se predviđa u francuskoj studiji, značajno smanjuje emisije.

Tablica 21. Vrijednosti emisija ovisno o tipu elektrane, g/kWh

	Ugljen	Plin	Unaprijeđena biomasa	Biomasa izgaranje
SO _x	0,67(1% S ugljen)	Beznačajno	0,04	0,43
NO _x	2,2 (1.2 za nisko sagorijevanje NO _x)	0,71	0,35	1,67
PM-10	0,17	Beznačajno	0,04	0,21

S obzirom na to da se pri analizama koristilo i cijenom ugljena, koja u posljednje vrijeme stalno varira, na *Slici 30* uspoređeno je kretanje prosječnih godišnjih cijena nafte (brent) i

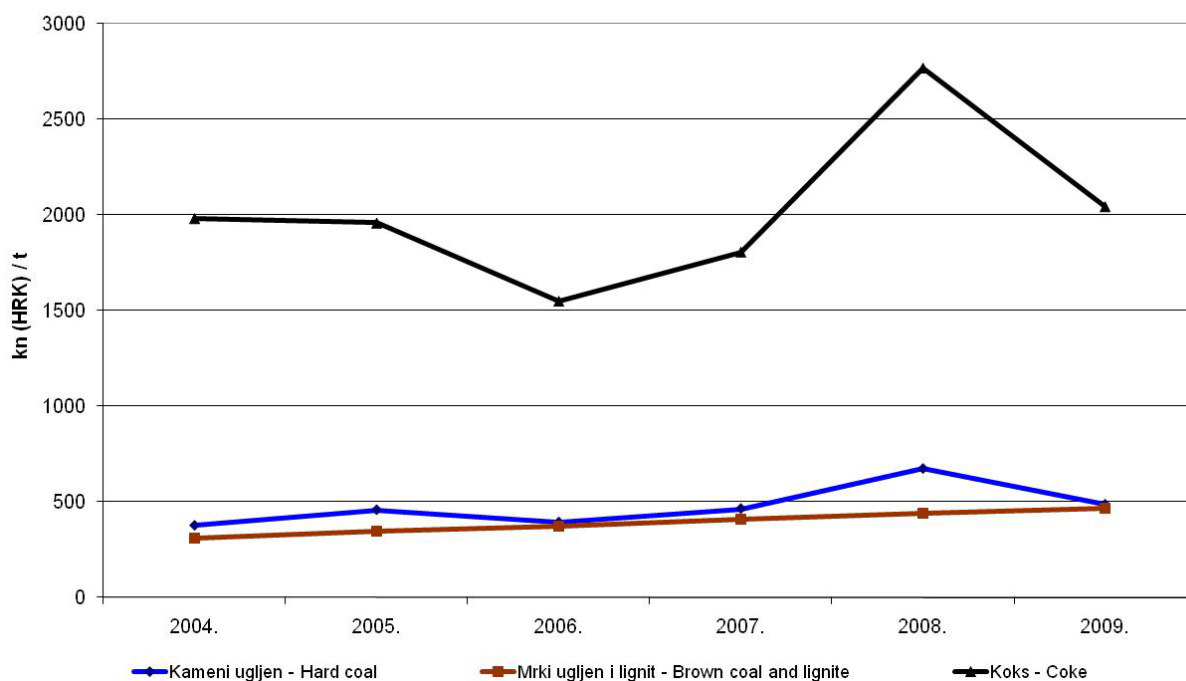
cijena kamenog ugljena CIF sjeverozapadna Europa (donja ogrjevna vrijednost ugljena je 28GJ/t). Iz grafičkog prikaza je vidljivo da je ugljen inertniji od nafte u pogledu promjene cijene. Korelacije cijena nafte i ugljena slabije su u viših cijena nafte [106].



(Izvor: British Petroleum (cijene nafte i ugljena))

Slika 30. Usporedba prosječnih godišnjih kretanja cijena nafte (brent) i ugljena

Na *Slici 31* prikazane su cijene ugljena u Hrvatskoj. Cijena se odnosi na petogodišnje razdoblje i predstavlja uvozne cijene ugljena u Hrvatskoj.



Slika 31. Uvozna cijena ugljena u Hrvatskoj [77]

7.4 Rezultati analize troškova i dobiti za postrojenja za proizvodnju električne energije korištenjem biomase za implementacijske scenarije A i B

Implementacijski scenarij A sadržava 19 različitih projekata, dok scenarij B ima 17 projekata za koje je provedena analiza. Karakteristične točke, odnosno ekonomski opravdani udjeli za analizirana postrojenja, u pojedinom scenariju određivane su u ovisnosti o cijeni ugljena i cijeni CO₂ na tržištu. Odabir implementacijskih scenarija temelji se na objedinjavanju projekata kogeneracije koje se koriste biomasom kao primarnim energentom konkretnih nositelja projekata u različitim fazama razvitka (scenarij A) te projekata iz scenarija B koji su pretpostavljeni prema strukturi prerađene biomase različitih primijenjenih tehnologija korištene za pretvorbu u električnu energiju i/ili toplinsku energiju ili preradu u komercijalno pogodnije oblike energije (pelete, brikete i drveni ugljen) kao dijela stručnih podloga za izradu Strategije energetske razvitka Republike Hrvatske.

Na taj način, kroz primjene metodologije u scenariju A i scenariju B, mogu se razmotriti i usporediti rezultati i donijeti odgovarajući zaključci za scenarij A koji objedinjuje konkretne projekte u razvitku, u početnoj fazi uvođenja i operacionalizacije sustava poticaja zajamčenim otkupnim cijenama (FIT: *feed-in* tarife) i uvjetima nerazvijenog tržišta biomase u Hrvatskoj, dakle srednjoročnog karaktera, te projekte scenarija B koji su pretpostavljeni u skladu s ciljevima utvrđenim u stručnim podlogama za izradu energetske strategije na temelju tehničkog potencijala i raspoloživosti biomase, što predstavlja dugoročniju osnovu realizacije (2020. godina).

Postojeća cijena emisijskih jedinica je na razini od 20 do 30 USD/tCO₂, a smatra se da će 2020. godine biti na razini 60 USD/tCO₂. Nakon toga razdoblja očekuje se da bi cijena mogla dosegnuti i preko 80 USD/t, što će ovisiti o dosadašnjoj uspješnosti smanjivanja emisije (razvoju tehnologije hvatanja i spremanja CO₂, veće zastupljenosti nuklearne energije u strukturi proizvodnje električne energije, primjeni obnovljivih oblika energije, energetske učinkovitosti itd.).

Podaci o projektima prikupljeni su iz različitih izvora, počevši od uspostave cjelova zakonodavnog okvira i pripadnog sustava poticaja proizvodnje električne energije iz obnovljivih izvora (srpanj 2007.), pri čemu se ponajviše koristilo projektiranim tehnnoekonomskim pokazateljima nositelja projekata registriranih u sklopu postupaka

stjecanja statusa povlaštene proizvodnje. Pojedini su projekti u visokom stupnju razvitka, a glavna pretpostavka za scenarij A je utvrđivanje projekata koji su već u naprednijim fazama razvitka s perspektivnom realizacije u sklopu projektiranih i utvrđenih parametara (lokacija, parametri električne snage, biomasa i dr.). Obuhvaćeni projekti pokazuju značajne oscilacije cijene goriva, ovisno o opsegu uporabe proizvedenih otpadnih produkata.

Imajući u vidu značajne promjene i neizvjesnosti na globalnom tržištu, cijena ugljena i troškova vezanih uz smanjenje emisija CO₂ i ostalih stakleničkih plinova, osobito dugoročno razmatrano, provedena je analiza osjetljivosti za 6 različitih cijena CO₂ (5 \$/t, 10 \$/t, 15 \$/t, 20 \$/t, 30 \$/t i 50 \$/t) kao i za 4 različite cijene ugljena (40 \$/t, 100 \$/t, 125 \$/t i 150 \$/t). Za svaku situaciju određena je proizvodna krivulja ili krivulja marginalnih troškova i iz njih je određen udio ekonomski opravdanih projekata, bez uzimanja u obzir troškova (lokalno + globalno) i broja projekata za slučajeve kada se uzimaju u obzir troškovi (lokalno + globalno). Osim proizvodnih krivulja određena je i ukupna proizvodnja električne energije iz pojedinih postrojenja, kao i trošak proizvodnje električne energije iz tih postrojenja.

Dobiveni rezultati za slučaj kada je cijena ugljena 100 \$/t, a cijena CO₂ 20 \$/t prikazani su na *Slici 33* za scenarij A, a rezultati za odabrane vrijednosti, odnosno analizu karakterističnih točaka, za slučaj kada je cijena ugljena 150 \$/t, a cijena CO₂ 50 \$/t na *Slici 35* za scenarij B. Oba indikativna podscenarija odabrana su na temelju strukture i faza razvitka projekata, prosječne cijene ugljena i emisijskih jedinica (CO₂) u aktualnom (scenarij A) i dugoročnom razdoblju (scenarij B) te razvijenosti tržišta biomase.

Na *Slici 32* prikazana je razdioba rangiranih točaka projekata prije interpolacije proizvodne krivulje za scenarij A, a na *Slici 34* razdioba rangiranih točaka projekata za scenarij B.

Za scenarij A, uz odabran indikativan podscenarij za slučaj kada je cijena ugljena 100 \$/t, a cijena CO₂ 20 \$/t, iz *Slike 33* je vidljivo da čak sedam projekata ima proizvodnu cijenu električne energije nižu od konvencionalnih elektrana, a dodavanjem lokalnih i globalnih eksternih troškova na proizvodnu cijenu električne energije iz konvencionalnih elektrana dobivamo još šest projekata koji su ekonomski opravdani bez financijskih potpora. Preostalih šest projekata nisu ekonomski opravdani bez financijskih potpora. Sedam od devetnaest projekata kombinirane proizvodnje topline i električne energije koji se koriste biomasom je ekonomski opravdano, bez uzimanja u obzir ukupnih troškova (lokalno+globalno), dok je

sljedećih šest projekta opravdano ako se uzmu u obzir ukupni troškovi, što je prikazano na *Slici 33*. Industrijske elektrane koje se koriste drvnim ostatkom (stoga imaju vrlo niske troškove goriva) imaju niske ukupne troškove, visoku stopu povrata investicija i visoku razinu konkurentnosti.

Iz ove analize proizlazi ravnomjerna razdioba projekata u područjima ekonomske opravdanosti i troškova nižih od konvencionalnih elektrana, zbroja pretpostavljenih troškova štetnog utjecaja na okoliš na lokalnoj i globalnoj razini te trećine projekata koji imaju marginalne troškove veće od troškova štetnog utjecaja na okoliš na globalnoj razini pa su neophodne financijske potpore. Izvedene karakteristične točke indikativnog podscenarija A, odnosno ekonomski opravdani udjeli proizvodnje električne energije iz biomase, iznose 19 MW (125 GWh) bez uključenih eksternalija, 20 MW (133 GWh) s lokalnim, odnosno 27 MW (180 GWh) s globalnim eksternalijama.

Primjenom modela u scenariju A za slučaj krajnjih uvjeta analiziranih verzija podscenarija, najviših cijena - ugljena 150 \$/t i CO₂ 50 \$/t, dobivamo čak jedanaest projekata u području izbjegnutih troškova u odnosu na konvencionalnu elektranu. Dva projekta od njih devetnaest su ekonomski opravdana bez uzimanja u obzir ukupnih troškova (lokalno+globalno), dok je sljedećih šest projekta opravdano ako se uzmu u obzir ukupni troškovi, što je prikazano u *PRILOGU I*: Dijagrami i podaci za scenarij A. Očito je da je projekt s najvišim specifičnim troškovima podscenarija zantno ispod razine ukupnih troškova (lokalno+globalno). Pripadajuće karakteristične točke određene su s 23 MW (158 GWh) bez uključenih eksternalija, 27 MW (180 GWh) s lokalnim, odnosno 72 MW (475 GWh) s globalnim eksternalijama.

Tablica 25 sadržava ključne podatke scenarija B za sedamnaest reprezentativnih projekata pretpostavljenih prema strukturi prerađene biomase različitih primijenjenih tehnologija kojima se koristilo za pretvorbu u električnu energiju i/ili toplinsku energiju ili preradu u komercijalno pogodnije oblike energije (pelete, brikete i drveni ugljen), procijenjenih za potrebe izrade energetske strategije.

Struktura primjene biomase prema tehnologijama primarne pretvorbe podijeljena je na sljedeće skupine iz kojih su derivirani pretpostavljeni projekti s različitim tehnnoekonomskim

parametrima: industrijska kogeneracija, kogeneracija u javnim toplanama, termoelektrane na biomasu, kombinirana proizvodnja peleta s kogeneracijom.

Za implementacijski scenarij B, uz odabran indikativan podscenarij za slučaj kada je cijena ugljena 150 \$/t, a cijena CO₂ 50 \$/t, iz *Slike 35* je vidljivo da niti jedan projekt nema proizvodnu cijenu električne energije nižu od konvencionalnih elektrana i dodanim lokalnim eksternim troškovima, dok su u području između lokalnih i globalnih eksternih troškova rangirani gotovo svi projekti iz baze podataka scenarija B – šesnaest projekata koji su ekonomski opravdani bez financijskih potpora. Samo jedan preostali projekt nije ekonomski opravdan bez financijske potpore. Dakle, niti jedan projekt nije ekonomski opravdan ako se u obzir uzmu samo pretpostavljeni troškovi štetnog utjecaja na okoliš na lokalnoj razini, dok su gotovo svi projekti ekonomski opravdani ako se u obzir uzmu pretpostavljeni troškovi štetnog utjecaja na okoliš na globalnoj razini.

Izvedene karakteristične točke indikativnog podscenarija B, odnosno ekonomski opravdani udjeli proizvodnje električne energije iz biomase su 0 MW bez uključenih eksternalija, 0 MW s lokalnim, odnosno 110 MW s globalnim eksternalijama uz proizvodnju električne energije od 573 GWh.

Ulazni podaci kojima se koristilo u testiranju modela s pretpostavljenim troškovima projekata kombinirane proizvodnje električne energije i topline prikazani su u *Tablici 22* (scenarij A) i *Tablici 25* (scenarij B). *Tablica 22* sadržava podatke scenarija A za devetnaest reprezentativnih projekata kombinirane proizvodnje električne energije i topline koji se nalaze u projektnoj bazi podataka (sadržava 18 projekata za kombiniranu proizvodnju topline i električne energije te dodatnih 12 projekata za proizvodnju isključivo električne energije). Ukupna proizvodnja električne energije (kumulativno) i trošak proizvodnje za projekte u scenariju A dan je u *Tablici 23*, a za scenarij B u *Tablici 26*.

Rezultati koji su dobiveni za scenarije A i B, variranjem cijene ugljena i CO₂, dani su *Tablici 24* (scenarij A) i *Tablici 27* (scenarij B), a grafički prikazi svih podscenarija (48 slika) sa specifičnim troškovima (48 tablica) i karakterističnim točkama (48 tablica) predloženi su u *PRILOGU I: Dijagrami i podaci za scenarij A* i u *PRILOGU II: Dijagrami i podaci za scenarij B*.

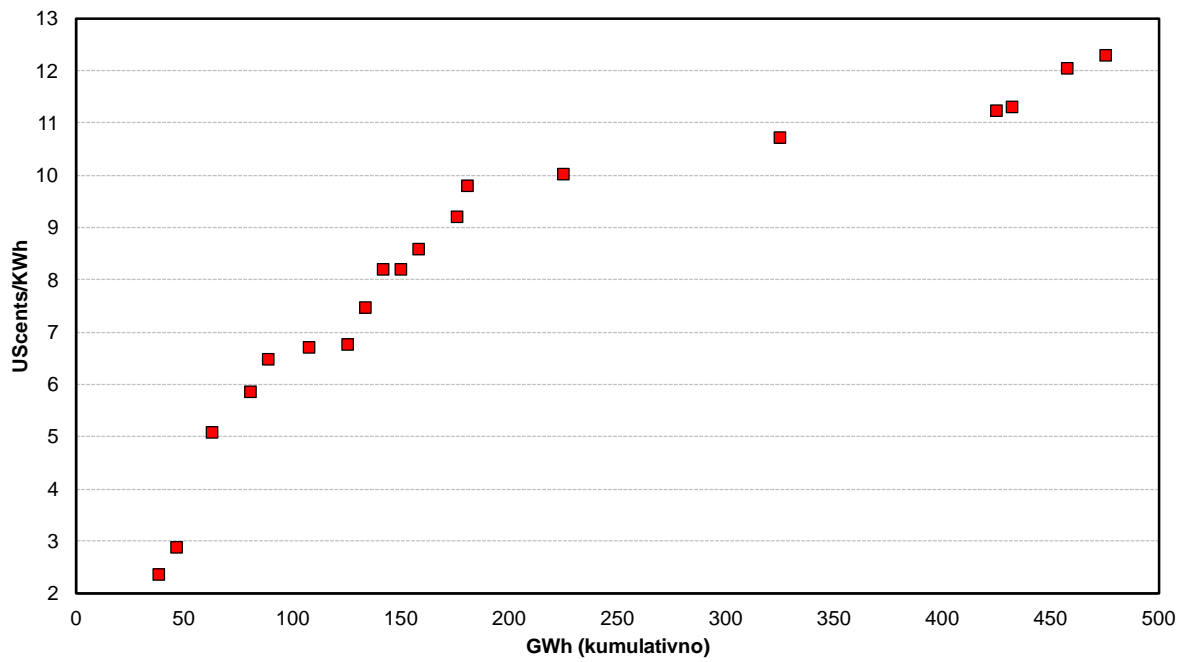
Tablica 22. Pretpostavljeni troškovi za projekte kombinirane proizvodnje električne energije i topline - scenarij A

Naziv postrojenja	Instalirana snaga postrojenja	Proizvodnja električne energije	Investicijski troškovi		Trošak goriva, pogona i održavanja	Trošak goriva	Troškovi pogona i održavanja	Potrošnja biomase	Cijena biomase na pragu elektrane
	[MW]	GWh	[\$/kW]	[\$m]	[\$/god.]	[\$/god.]	[\$/god.]	[t/god.]	[\$/t]
Hrast Strizivojna	3,0	17,75	2.500	7,50	300.001	0	300.000	0	0
Slavonija DI	2,5	18,86	2.525	6,31	1.019.001	766.500	252.500	21.000	36,5
Spačva - Vinkovci	6,0	44,30	2.400	14,40	3.072.001	2.496.00	576.000	64.000	39,0
TVIN - Virovitica	3,5	17,80	2.480	8,68	347.201	0	347.200	0	0
DI NOVOSELEC - Križ	3,5	17,75	2.480	8,68	1.346.201	999.000	347.200	27.000	37,0
Tvornica ulja Čepin - Čepin	5,5	37,54	2.410	13,26	530.201	0	530.200	0	0
DI Lorković - Vojnići	5,0	25,50	2.430	12,15	2.231.591	1.745.59	486.000	45.340	38,5
Spin Valis - Požega	3,5	17,75	2.480	8,68	786.401	439.200	347.200	12.200	36,0
Brestovac - Garešnica	1,0	8,20	2.680	2,68	539.201	432.000	107.200	12.000	36,0
Unijapapir - Zaprešić	0,9	7,20	2.700	2,43	637.201	540.000	97.200	15.000	36,0
Belišće/HEP OIE - Belišće	15,0	100,00	2.260	33,90	7.506.001	6.150.00	1.356.000	150.000	41,0
HEP OIE - Udbina	15,0	100,00	2.260	33,90	8.031.001	6.675.00	1.356.000	150.000	44,5
BILOKALNIK -	0,6	4,80	2.730	1,64	314.021	248.500	65.520	7.000	35,5

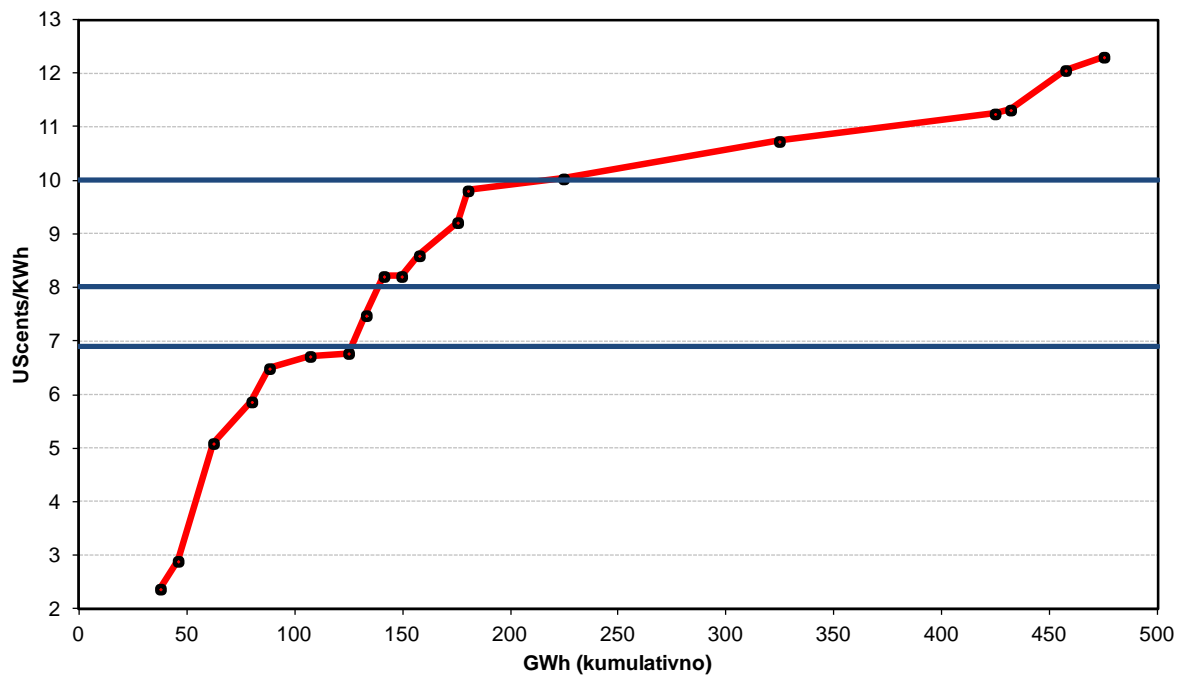
Koprivnica									
BBS - Podrute	2,0	16,40	2.570	5,14	329.501	123.900	205.600	3.500	35,4
DI KLANA - Klana	1,0	8,20	2.680	2,68	467.201	360.000	107.200	10.000	36,0
BADEL 1862 - Mlaka	1,0	8,20	2.680	2,68	467.201	360.000	107.200	10.000	36,0
BOR - Novi Marof	1,0	8,20	2.680	2,68	499.601	392.400	107.200	10.900	36,0
LIPA - Novi Marof	1,0	8,20	2.680	2,68	406.001	298.800	107.200	8.300	36,0
SOLIDUM - VG	1,0	8,20	2.680	2,68	323.201	216.000	107.200	6.000	36,0

Tablica 23. Ukupna proizvodnja el. energije te trošak proizvodnje za projekte u scenariju A

Naziv elektrane	Kumulativno GWh	UScents/KWh
Tvornica ulja Čepin - Čepin	37.536	2,38
Brestovac - Garešnica	45.736	2,90
BBS - Podrute	62.136	5,10
Hrast Strizivojna	79.886	5,87
SOLIDUM - VG	88.086	6,49
Slavonija DI	106.946	6,72
TVIN - Virovitica	124.746	6,78
LIPA - Novi Marof	132.946	7,48
DI KLANA - Klana	141.146	8,21
BADEL 1862 - Mlaka	149.346	8,21
BOR - Novi Marof	157.546	8,60
Spin Valis - Požega	175.296	9,22
BILOKALNIK - Koprivnica	180.096	9,81
Spačva - Vinkovci	224.396	10,04
Belišće/HEP OIE - Belišće	324.396	10,73
HEP OIE - Udbina	424.396	11,25
Unijapapir - Zaprešić	431.596	11,32
DI Lorković - Vojnići	457.096	12,06
DI NOVOSELEC - Križ	474.846	12,31



Slika 32. Razdioba rangiranih točaka projekata prije interpolacije proizvodne krivulje za scenarij A



Slika 33. Proizvodna krivulja za scenarij A te cijena troškova po kWh za slučaj kada je cijena ugljena 100 \$/t, a cijena CO₂ 20 \$/t

Tablica 24. Scenarij A

	CO ₂	P _{cost}	P _{cost+e}	P _{cost+g}	Q(ECON)	Q(EENV)	Q(ENVG)	Q(ECON)	Q(EENV)	Q(ENVG)
	\$/t	Usc/kWh	Usc/kWh	Usc/kWh	[GWh]	[GWh]	[GWh]	[MW]	[MW]	[MW]
A ₄₀	5	4,593	5,696	6,195	46	62	80	7	9	12
	10	4,593	5,696	6,693	46	62	88	7	9	13
	15	4,593	5,696	7,192	46	62	125	7	9	19
	20	4,593	5,696	7,691	46	62	133	7	9	20
	30	4,593	5,696	8,689	46	62	158	7	9	23
	50	4,593	5,696	10,684	46	62	224	7	9	33
A ₁₀₀	5	6,904	8,007	8,506	125	133	149	19	20	22
	10	6,904	8,007	9,004	125	133	158	19	20	23
	15	6,904	8,007	9,503	125	133	175	19	20	26
	20	6,904	8,007	10,002	125	133	180	19	20	27
	30	6,904	8,007	11,000	125	133	324	19	20	48
	50	6,904	8,007	12,995	125	133	475	19	20	72
A ₁₂₅	5	7,867	8,970	9,469	133	158	175	20	23	26
	10	7,867	8,970	9,967	133	158	180	20	23	27
	15	7,867	8,970	10,466	133	158	224	20	23	33
	20	7,867	8,970	10,965	133	158	324	20	23	48
	30	7,867	8,970	11,964	133	158	432	20	23	64
	50	7,867	8,970	13,958	133	158	475	20	23	72
A ₁₅₀	5	8,830	9,933	10,432	158	180	224	23	27	33
	10	8,830	9,933	10,930	158	180	324	23	27	48
	15	8,830	9,933	11,429	158	180	432	23	27	64
	20	8,830	9,933	11,928	158	180	432	23	27	64
	30	8,830	9,933	12,926	158	180	475	23	27	72
	50	8,830	9,933	14,921	158	180	475	23	27	72

Tablica 25. Pretpostavljeni troškovi za projekte kombinirane proizvodnje električne energije i topline scenarij B

Naziv postrojenja	Instalirana snaga postrojenja	Proizvodnja električne energije	Investicijski troškovi		Trošak goriva, pogona i održavanja	Trošak goriva	Troškovi pogona i održavanja	Potrošnja biomase	Cijena biomase na pragu elektrane
	[MW]		GWh	[\$/kW]	[\$m]	[\$/god.]	[\$/god.]	[\$/god.]	[t/god.]
PP+SP - 1	2,0	10,00	2.570	5,14	935.600	730.000	205.600	20.000	36,5
PP+SP - 2	2,0	10,00	2.570	5,14	935.600	730.000	205.600	20.000	36,5
PP+SP - 3	2,0	10,00	2.570	5,14	935.600	730.000	205.600	20.000	36,5
PP+SP - 4	1,9	9,50	2.580	4,90	889.580	693.500	196.080	19.000	36,5
IS - 1	6,0	31,00	2.400	14,40	2.916.000	2.340.000	576.000	60.000	39,0
IS - 2	6,0	31,70	2.400	14,40	2.916.000	2.340.000	576.000	60.000	39,0
IS - 3	6,0	31,00	2.400	14,40	2.916.000	2.340.000	576.000	60.000	39,0
IS - 4	5,9	26,00	2.400	14,16	2.867.400	2.301.000	566.400	59.000	39,0
SJT - 1	10,0	52,00	2.320	23,20	5.028.000	4.100.000	928.000	100.000	41,0
SJT - 2	10,0	52,00	2.320	23,20	5.028.000	4.100.000	928.000	100.000	41,0
SJT - 3	10,0	52,94	2.320	23,20	5.028.000	4.100.000	928.000	100.000	41,0
SJT - 4	9,4	48,00	2.330	21,90	4.730.080	3.854.000	876.080	94.000	41,0
BIO TE - 1	9,0	46,00	2.340	21,06	4.487.400	3.645.000	842.400	90.000	40,5
BIO TE - 2	9,0	46,00	2.340	21,06	4.487.400	3.645.000	842.400	90.000	40,5
BIO TE - 3	9,0	46,00	2.340	21,06	4.487.400	3.645.000	842.400	90.000	40,5
BIO TE - 4	7,8	44,71	2.360	18,41	3.681.520	2.945.200	736.320	74.000	39,8
SJT - 5	10,0	52,00	2.320	23,20	5.028.000	4.100.000	928.000	100.000	41,0

Tablica 26. Ukupna proizvodnja el. energije te trošak proizvodnje za projekte u scenariju B

Naziv elektrane	Kumulativno GWh	UScents/KWh
BIO TE - 4	44.71	12,17
IS - 2	76.41	13,54
SJT - 3	129.35	13,68
IS - 1	160.35	13,85
IS - 3	191.35	13,85
SJT - 1	243.35	13,92
SJT - 2	295.35	13,92
SJT - 5	347.35	13,92
BIO TE - 1	393.35	14,12
BIO TE - 2	439.35	14,12
BIO TE - 3	485.35	14,12
SJT - 4	533.35	14,20
PP+SP - 1	543.35	14,29
PP+SP - 2	553.35	14,29
PP+SP - 3	563.35	14,29
PP+SP - 4	572.85	14,32
IS - 4	598.85	16,24

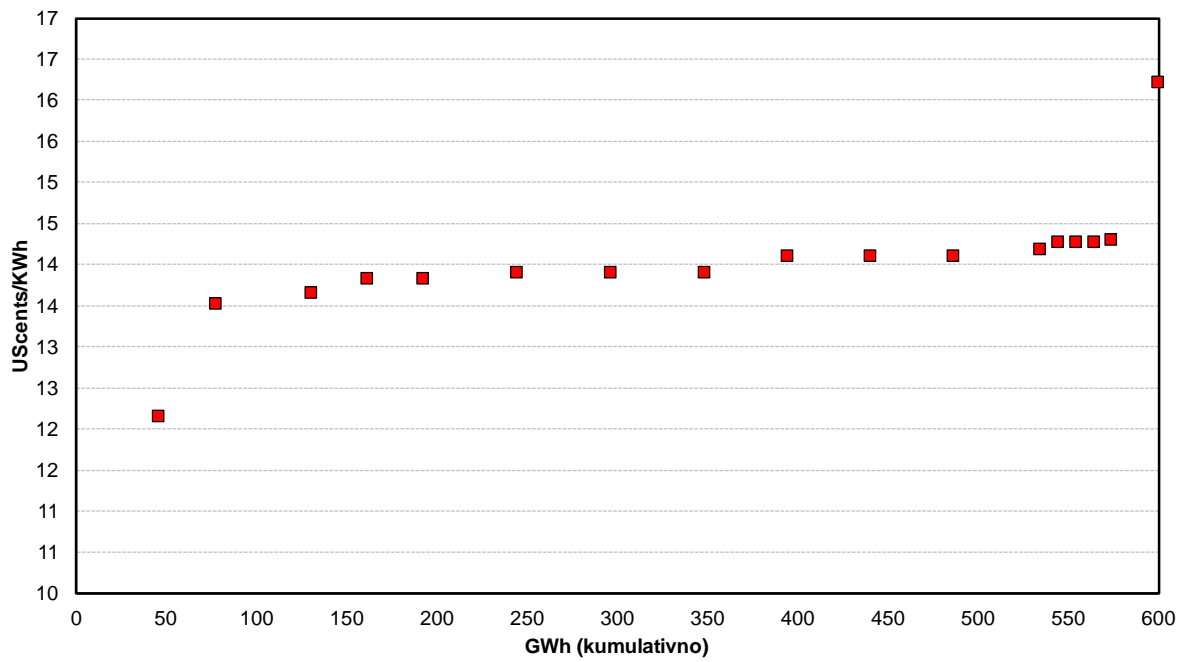
Gdje je:

IS – Industrijska kogeneracija

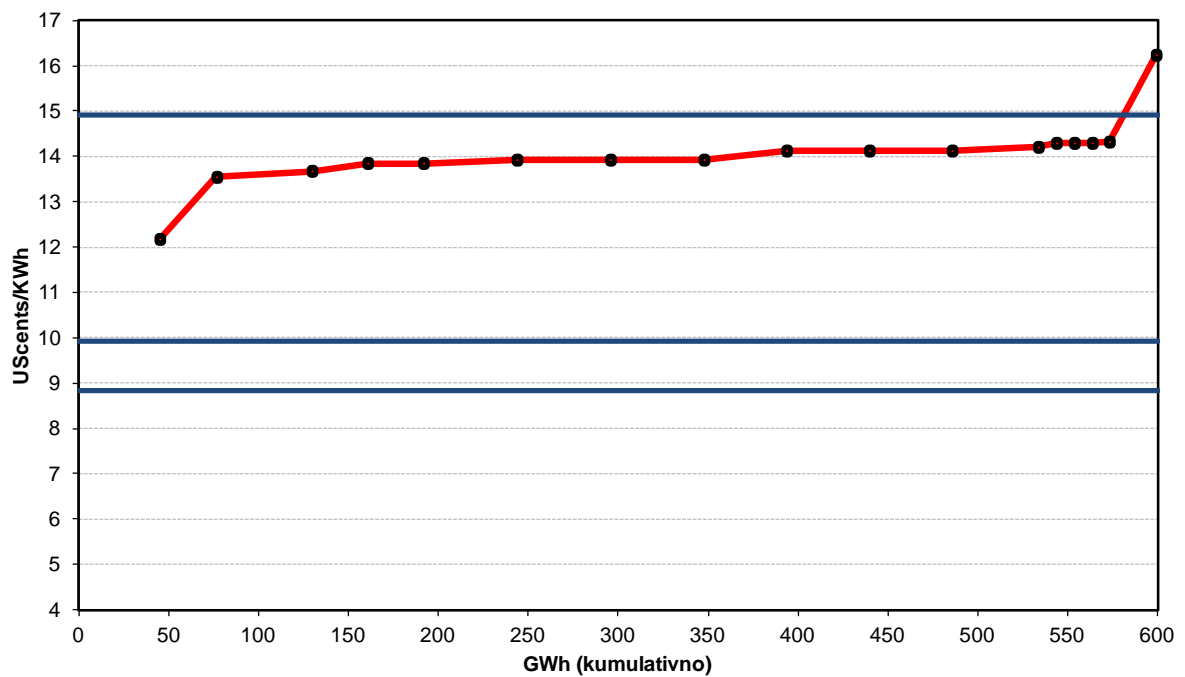
SJT – Kogeneracija u javnim toplanama

BIO TE – Termoelektrane na biomasu

PP+SP – Proizvodnja peleta + kogeneracija



Slika 34. Razdioba rangiranih točaka projekata prije interpolacije proizvodne krivulje za scenarij B



Slika 35. Proizvodna krivulja za scenarij B te cijena troškova po kWh za slučaj kada je cijena ugljena 150 \$/t, a cijena CO₂ 50 \$/t

Tablica 27. Scenarij B

	CO ₂	P _{cost}	P _{cost+e}	P _{cost+g}	Q(ECON)	Q(EENV)	Q(ENVG)	Q(ECON)	Q(EENV)	Q(ENVG)
	\$/t	Usc/kWh	Usc/kWh	Usc/kWh	[GWh]	[GWh]	[GWh]	[MW]	[MW]	[MW]
B₄₀	5	4,593	5,696	6,195	0	0	0	0	0	0
	10	4,593	5,696	6,693	0	0	0	0	0	0
	15	4,593	5,696	7,192	0	0	0	0	0	0
	20	4,593	5,696	7,691	0	0	0	0	0	0
	30	4,593	5,696	8,689	0	0	0	0	0	0
	50	4,593	5,696	10,684	0	0	0	0	0	0
B₁₀₀	5	6,904	8,007	8,506	0	0	0	0	0	0
	10	6,904	8,007	9,004	0	0	0	0	0	0
	15	6,904	8,007	9,503	0	0	0	0	0	0
	20	6,904	8,007	10,002	0	0	0	0	0	0
	30	6,904	8,007	11,000	0	0	0	0	0	0
	50	6,904	8,007	12,995	0	0	45	0	0	8
B₁₂₅	5	7,867	8,970	9,469	0	0	0	0	0	0
	10	7,867	8,970	9,967	0	0	0	0	0	0
	15	7,867	8,970	10,466	0	0	0	0	0	0
	20	7,867	8,970	10,965	0	0	0	0	0	0
	30	7,867	8,970	11,963	0	0	0	0	0	0
	50	7,867	8,970	13,958	0	0	347	0	0	66
B₁₅₀	5	8,830	9,933	10,432	0	0	0	0	0	0
	10	8,830	9,933	10,930	0	0	0	0	0	0
	15	8,830	9,933	11,429	0	0	0	0	0	0
	20	8,830	9,933	11,928	0	0	0	0	0	0
	30	8,830	9,933	12,926	0	0	45	0	0	8
	50	8,830	9,933	14,921	0	0	573	0	0	110

8. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

Europska unija je, postavivši cilj da udio obnovljivih izvora energije u ukupnoj energetskej potrošnji u 2020. godini bude 20%, dala snažan poticaj za jaču primjenu biomase, obnovljivog izvora sa znatnim potencijalom. Razlog tomu jest što uporaba biomase doprinosi ublažavanu emisije stakleničkih plinova, smanjenju ovisnosti o uvozu nafte i ostalih fosilnih oblika energije, povećanju sigurnosti energetske opskrbe te što razvitak tehnologije i industrije za uporabu biomase doprinosi rastu broja novih radnih mjesta, razvitku konkurentnosti te regionalnom i ruralnom razvitku. Republika Hrvatska pripada zemljama s velikim potencijalom biomase; raspoloživu biomasu se može raznim tehnologijama uporabiti za pretvorbu u električnu energiju i/ili unutarnju energiju (toplinu) ili pak preraditi u komercijalno pogodnije oblike energije (pelete, brikete i drveni ugljen). Dio biomase se može uporabiti za proizvodnju biogoriva druge generacije. Promišljenim pristupom razvoju uporabe biomase u energetske svrhe, poticajima i ustrajnošću, i Hrvatska može ispuniti nabrojene ciljeve (može se očekivati da će se mali i srednji hrvatski poduzetnici uključiti u razvoj sektora, pa čak i u razvoj i proizvodnju industrijske opreme za te svrhe).

Obnovljivi izvori energije i kogeneracija još uvijek su uglavnom nekonkurentni fosilnim gorivima ako se u njihovu proizvodnu cijenu ne uključe troškovi zaštite okoliša, stoga je za povećano korištenje obnovljivih izvora energije potrebno uvesti neki oblik poticajnog mehanizma kojim se kompenziraju (neizravne) subvencije koje dobivaju konvencionalni izvori. Međutim, sustav poticaja mora biti razvojno i gospodarski učinkovit, pri čemu ne smije ometati temeljna načela zaštite konkurencije.

Za Hrvatsku je provedena analiza troškova i dobiti korištenja biomasom kao obnovljivim izvorom energije kojom se utvrđuju rasponi troškova i dobiti određeni na osnovi uključivanja tzv. društvenih i neizravnih troškova proizvodnje električne energije iz fosilnih goriva (engl. external costs) u proizvodnu cijenu, odnosno izbjegnutih troškova zaštite okoliša i zdravlja stanovništva Republike Hrvatske.

Primjenom analize troškova i dobiti izračunavaju se ekonomski pokazatelji različitih implementacijskih scenarija A i B. U troškove ulaze investicijski troškovi i troškovi održavanja postrojenja koja se koriste biomasom kao obnovljivim izvorom energije, dok

dobiti pripadaju izbjegnuti troškovi proizvodnje u konvencionalnim postrojenjima te izbjegnuti lokalni troškovi (zdravlje, NO_x, SO₂, sitne čestice, uništavanje poljoprivrednih površina, štete zbog kiselih kiša i dr.) i globalni (CO₂) troškovi zaštite okoliša koji nastaju kao rezultat proizvodnje u konvencionalnim elektranama.

Kod implementacijskih scenarija A i B, koji ukupno imaju 39 projekata na biomasu, napravljena je analiza ekonomski opravdanih projekata. Karakteristične točke, odnosno ekonomski opravdani udjeli za analizirana postrojenja u pojedinom scenariju određivana su u ovisnosti o cijeni ugljena te cijeni CO₂ na tržištu. Analiza je provedena za 6 različitih cijena CO₂ i za 4 različite cijene ugljena. Za svaku situaciju određena je proizvodna krivulja (krivulja marginalnih troškova) te je iz tih krivulja određen udio ekonomski opravdanih projekata, bez uzimanja u obzir troškova (lokalno + globalno) i broja projekata za slučajeve kada se uzimaju u obzir troškovi (lokalno + globalno).

Za scenarij A, uz odabran indikativan podscenarij za slučaj kada je cijena ugljena 100 \$/t, a cijena CO₂ 20 \$/t, sedam od devetnaest projekata kombinirane proizvodnje topline i električne energije koji se koriste biomasom je ekonomski opravdano, bez uzimanja u obzir ukupnih troškova (lokalno+globalno), dok je šest projekata opravdano ako se uzmu u obzir ukupni troškovi. Izvedene karakteristične točke indikativnog podscenarija A, odnosno ekonomski opravdani udjeli proizvodnje električne energije iz biomase, iznose 19 MW (125 GWh) bez uključenih eksternalija, 20 MW (133 GWh) s lokalnim, odnosno 27 MW (180 GWh) s globalnim eksternalijama.

Za implementacijski scenarij B, uz odabran indikativan podscenarij za slučaj kada je cijena ugljena 150 \$/t, a cijena CO₂ 50 \$/t, niti jedan projekt nema proizvodnu cijenu električne energije nižu od konvencionalnih elektrana i dodanim lokalnim eksternim troškovima, dok su u području između lokalnih i globalnih eksternih troškova rangirani gotovo svi projekti iz baze podataka scenarija B – šesnaest projekata koji su ekonomski opravdani bez financijskih potpora. Samo jedan preostali projekt nije ekonomski opravdan bez financijske potpore. Izvedene karakteristične točke indikativnog podscenarija B, odnosno ekonomski opravdani udjeli proizvodnje električne energije iz biomase su 0 MW bez uključenih eksternalija, 0 MW s lokalnim, odnosno 110 MW s globalnim eksternalijama uz proizvodnju električne energije od 573 GWh.

Provedene analize pokazuju da se minimalni udio proizvodnje električne energije iz kogeneracijskih postrojenja koja se koriste biomasom u Hrvatskoj može postaviti u rasponu između 19 i 27 MW (srednjoročno) te 110 MW (dugoročno), a ovisi o ciljevima koji se žele postići korištenjem biomase u sklopu politike povećavanja udjela svih obnovljivih izvora energije: od zaštite okoliša, diversifikacije izvora, sigurnosti opskrbe do lokalnog razvitka i zapošljavanja.

Iz istraživanja provedenih u radu i prikazanih rezultata proizlazi da je kombinirana proizvodnja električne energije i topline iz biomase vrlo pogodna opcija proizvodnje energije iz obnovljivih izvora za Republiku Hrvatsku. Neiskorištene mogućnosti i potencijal biomase potrebno je dodatno vrednovati kroz proizvodnju električne i toplinske energije uz ekonomski opravdane troškove koji uz izbjegnute troškove u odnosu na konvencionalnu elektranu uključuju i lokalne i globalne eksternalije. Na temelju dobivenih rezultata primjene modela analize troškova i dobiti za postrojenja za proizvodnju električne energije korištenjem biomase za implementacijski scenarije B i odabrani indikativni podscenarij (cijena ugljena 150 \$/t, a cijena CO₂ 50 \$/t), uz odgovarajuće poticajne mjere i uklanjanjem administrativnih i financijskih prepreka, može se ostvariti cilj od 110 MW instalirane snage kogeneracijskih postrojenja na biomasu uz proizvodnju električne energije od 573 GWh u 2020. godini. To je čak 30 % više od cilja od 85 MW, postavljenog u službenoj Strategiji energetskog razvoja Republike Hrvatske („Narodne novine“ br. 130/2009.).

Analize pokazuju da će, u uvjetima razvijenog tržišta biomase pri čemu postoje određene korelacije s fluktuacijom prosječnih cijena fosilnih goriva (iako bez realne osnove) i razmjernog utjecaja na visoke varijabilne odnosno pogonske troškove postrojenja koja se koriste biomasom, dugoročno biti potrebno osiguravati primjerene sustave poticaja, odnosno ekonomskih instrumenata i administrativnih potpora povlaštenoj proizvodnji za održavanje zanimanja ulagača i omogućavanja povrata ulaganja. Tu je zasigurno najpouzdaniji sustav poticaja – zajamčene otkupne cijene (*feed in* tarife) jer je riječ o instrumentu koji je za razliku od ostalih (osobito sustava zelenih/utrživih certifikata koji je najperspektivniji) u potpunosti bankabilan, pouzdan i naprihvatljiviji instrument za financijske institucije. Potrebna financijska sredstva prikupljaju se specifičnim dodatkom na računu za električnu energiju koji plaćaju svi potrošači, čime se omogućava punjenje mehanizma za prikupljanje i razdiobu poticaja te realizacija postavljenih ciljeva u proizvedenoj električnoj energiji i instaliranoj snazi kogeneracijskih postrojenja koja se koriste biomasom.

Dodatna istraživanja i postignuće znanstvenog doprinosa vezano uz ovaj rad mogu se usmjeriti na:

- Provedbu analize troškova i dobiti za sve obnovljive izvore energije u Republici Hrvatskoj, čime bi se pokazalo da je do određena udjela obnovljivih izvora u Hrvatskoj ekonomski opravdano poticati njihovo korištenje i time izbjeći troškove šteta u okolišu i za zdravlje stanovništva koje bi nastale kada bi se ista količina energije proizvela u elektranama koje se koriste fosilnim gorivima. Ovaj udio za sve obnovljive izvore energije propisuje Vlada Republike Hrvatske, a troškovi poticanja kogeneracijskih postrojenja koja se koriste biomasom na ekonomski opravdani način obuhvaćeni su ovim radom.
- Istraživanje dodatne modifikacije proizvodne krivulje (dodatni troškovi), uz uzimanje u obzir činjenice da pojedini obnovljivi izvori (vjetar, sunce, male hidroelektrane) nisu uvijek raspoloživi (prekidni su u radu i stohastički uvjetovani) te zbog svoje ograničene pouzdanosti zahtijevaju dodatne regulacijske kapacitete u sustavu, a time i dodatni trošak potrebne (temeljne, konvencionalne) snage za određenu količinu proizvedene električne energije iz obnovljivih izvora energije.
- Istraživanje i utvrđivanje troškova štetnog utjecaja na okoliš na lokalnoj razini (lokalne eksternalije) za uvjete u Hrvatskoj.
- Određivanje različitih visina financijskih poticaja (zajamčene otkupne cijene ili *feed in* tarife) za pojedine skupine postrojenja koji električnu energiju proizvode iz biomase na temelju analize za različite scenarije cijena ugljena i CO₂.

LITERATURA

- [1] D. R. Schneider, N. Duić, Ž. Bogdan. Mapping the potential for decentralized energy generation based on renewable energy sources in the Republic of Croatia. *Energy* 2007;32(9):1731-1744.
- [2] M. B. Vrhovčak, Ž. Tomšić, N. Debrecin. Potential and use of renewable energy sources in Croatia. *Renewable Energy* 2006;31(12):1867-1872.
- [3] S. N. Dodić, S. D. Popov, J. M. Dodić, J. A. Ranković, Z. Z. Zavargo. Biomass energy in Vojvodina: Market conditions, environment and food security. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 2010;14(2):862-867.
- [4] M. Golusin, Z. Tesic, A. Ostojic. The analysis of the renewable energy production sector in Serbia. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 2010;14(5):1477-1483.
- [5] S. Karaj, T. Rehl, H. Leis, J. Müller. Analysis of biomass residues potential for electrical energy generation in Albania. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 2010;14(1):493-499.
- [6] K. Openshaw. Biomass energy: Employment generation and its contribution to poverty alleviation. *Biomass and Bioenergy*; Article in Press; [doi:10.1016/j.biombioe.2009.11.008](https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2009.11.008)
- [7] B. Hillebrand, G. H. Buttermann, M. J. Behringer, M. Bleuel. The expansion of renewable energies and employment effects in Germany. *Energy Policy* 2006;34(18):3484-3494
- [8] M. H. Groscurth, A. D. Almeida, A. Bauen, B. F. Costa, O.S. Ericson, J. Giegrich, N. V. Grabczewski, D. Hall, O. Hohmeyer, K. Jorgensen, C. Kern, I. Kuhn, R. Lofstedt, J. D. S. Mariano, P. M. G. Mariano, N. I Meyer, P. S. Nielsen, C. Nunes, A. Patyk, G. A. Reinhardt, F. Rosillo-Calle, I. Scrase, B. Widmann. Total costs and benefits of biomass in selected regions of the European Union. *Energy* 2000;25(11):1081-1095.
- [9] M. Solino. External benefits of biomass-e in Spain: An economic valuation. *Bioresource Technology* 2010;101(6):1992-1997.
- [10] P. Thornley, J. Rogers, Y. Huang. Quantification of employment from biomass power plants. *Renewable Energy* 2008;33(8):1922-1927.
- [11] N. Duić, F. Juretić, M. Zeljko, Ž. Bogdan. Croatia energy planning and Kyoto Protocol. *Energy Policy* 2005;33(8):1003-1010.
- [12] UN framework convention on climate change site. <http://unfccc.int/2860.php>

- [13] Hyvarinen, J., in defence of the Kyoto Protocol, IEEP, London (2000)
- [14] G. Krajačić. Diplomski rad: Energetsko planiranje otoka Mljeta uz uvjet maksimizacije korištenja obnovljivih izvora, Zagreb, 2004.
- [15] EPU-NTUA. 1st activity report of the sixth framework project „Scientific Reference System on new Energy Technologies, Energy End-use Efficiency and Energy RTD“, 2006.
- [16] H. Doukas, W. Mannsbart, K. D. Patlitzianas, J. Psarras. M. Ragwitz, B. Schlomann. A methodology for validating the renewable energy data in EU. *Renewable Energy* 2007;32(12):1981-1998.
- [17] R. Haas, W. Eichhammer, C. Huber, O. Langniss, A. Lorenzoni, R. Madlener, P. Menanteau, P. E. Morthorst, A. Martins, A. Onizk, J. Schleich, A. Smith, Z. Vass, A. Verbruggen. How to promote renewable energy systems successfully and effectively. *Energy Policy* 2004;32(6):833-839.
- [18] P. Rafaj, S. Kyreos. Internalisation of external cost in the power generation sector: Analysis with Global Multi.regional MARKAL model. *Energy Policy* 2007;35(2):828-843.
- [19] W. Krewitt, T. Heck, A. Trukenmuller, R. Friedrich. Environmental damage costs from fossil electricity generation in Germany and Europe. *Energy Policy* 1999;27(3):173-183.
- [20] N. Eyre. External costs: What do they mean for energy policy? *Energy Policy* 1997;25(1):85-95.
- [21] J. Bergerson, L. Lave. The long-term life cycle private and external costs of high coal usage in the US. *Energy Policy* 2007;35(12):6225-6234.
- [22] A. Verbruggen, V. Lauber. Basic concepts for designing renewable electricity support aiming at a full – scale transition by 2050. *Energy Policy* 2009;37(12):5732-5743.
- [23] B. K. Sovacool. Rejecting renewables: The socio-technical impediments to renewable electricity in the United States. *Energy Policy* 2009;37(11):4500-4513.
- [24] R. Wiser, D. Bachrach, M. Bolinger, W. Golove. Comparing the risk profiles of renewable and natural gas-fired electricity contracts. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 2004;8(4):335-363.
- [25] P. D. Rio, M. A. Gual. An integrated assessment of the feed-in tariff system in Spain. *Energy Policy* 2007;35(2):994-1012.
- [26] K. Wiliges, J. Lilliestam, A. Patt. Making concentrated solar power competitive

- with coal: The cost of a European feed-in tariff. *Energy Policy* 2010;38(6):3089-3097.
- [27] D. Toke. Renewable financial support systems and cost-effectiveness. *Journal of Cleaner Production* 2007;15(3):280-287.
- [28] E. A. Amundsen, J. B. Mortensen. The Danish Green Certificate System: some simple analytical results. *Energy Economics* 2001;23(5):489-509.
- [29] S. G. Jensen, K. Skytte. Interaction between the power and green certificate markets. *Energy Policy* 2002;30(5):425-435.
- [30] A. Kildegaard. Green certificate markets, the risk of over-investment, and the role of long-term contracts. *Energy Policy* 2008;36(9):3413-3421.
- [31] V. Dinica, M. J. Arentsen. Green certificate trading in the Netherlands in the prospect of the European electricity market. *Energy Policy* 2003;31(7):609-620.
- [32] P. E. Morthorst. The development of a green certificate market. *Energy Policy* 2000;28(15):1085-1094.
- [33] E. S. Amundsen, G. Nese. Integration of tradable green certificate markets: What can be expected? *Journal of Policy Modeling* 2009;31(6):903-922.
- [34] M. Kliman. Competitive bidding for independent power: Developments in the USA. *Energy Policy* 1994;22(1):41-56.
- [35] C. Huber, L. Ryan, B. O. Gallachoir, G. Resch, K. Polaski, M. Brazilian. Economic modelling of price support mechanisms for renewable energy: Case study on Ireland. *Energy Policy* 2007;35(2):1172-1185.
- [36] R. Gross, M. Leach, A. Bauen. Progress in renewable energy. *Environment International* 2003;29(1):105-122.
- [37] Radna skupina za biomasu, *Biomasa kao obnovljivi izvor energije*. <http://suma-ss.hr/assets/files/brosure/Biomasa.pdf>
- [38] B. Schlamadinger, J. Spitzer, G. H. Kohlmaier, M. Lüdeke. Carbon balance of bioenergy from logging residues. *Biomass and Bioenergy* 1995;8(4):221-234.
- [39] F. Kraxner, S. Nilsson, M. Obersteiner. Negative emissions from BioEnergy use, carbon capture and sequestration (BECS) – the case of biomass production by sustainable forest management from semi-natural temperate forests. *Biomass and Bioenergy* 2003;24(4-5):285-296.
- [40] X. Dubuisson, I. Sintzoff. Energy and CO₂ balances in different power generation routes using wood fuel from short rotation coppice. *Biomass and Bioenergy* 1998;15(4-5):379-390.

- [41] B. Schlamadinger, G. Marland. Full fuel cycle carbon balance of bioenergy and forestry options. *Energy Conversion and Management* 1996;37(6-8):813-818.
- [42] A. Demirbas. Combustion characteristics of different biomass fuels. *Progress in Energy and Combustion Science* 2004;30(2):219-230.
- [43] D. Fiaschi, R. Carta. CO₂ Abatement by co-firing of natural gas and biomass-derived gas in a gas turbine. *Energy* 2007;32(4):549-567.
- [44] L. Gustavsson, P. Svaningsson. Substituting fossil fuels with biomass. *Energy Conversion and Management* 1996;37(6-8):1211-1216.
- [45] D. Kralik. Energetski produkti iz biomase, poljoprivredni fakultet u Osijeku. <http://hgk.biznet.hr/hgk/fileovi/11061.pdf>.
- [46] Energetika-net website. <http://energetika-net.hr/skola/oie/energija-biomase>.
- [47] N. Duić. Osnove energetike, digitalni udžbenik. <http://powerlab.fsb.hr/osnoveenergetike/wiki>
- [48] E. Alakangas, A. Heikkinen, T. Lensu, P. Vesterinen. Biomass fuel trade in Europe - Summary report, EUBIONET II-project, Juväskylä, 2007.
- [49] J. Heinimo, M. Junginger. Production and trading of biomass for energy – An Overview of the global status. *Biomass and Bioenergy* 2009;33(9):1310-1320.
- [50] M. Parikka. Global biomass fuel resources. *Biomass and Bioenergy* 2004;27(6):613-620.
- [51] M. F. Demirbas, M. Balat, H. Balat. Potential contribution of biomass to the sustainable energy development. *Energy Conversion and Management* 2009;50(7):1746-1760.
- [52] M. Hoogwijk, A. Faaij, R. V. D. Broek, G. Berndes, D. Gielen, W. Turkenburg. Exploration of the ranges of the global potential of biomass for energy. *Biomass and Bioenergy* 2003;25(2):119-133.
- [53] A. Evans, V. Strezov, T. J. Evans. Sustainability consideration for electricity generation from biomass. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 2010;14(5):1419-1427.
- [54] M. Slunjski, Ž. Sučić. Iskorak Hrvatski šuma d.o.o. u korištenju šumske biomase. <http://hgk.biznet.hr/hgk/fileovi/9957.pdf>
- [55] M. Mrkobrad. Revizija šumskogospodarske Osnove područja mora voditi računa o novim momentima, "Hrvatske šume". Broj 109/110, siječanj/veljača 2006., <http://casopis.hrsume.hr/index.asp?x=BR109#>
- [56] Energija u Hrvatskoj, godišnji energetski pregled, Zagreb, 2007.

http://www.mingorp.hr/UserDocsImages/energija%20u%20hrvatskoj/EUH06_web.pdf

- [57] G. C. Bakos, E. Tsioliaridou, C. Potolias. Technoeconomic assessment and strategic analysis of heat and power co-generation (CHP) from biomass in Greece. *Biomass and Bioenergy* 2008;32(6):558-567.
- [58] G. Boyle, *Renewable energy power for a sustainable future*, Oxford University Press, Oxford, UK (1996)
- [59] C. Wereko-Brodsky and E.B. Hagen, *Biomass conversion and technology*, Wiley, England (1996).
- [60] D. P. Papadopoulos, P. A. Katsigiannis. Biomass energy surveying and techno-economic assessment of suitable CHP system installations. *Biomass and Bioenergy* 2002;22(2):105-124.
- [61] V. Dornburg, P. C. Faaij. Efficiency and economy of wood-fired biomass energy systems in relation to scale regarding heat and power generation using combustion and gasification technologies. *Biomass and Bioenergy* 2001;21(2):91-108.
- [62] Y. Solantausta, T. Bridgwater, D. Beckman. Electricity production by advanced biomass power systems. *VTT Research Notes* 1729, 1997.
- [63] L. Giaccone, A. Canova. Economical comparison of CHP systems for industrial user with large steam demand. *Applied Energy* 2009;86(6):904-914.
- [64] S. De, M. Kaiadi, M. Fast, M. Assadi, Development of an artificial neural network model for the steam process of a coal biomass cofired combined heat and power (CHP) plant in Sweden. *Energy* 2007;32(11):2099-2109.
- [65] I. S. Ertesvag. Exergetic comparison of efficiency indicators for combined heat and power (CHP). *Energy* 2007;32(11):2038-2050.
- [66] P. J. Mago, A. Hueffed, L. M. Chamra. Analysis and optimization of the use of CHP-ORC systems for small commercial buildings. *Energy and Buildings* 2010; [doi:10.1016/j.enbuild.2010.03.019](https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2010.03.019)
- [67] A. Rentizelas, S. Karellas, E. Kakaras, I. Tatsiopoulou. Comparative techno-economic analysis of ORC and gasification for bioenergy applications. *Energy Conversion and Management* 2009;50(3):674-681.
- [68] L. Dong, H. Liu, S. Riffat. Development of small-scale and micro-scale biomass-fuelled CHP systems – A Literature review. *Applied Thermal Engineering* 2009;29(11-12):2119-2126.
- [69] E. Podesser. Electricity production in rural villages with a biomass Stirling engine.

- Renewable Energy 1999;16(1-4):1049-1052.
- [70] B. A. Bryan, J. Ward, T. Hobbs. An assessment of the economic and environmental potential of biomass production in an agricultural region. *Land Use Policy* 2008;25(4):533-549.
- [71] L. Gustavsson, J. Holmberg, V. Dornburg, R. Sathre, T. Eggers, K. Mahapatra, G. Marland. Using biomass for climate change mitigation and oil use reduction. *Energy Policy* 2007;35(11):5671-5691.
- [72] B. Schlamadinger, M. Apps, F. Bohlin, L. Gustavsson, G. Jungmeier, G. Marland, K. Pingoud, I. Savolainen. Towards a standard methodology for greenhouse gas balances of bioenergy systems in comparison with fossil energy systems. *Biomass and Bioenergy* 1997;13(6):359-375.
- [73] W. Krewitt, T. Heck, A. Trukenmuller, R. Friedrich. Environmental damage costs from fossil electricity generation in Germany and Europe. *Energy Policy* 1999;27(3):173-183.
- [74] Q. Zhang, T. Weili, W. Yumei, C. Yingxu. External costs from electricity generation of China up to 2030 in energy and abatement scenarios. *Energy Policy* 2007;35(8):4295-4304.
- [75] P. Rafaj, S. Kypreos. Internalisation of external cost in the power generation sector: Analysis with Global Multi-regional MARKAL model. *Energy Policy* 2007;35(2):828-843.
- [76] M. B. Vrhovcak, Z. Tomsic, N. Debrecin. External costs of electricity production: case study Croatia. *Energy Policy* 2005;33(11):1385-1395.
- [77] RH, Ministarstvo gospodarstva, rada i poduzetništva, *Energija u Hrvatskoj 2009. – Godišnji energetske pregled*, Zagreb, studeni 2010
- [78] J. Domac, B. Fredericks. Bioenergy in Croatia. Market study. BTG e. V. & Energy Institute Hrvoje Požar, 2002.
- [79] J. Domac, M. Jakopović, S. Risović. Burza drvnog ostatka u Hrvatskoj. *Šumarski list* 2002;7-8:401-406.
- [80] Commission of the European Communities, The share of renewable energy in the EU; Commission Report on accordance with Article 3 of Directive 2001/77/EC, evaluation of the effect of legislative instruments and other Community policies on the development of the contribution of renewable energy sources in the EU and proposals for concrete actions, Communication from the commission to the council and the European Parliament, Bruxelles, 26. svibnja 2004., COM(2004) 366 final.

- [81] J. Domac, et al. BIOEN – Program korištenja energije biomase i otpada: Nove spoznaje i provedbe. Energetski institut Hrvoje Požar, Zagreb, 2001.
- [82] Energetski institut Hrvoje Požar, website <http://www.eihp.hr/hrvatski/biomasa1.htm>
- [83] Anon. Šumsko-gospodarsko područje Republike Hrvatske, Šumskogospodarska osnova. Stanje 1996. god. Sažetak, izrađeno u JP „Hrvatske šume“, Služba za uređivanje šuma, 1996, Zagreb, str. 1-37.
- [84] A. Tustonjić, T. Kružić. Šumarstvo i prerada drveta – Hrvatska perspektiva. Šumarski list 2002;1-2:77-84.
- [85] Šumarska savjetodavna služba web stranica. <http://www.suma-ss.hr>
- [86] J. Molc, M. Slunjski, Ž. Sučić. Iskorak Hrvatskih šuma d.o.o., 2. Hrvatski dani biomase, 2007, Golubinjak, Gospić.
- [87] Državni zavod za statistiku Republike Hrvatske, web stranica. <http://www.dzs.hr/>
- [88] N. Duić, D. Lončar, B. Ćosić. Analiza potencijala izgradnje energetskih postrojenja loženih biomasom i odabir optimalne lokacije. Studija, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb, travanj 2009.
- [89] B. Ćosić. Analiza potencijala izgradnje energetskih postrojenja loženih različitim tipovima biomase u Hrvatskoj i odabir lokacija. Diplomski rad, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb, studeni 2008.
- [90] M. Dimnjašević, V. Plevnik, V. Polović. Određivanje ogrjevne vrijednosti različitih vrsta drveta. Seminarski rad, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb 2008.
- [91] E. Alakangas, A. Heikkinen, T. Lensu, P. Vesterinen. Biomass fuel trade in Europe- Summary report, EUBIONET II-project Juväskylä, 2007.
- [92] Commission of the European communities. Green Paper – Towards a European strategy for the security of energy supply. Brussels 2000, COM (2000) 769 final. http://aei.pitt.edu/1184/01/energy_supply_security_gp_COM_2000_769.pdf
- [93] Fraunhofer Institut. Evaluation of Different Feed-in Design Options. 2006.
- [94] Wind Energy – The facts. Web stranica. <http://www.wind-energy-the-facts.org>
- [95] D. Vitchev, Renaissance Finance International Ltd. Potential for investment in clean energy and capacity building to develop bankable projects, The Seventh “Environment for Europe” Ministerial Conference, Astana, September 2011.
- [96] RECS International. Web stranica. <http://www.recs.org/>
- [97] Commission of the European Communities, The support of electricity from Renewable Energy Sources, Communication from the Commission, Bruxelles, 7. prosinca 2005., COM(2005) 627 final.

- [98] OPTRES. Assessment and optimization of renewable energy support schemes in the European electricity market. 2007. http://www.optres.fhg.de/OPTRES_FINAL_REPORT.pdf.
- [99] HROTE, web stranica. <http://www.hrote.hr/hrote/Default.aspx>.
- [100] M. Kirjavainen, K. Sipilä, T. Savola, M. Salomón, E. Alakangas. Small-scale biomass CHP technologies. Situation in Finland, Denmark and Sweden. OPET Report 12. Espoo (FI): VTT Processes (FI); 2004 April. Contract no. NNE5/2002/52: OPET CHP/DH Cluster.
- [101] Danish Energy Agency (DK). Technology Data for Energy Plants. 2010 June. http://www.ens.dk/Documents/Netboghandel%20-%20publikationer/2010/Technology_data_for_energy_plants.pdf.
- [102] Cost Benefit Analysis for Renewable Energy in Croatia, Final Report prepared for HBOR and World Bank/GEF, Frontier Economics Limited, May 2003.
- [103] L. Horváth, I. Raguzin. The Croatian wind energy supply curve, EWEC2004, 22-25.11.2004, London, UK
- [104] China Renewable Energy Scale-up Program (CRESP): Economic Analysis, Volume I: World Bank, 2003.
- [105] Hrvatska Elektroprivreda: The Needed Development of new Power Plants and Facilities in the Republic of Croatia in the Period 2001-2020 (Masterplan), Zagreb, November 2001.
- [106] Ulazni podaci za vrednovanje scenarija razvoja energetskeg sustava, Podloge za izradu Prilagodba i nadogradnja Strategije energetskeg razvitka RH, 2008.

9. PRILOZI

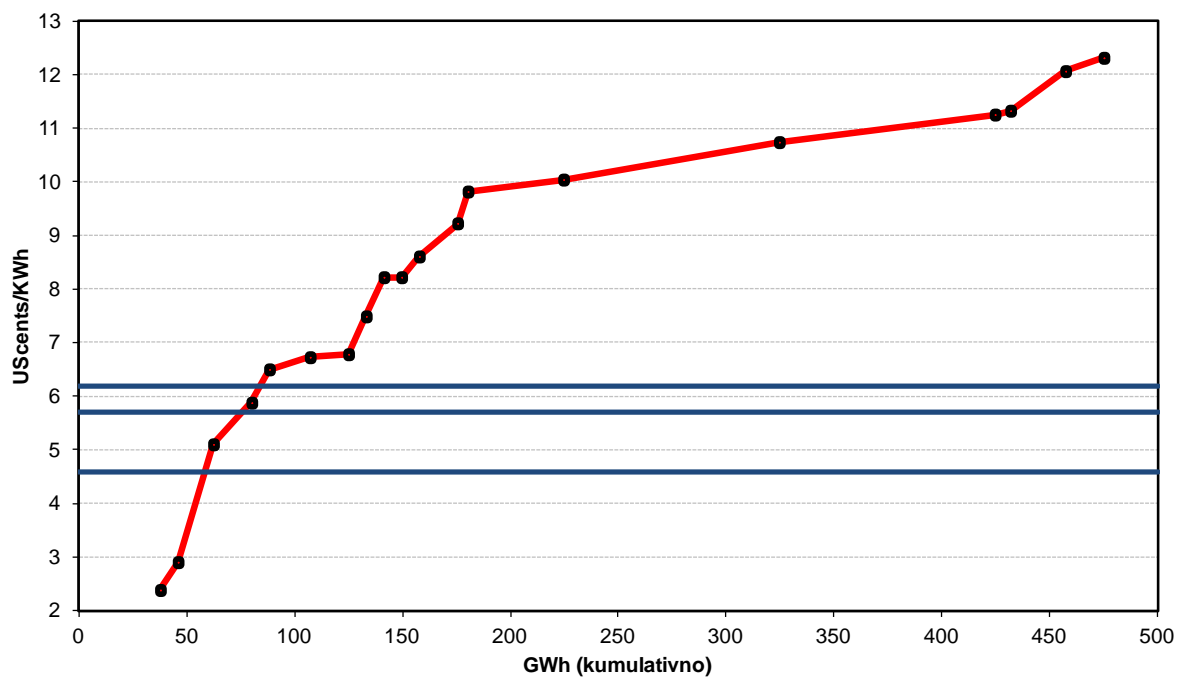
PRILOG I: Tablice i dijagrami za scenarij A

PRILOG II: Tablice i dijagrami za scenarij B

PRILOG I

Dijagrami i podaci za scenarij A cijena ugljena 40\$/t (A40)

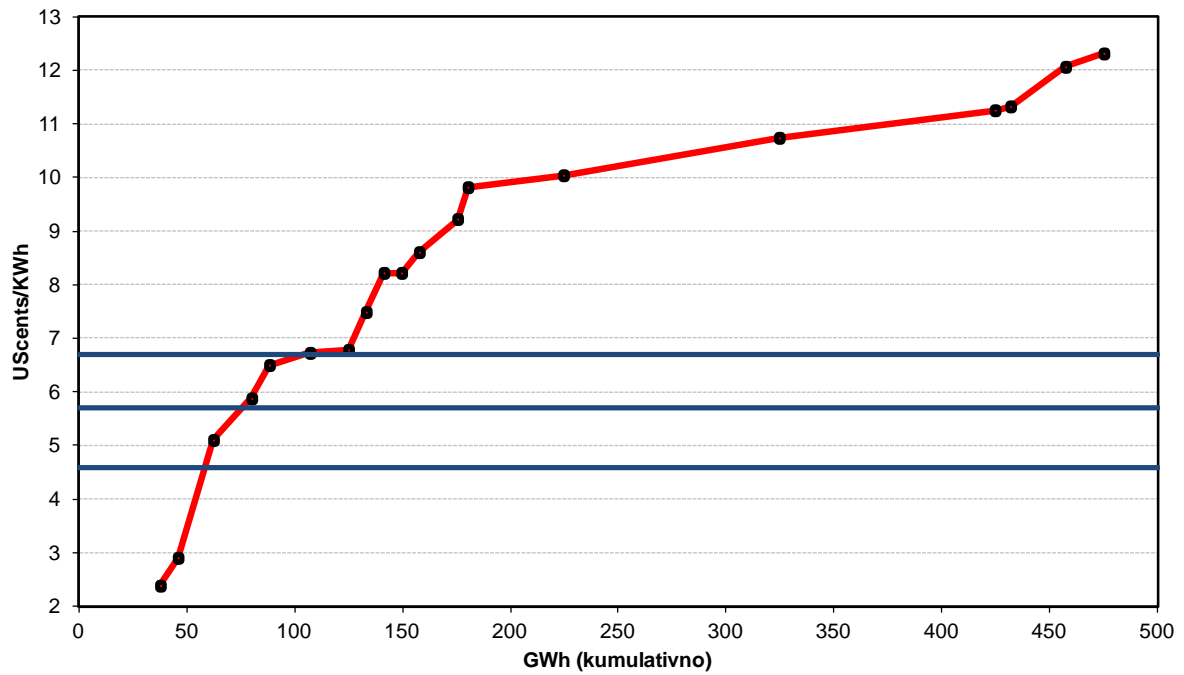
Cijena CO₂ 5\$/t



	UScents/kWh
Pcost	4,593
Pcost+e	5,696
Pcost+g	6,195

Proizvodnja		
Q(ECON)	[GWh]	46
Q(ENV)	[GWh]	62
Q(ENVG)	[GWh]	80
MW		
Q(ECON)	[MW]	7
Q(ENV)	[MW]	9
Q(ENVG)	[MW]	12

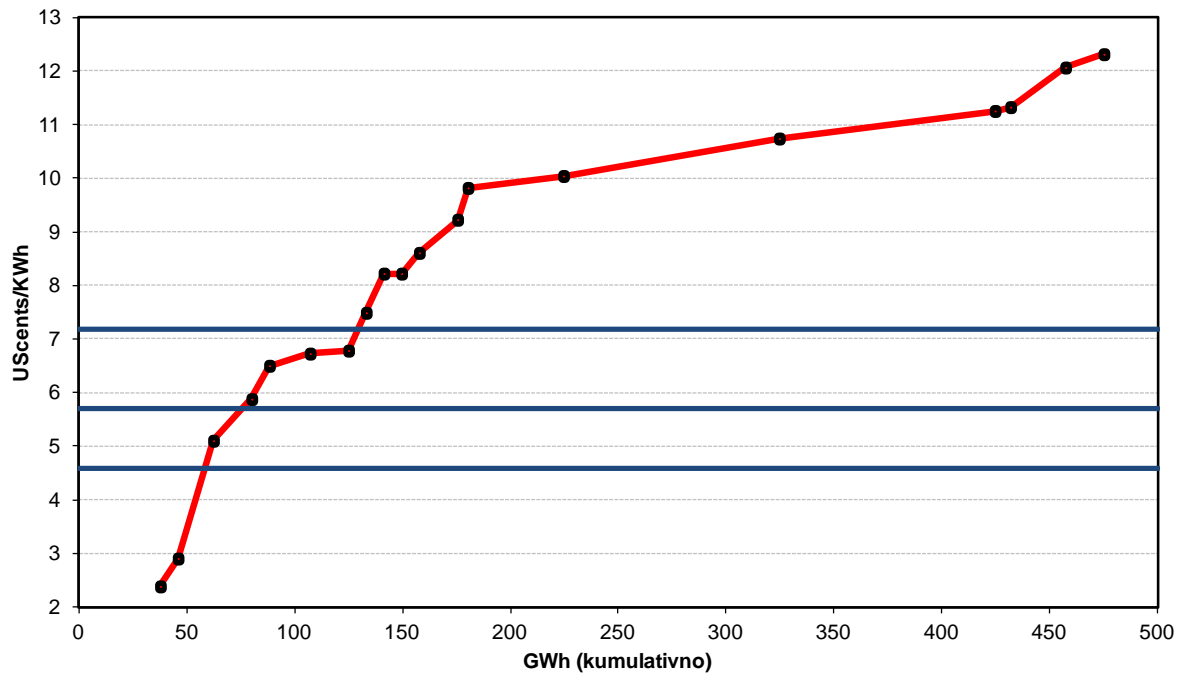
Cijena CO₂ 10\$/t



	UScents/kWh
Pcost	4,593
Pcost+e	5,696
Pcost+g	6,693

Proizvodnja		
Q(ECON)	[GWh]	46
Q(ENV)	[GWh]	62
Q(ENVG)	[GWh]	88
MW		
Q(ECON)	[MW]	7
Q(ENV)	[MW]	9
Q(ENVG)	[MW]	13

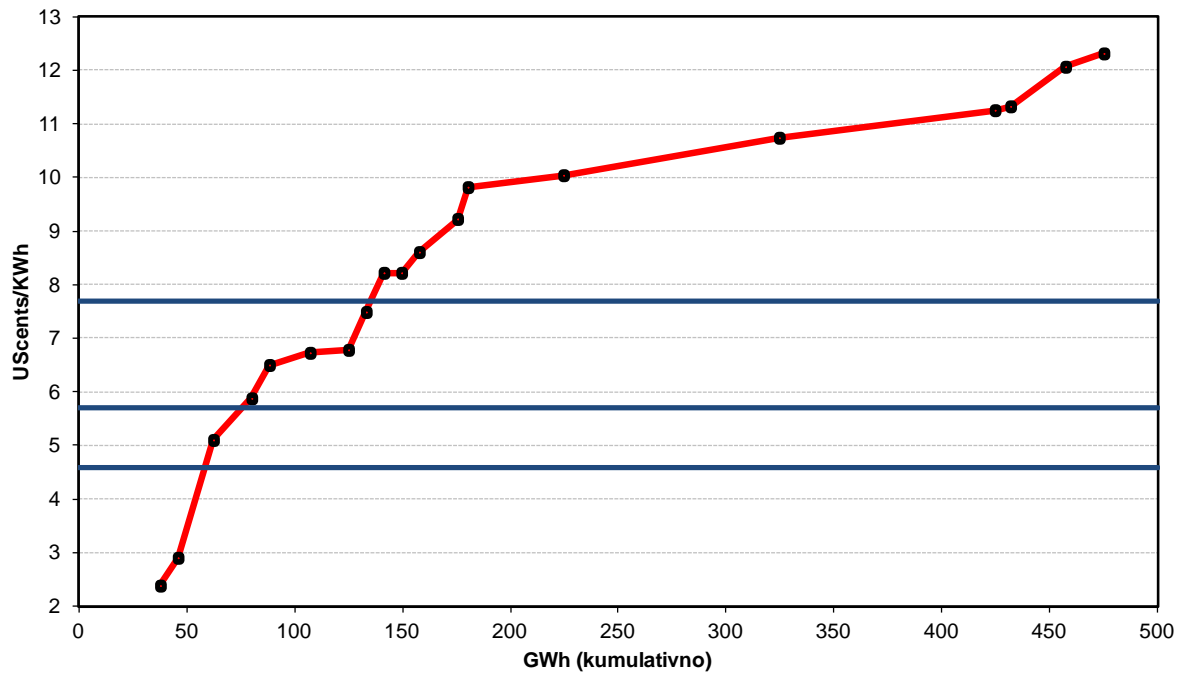
Cijena CO₂ 15\$/t



	UScents/kWh
Pcost	4,593
Pcost+e	5,696
Pcost+g	7,192

Proizvodnja		
Q(ECON)	[GWh]	46
Q(ENV)	[GWh]	62
Q(ENVG)	[GWh]	125
MW		
Q(ECON)	[MW]	7
Q(ENV)	[MW]	9
Q(ENVG)	[MW]	19

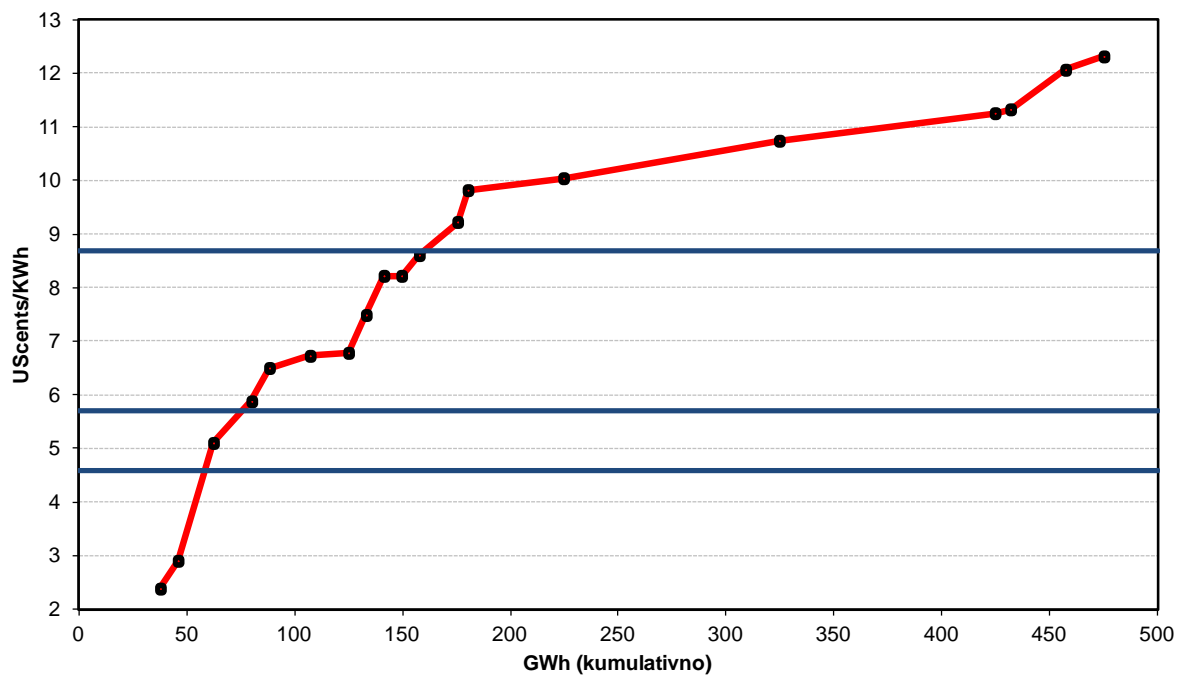
Cijena CO₂ 20\$/t



	UScents/kWh
Pcost	4,593
Pcost+e	5,696
Pcost+g	7,691

Proizvodnja		
Q(ECON)	[GWh]	46
Q(ENV)	[GWh]	62
Q(ENVG)	[GWh]	133
MW		
Q(ECON)	[MW]	7
Q(ENV)	[MW]	9
Q(ENVG)	[MW]	20

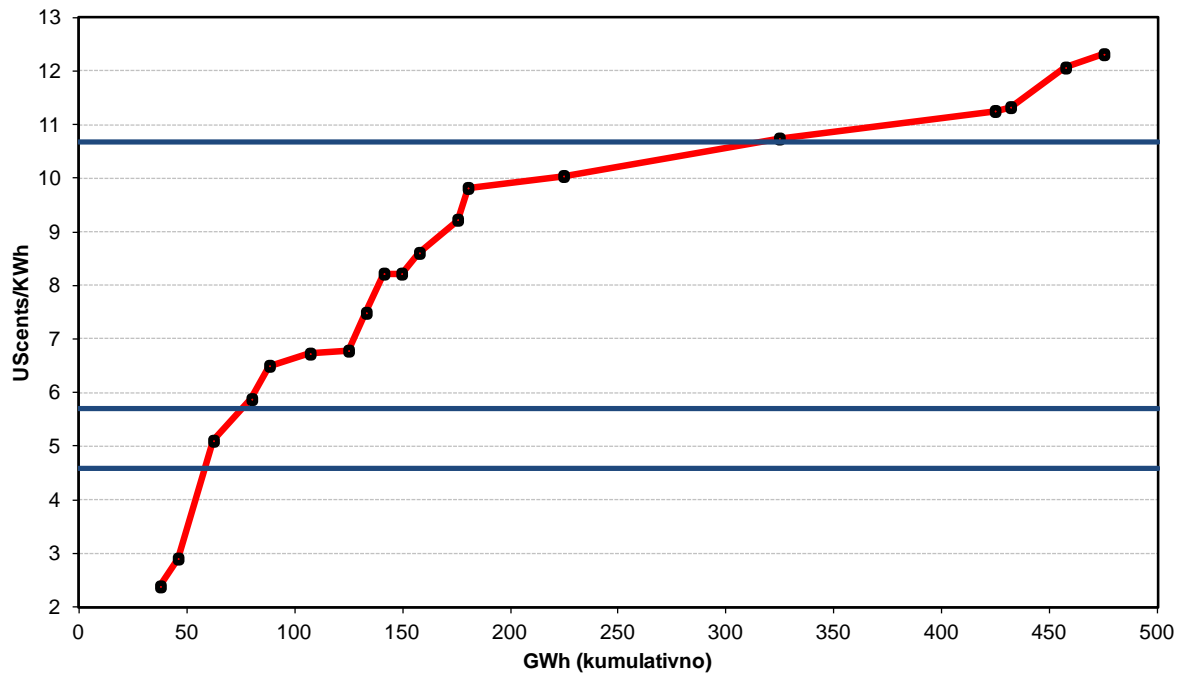
Cijena CO₂ 30\$/t



	UScents/kWh
Pcost	4,593
Pcost+e	5,696
Pcost+g	8,689

Proizvodnja		
Q(ECON)	[GWh]	46
Q(ENV)	[GWh]	62
Q(ENVG)	[GWh]	158
MW		
Q(ECON)	[MW]	7
Q(ENV)	[MW]	9
Q(ENVG)	[MW]	23

Cijena CO₂ 50\$/t

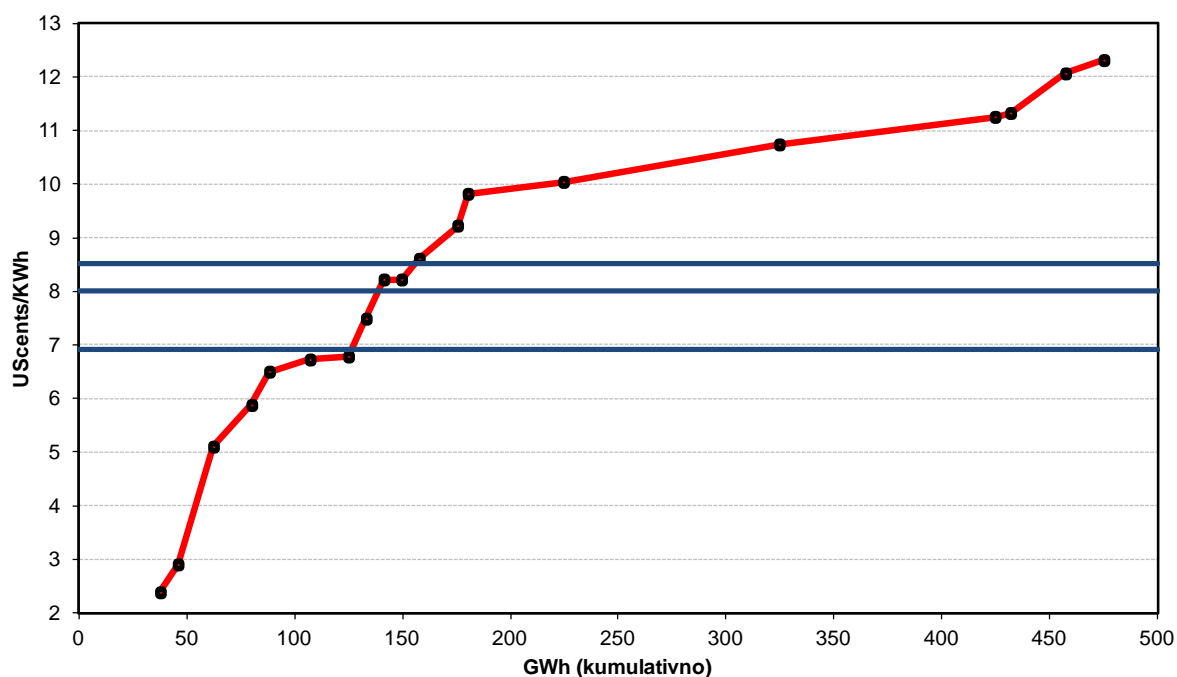


	UScents/kWh
Pcost	4,593
Pcost+e	5,696
Pcost+g	10,684

Proizvodnja		
Q(ECON)	[GWh]	46
Q(ENV)	[GWh]	62
Q(ENVG)	[GWh]	224
MW		
Q(ECON)	[MW]	7
Q(ENV)	[MW]	9
Q(ENVG)	[MW]	33

Dijagrami i podaci za scenarij A cijena ugljena 100\$/t (A100)

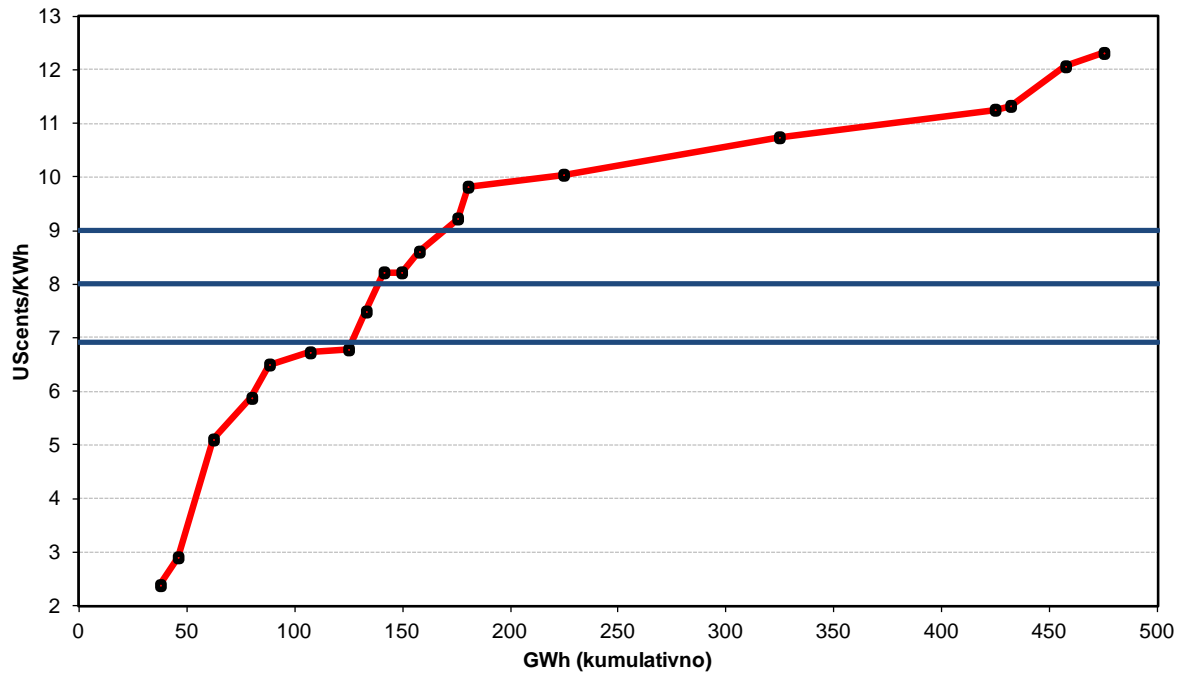
Cijena CO₂ 5\$/t



	UScents/kWh
Pcost	6,904
Pcost+e	8,007
Pcost+g	8,506

Proizvodnja		
Q(ECON)	[GWh]	125
Q(ENV)	[GWh]	133
Q(ENVG)	[GWh]	149
MW		
Q(ECON)	[MW]	19
Q(ENV)	[MW]	20
Q(ENVG)	[MW]	22

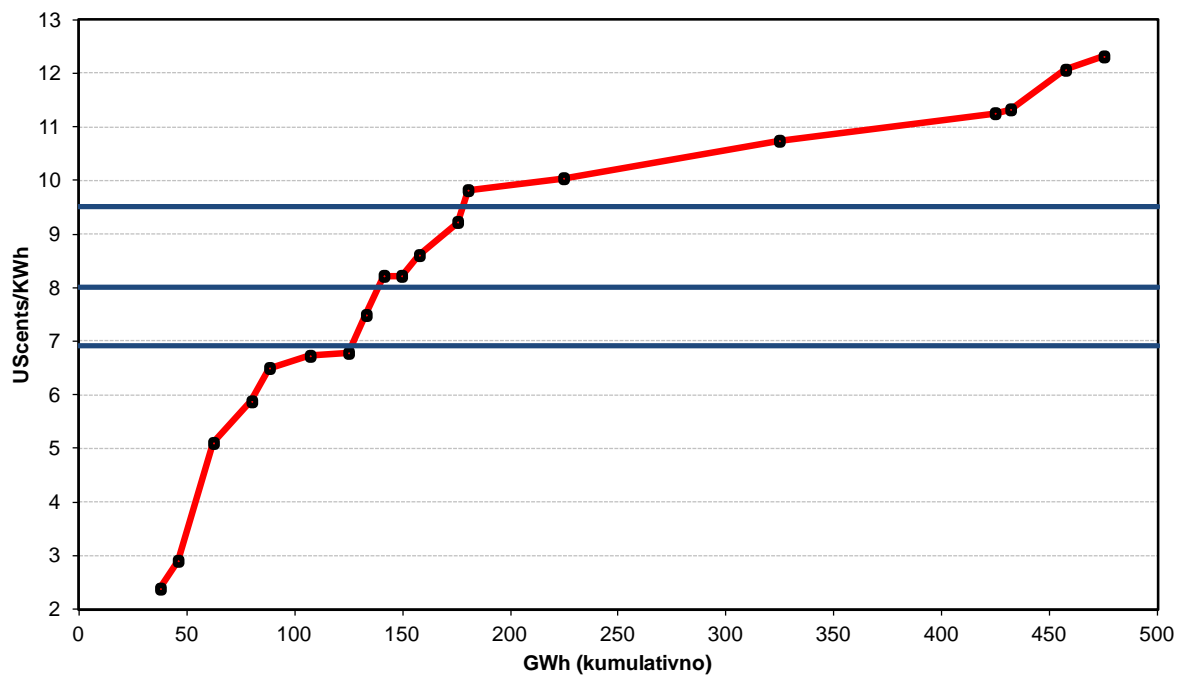
Cijena CO₂ 10\$/t



	UScents/kWh
Pcost	6,904
Pcost+e	8,007
Pcost+g	9,004

Proizvodnja		
Q(ECON)	[GWh]	125
Q(ENV)	[GWh]	133
Q(ENVG)	[GWh]	158
MW		
Q(ECON)	[MW]	19
Q(ENV)	[MW]	20
Q(ENVG)	[MW]	23

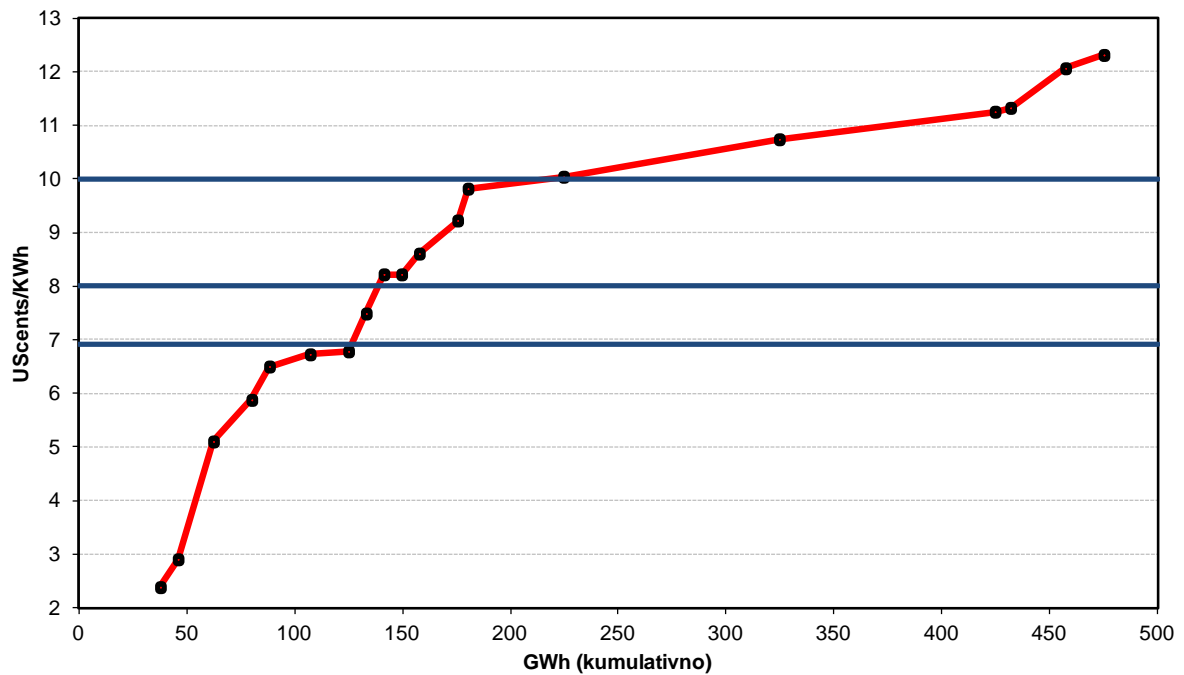
Cijena CO₂ 15\$/t



	UScents/kWh
Pcost	6,904
Pcost+e	8,007
Pcost+g	9,503

Proizvodnja		
Q(ECON)	[GWh]	125
Q(ENV)	[GWh]	133
Q(ENVG)	[GWh]	175
MW		
Q(ECON)	[MW]	19
Q(ENV)	[MW]	20
Q(ENVG)	[MW]	26

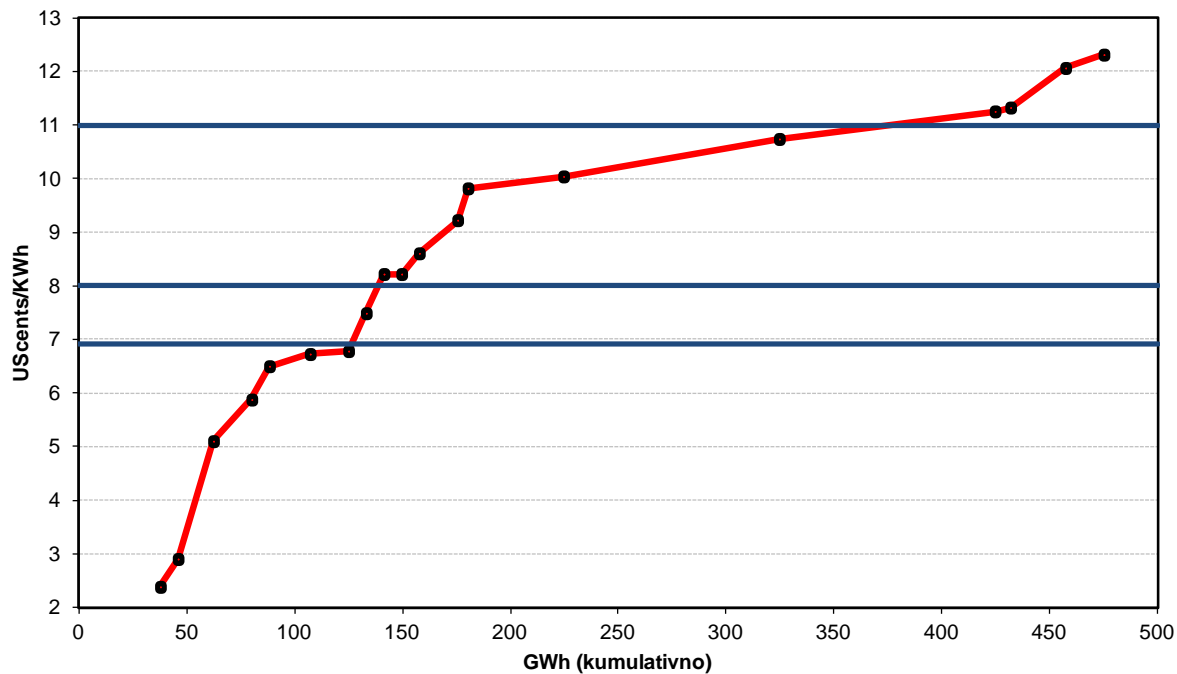
Cijena CO₂ 20\$/t



	UScents/kWh
Pcost	6,904
Pcost+e	8,007
Pcost+g	10,002

Proizvodnja		
Q(ECON)	[GWh]	125
Q(ENV)	[GWh]	133
Q(ENVG)	[GWh]	180
MW		
Q(ECON)	[MW]	19
Q(ENV)	[MW]	20
Q(ENVG)	[MW]	27

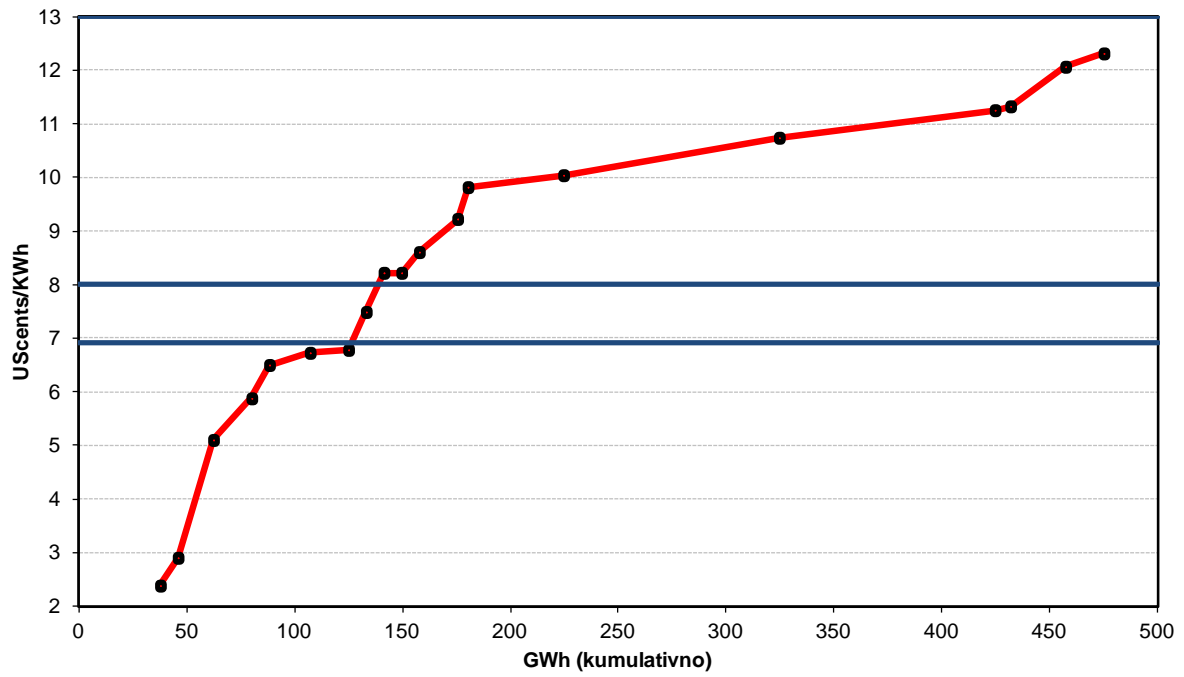
Cijena CO₂ 30\$/t



	UScents/kWh
Pcost	6,904
Pcost+e	8,007
Pcost+g	11,000

Proizvodnja		
Q(ECON)	[GWh]	125
Q(ENV)	[GWh]	133
Q(ENVG)	[GWh]	324
MW		
Q(ECON)	[MW]	19
Q(ENV)	[MW]	20
Q(ENVG)	[MW]	48

Cijena CO₂ 50\$/t

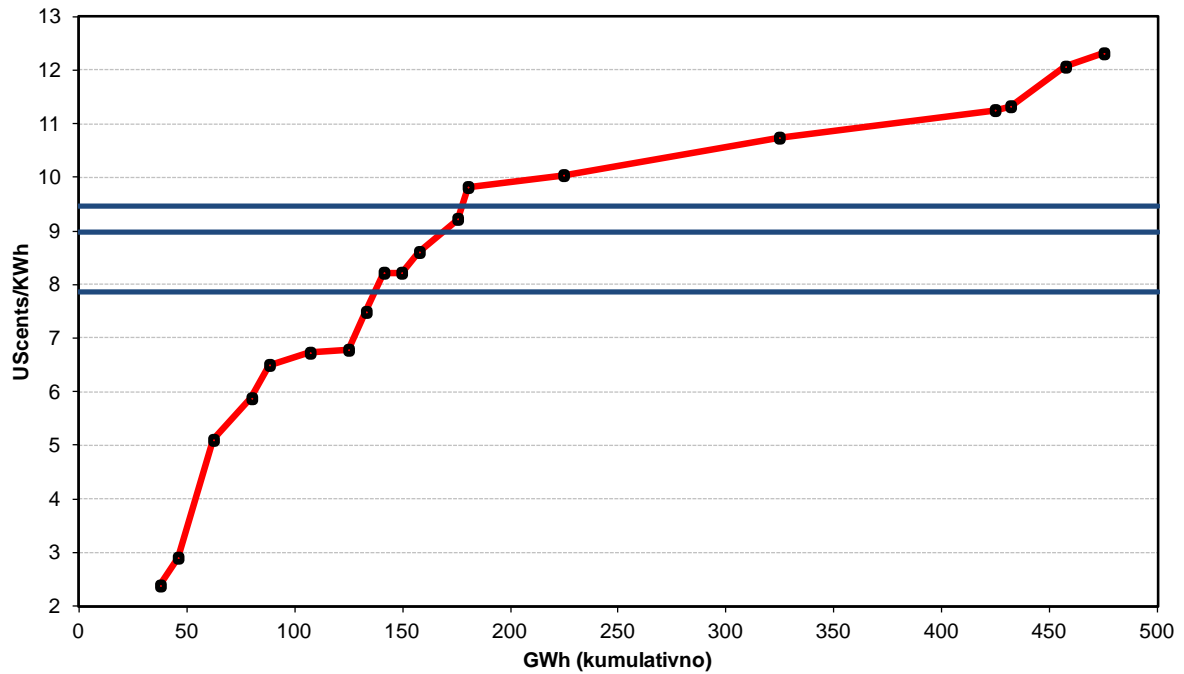


	UScents/kWh
Pcost	6,904
Pcost+e	8,007
Pcost+g	12,995

Proizvodnja		
Q(ECON)	[GWh]	125
Q(ENV)	[GWh]	133
Q(ENVG)	[GWh]	475
MW		
Q(ECON)	[MW]	19
Q(ENV)	[MW]	20
Q(ENVG)	[MW]	72

Dijagrami i podaci za scenarij A cijena ugljena 125 \$/t (A125)

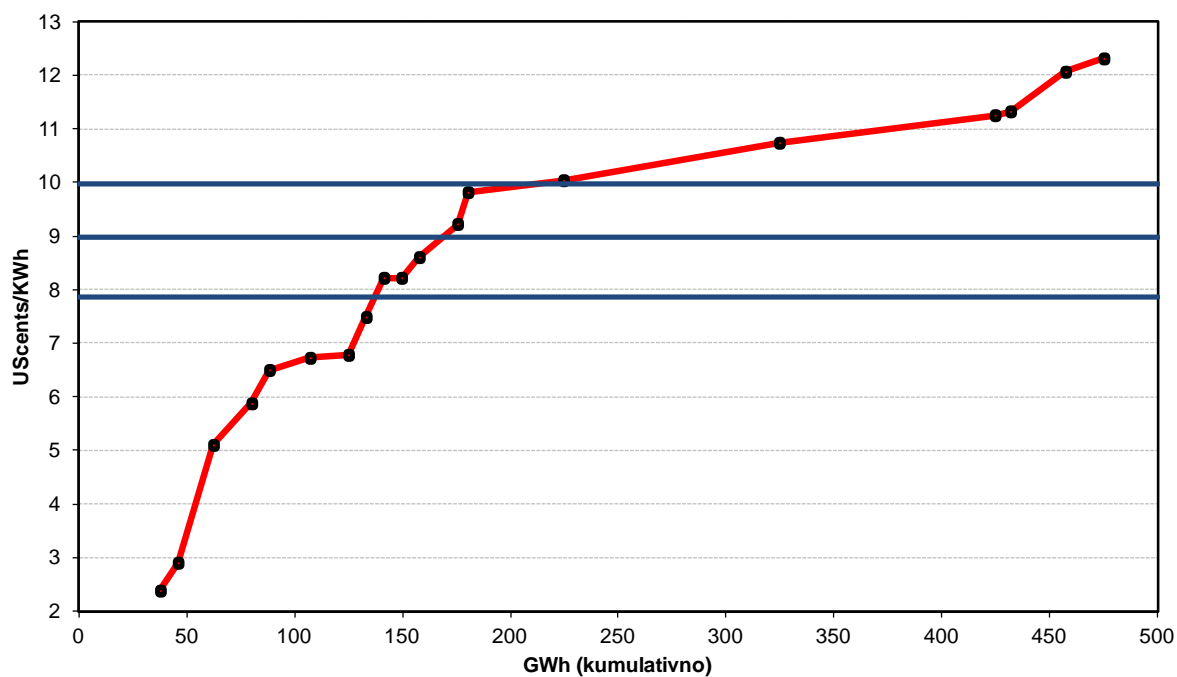
Cijena CO₂ 5 \$/t



	UScents/kWh
Pcost	7,867
Pcost+e	8,970
Pcost+g	9,469

Proizvodnja		
Q(ECON)	[GWh]	133
Q(ENV)	[GWh]	158
Q(ENVG)	[GWh]	175
MW		
Q(ECON)	[MW]	20
Q(ENV)	[MW]	23
Q(ENVG)	[MW]	26

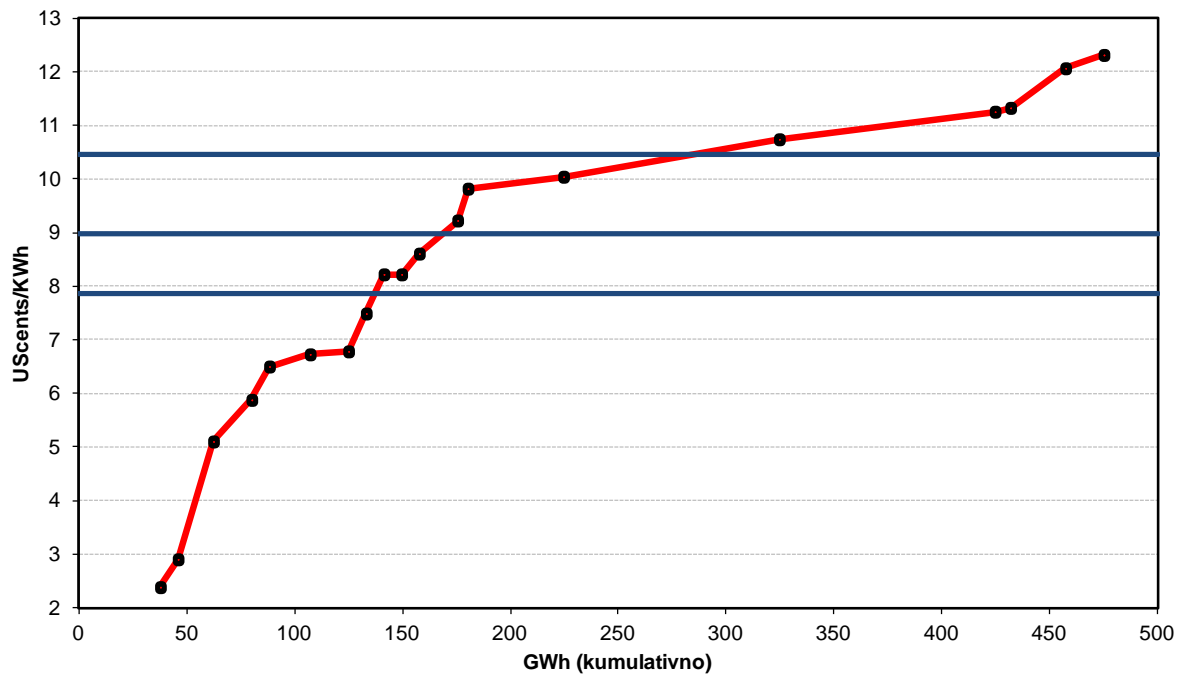
Cijena CO₂ 10\$/t



	UScents/kWh
Pcost	7,867
Pcost+e	8,970
Pcost+g	9,967

Proizvodnja		
Q(ECON)	[GWh]	133
Q(ENV)	[GWh]	158
Q(ENVG)	[GWh]	180
MW		
Q(ECON)	[MW]	20
Q(ENV)	[MW]	23
Q(ENVG)	[MW]	27

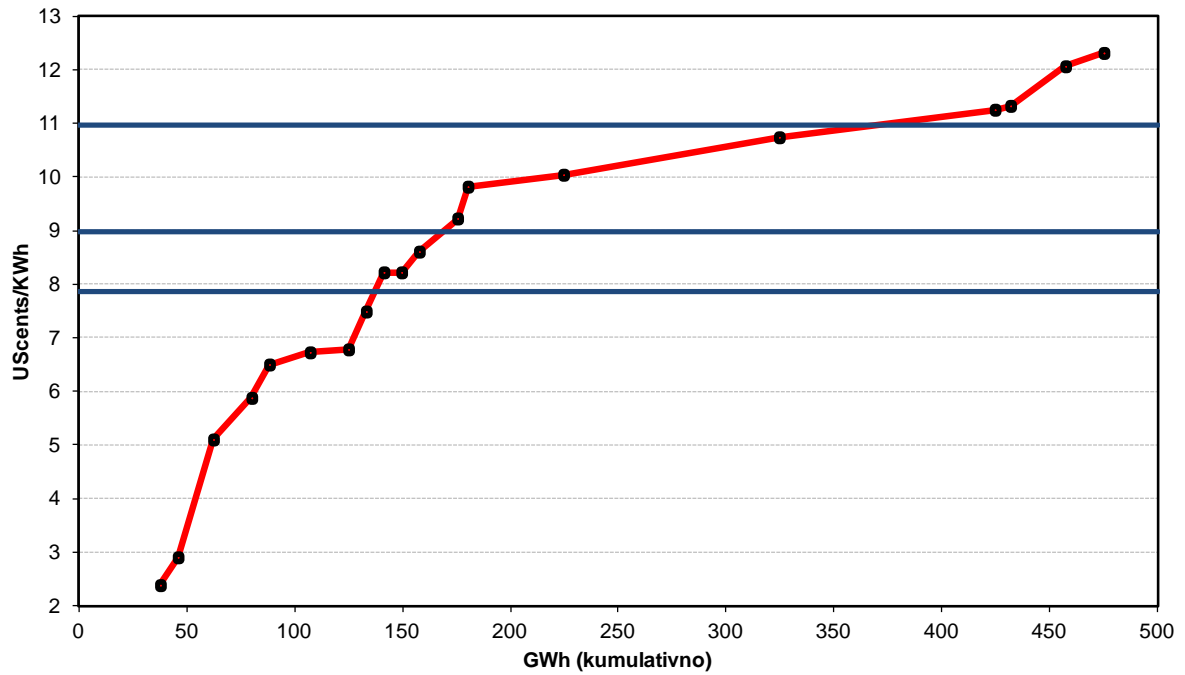
Cijena CO₂ 15\$/t



	UScents/kWh
Pcost	7,867
Pcost+e	8,970
Pcost+g	10,466

Proizvodnja		
Q(ECON)	[GWh]	133
Q(ENV)	[GWh]	158
Q(ENVG)	[GWh]	224
MW		
Q(ECON)	[MW]	20
Q(ENV)	[MW]	23
Q(ENVG)	[MW]	33

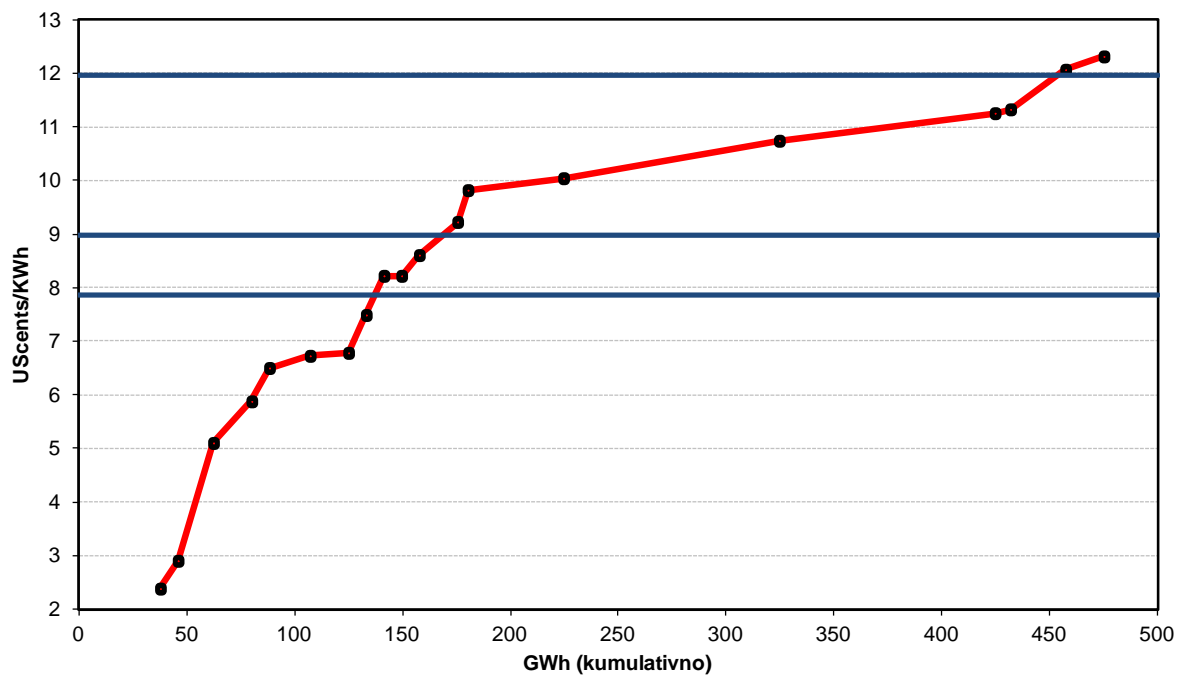
Cijena CO₂ 20\$/t



	UScents/kWh
Pcost	7,867
Pcost+e	8,970
Pcost+g	10,965

Proizvodnja		
Q(ECON)	[GWh]	133
Q(ENV)	[GWh]	158
Q(ENVG)	[GWh]	324
MW		
Q(ECON)	[MW]	20
Q(ENV)	[MW]	23
Q(ENVG)	[MW]	48

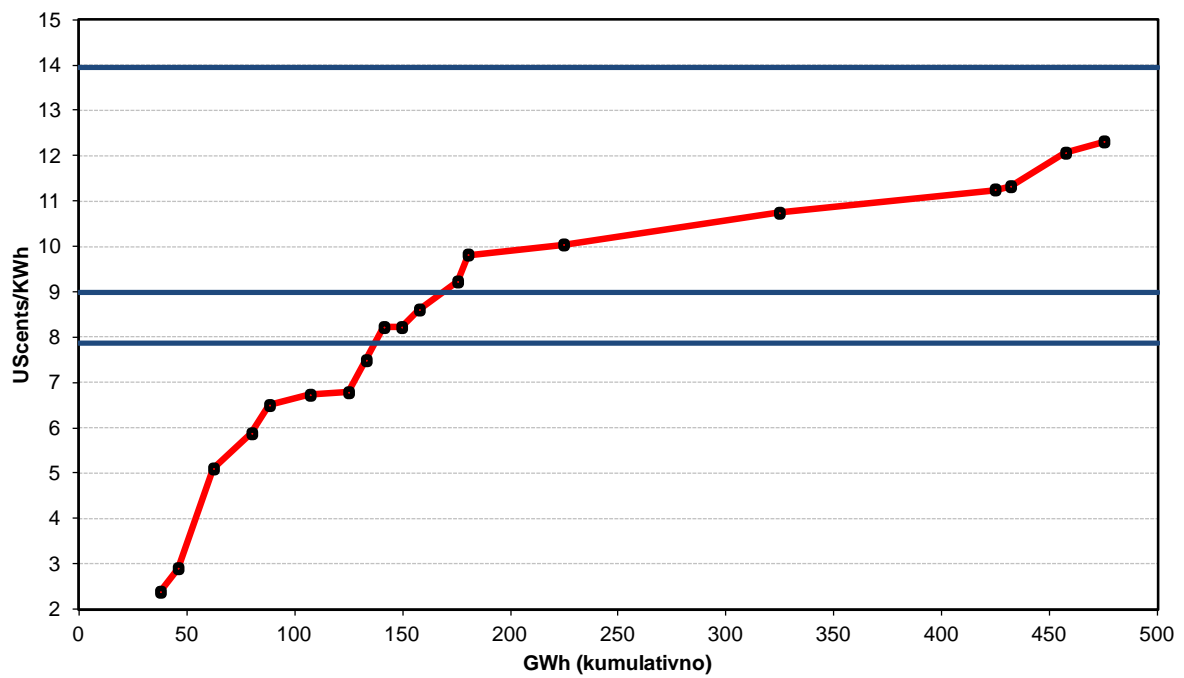
Cijena CO₂ 30\$/t



	UScents/kWh
Pcost	7,867
Pcost+e	8,970
Pcost+g	11,963

Proizvodnja		
Q(ECON)	[GWh]	133
Q(ENV)	[GWh]	158
Q(ENVG)	[GWh]	432
MW		
Q(ECON)	[MW]	20
Q(ENV)	[MW]	23
Q(ENVG)	[MW]	64

Cijena CO₂ 50 \$/t

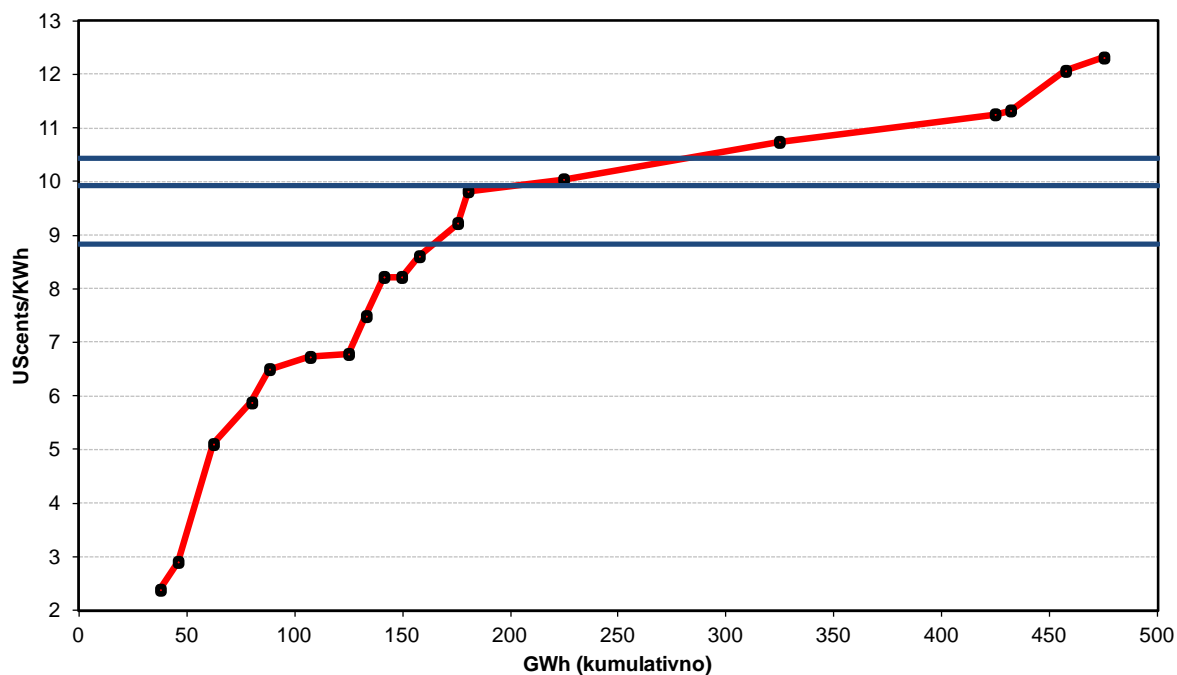


	UScents/kWh
P _{cost}	7,867
P _{cost+e}	8,970
P _{cost+g}	13,958

Proizvodnja		
Q(ECON)	[GWh]	133
Q(ENV)	[GWh]	158
Q(ENVG)	[GWh]	475
MW		
Q(ECON)	[MW]	20
Q(ENV)	[MW]	23
Q(ENVG)	[MW]	72

Dijagrami i podaci za scenarij A cijena ugljena 150 \$/t (A150)

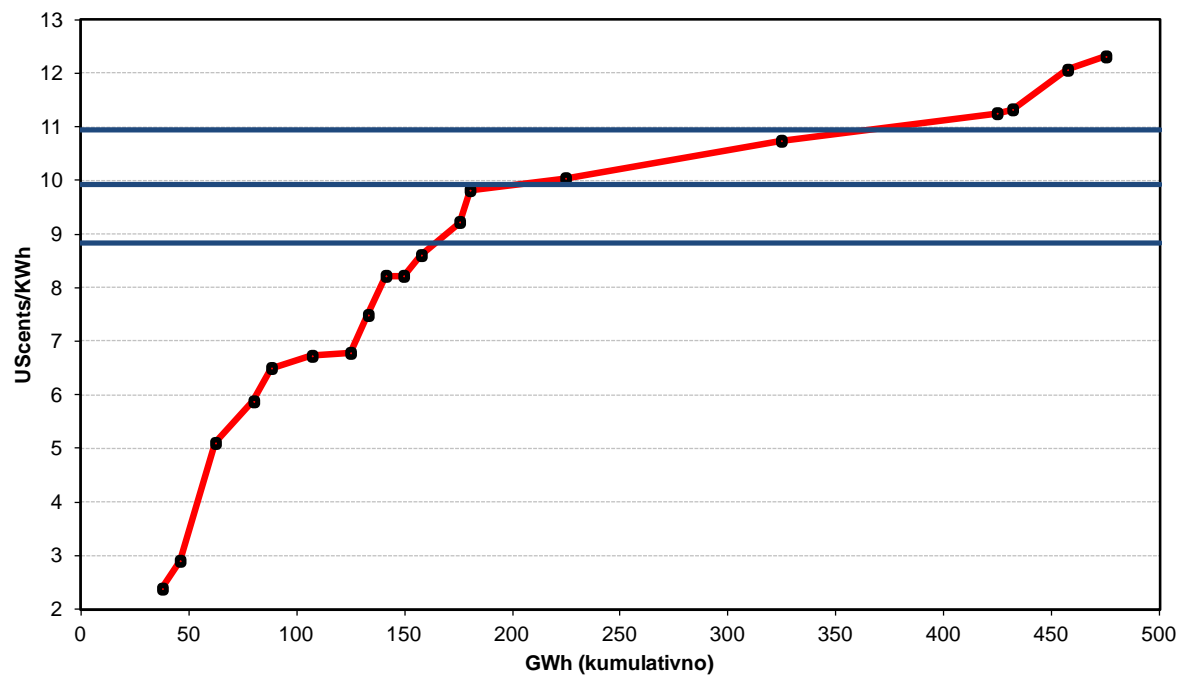
Cijena CO₂ 5 \$/t



	UScents/kWh
Pcost	8,830
Pcost+e	9,933
Pcost+g	10,432

Proizvodnja		
Q(ECON)	[GWh]	158
Q(ENV)	[GWh]	180
Q(ENVG)	[GWh]	224
MW		
Q(ECON)	[MW]	23
Q(ENV)	[MW]	27
Q(ENVG)	[MW]	33

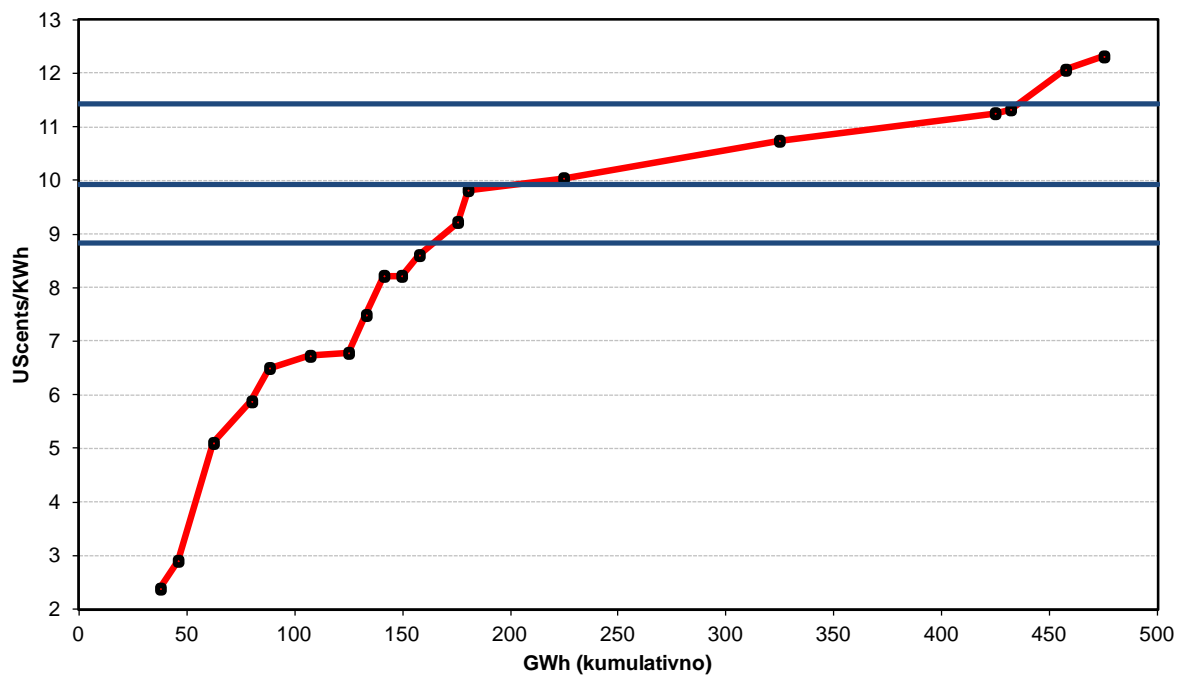
Cijena CO₂ 10 \$/t



	UScents/kWh
Pcost	8,830
Pcost+e	9,933
Pcost+g	10,930

Proizvodnja		
Q(ECON)	[GWh]	158
Q(ENV)	[GWh]	180
Q(ENVG)	[GWh]	324
MW		
Q(ECON)	[MW]	23
Q(ENV)	[MW]	27
Q(ENVG)	[MW]	48

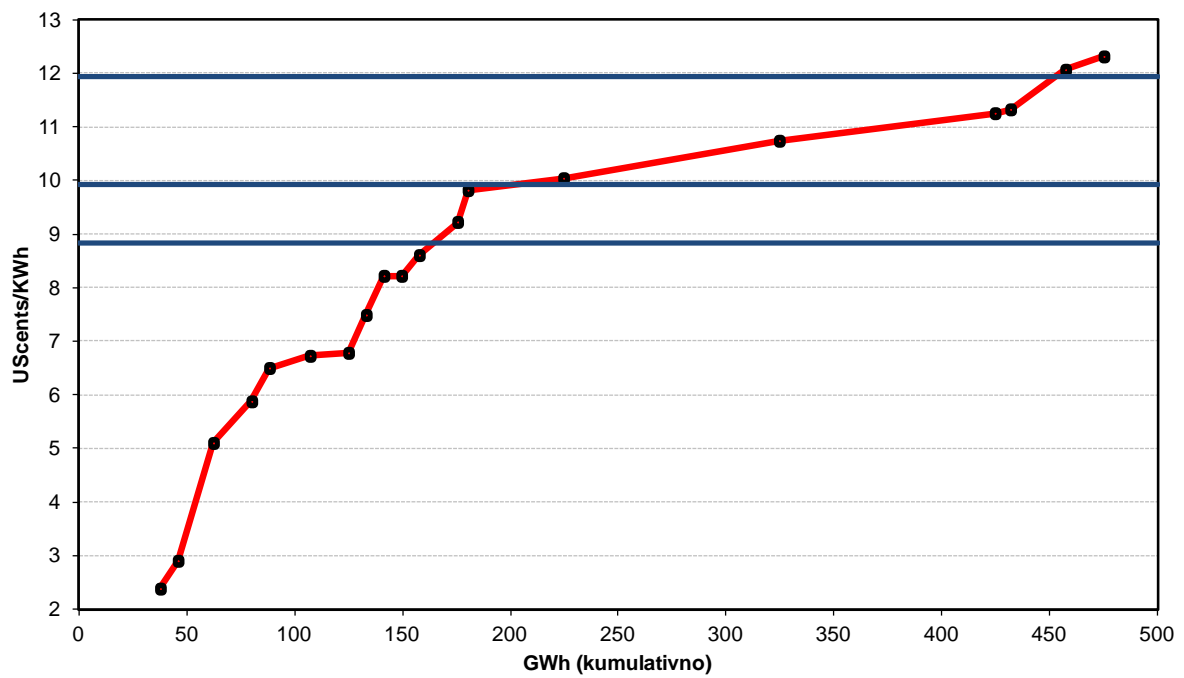
Cijena CO₂ 15 \$/t



	UScents/kWh
Pcost	8,830
Pcost+e	9,933
Pcost+g	11,429

Proizvodnja		
Q(ECON)	[GWh]	158
Q(ENV)	[GWh]	180
Q(ENVG)	[GWh]	432
MW		
Q(ECON)	[MW]	23
Q(ENV)	[MW]	27
Q(ENVG)	[MW]	64

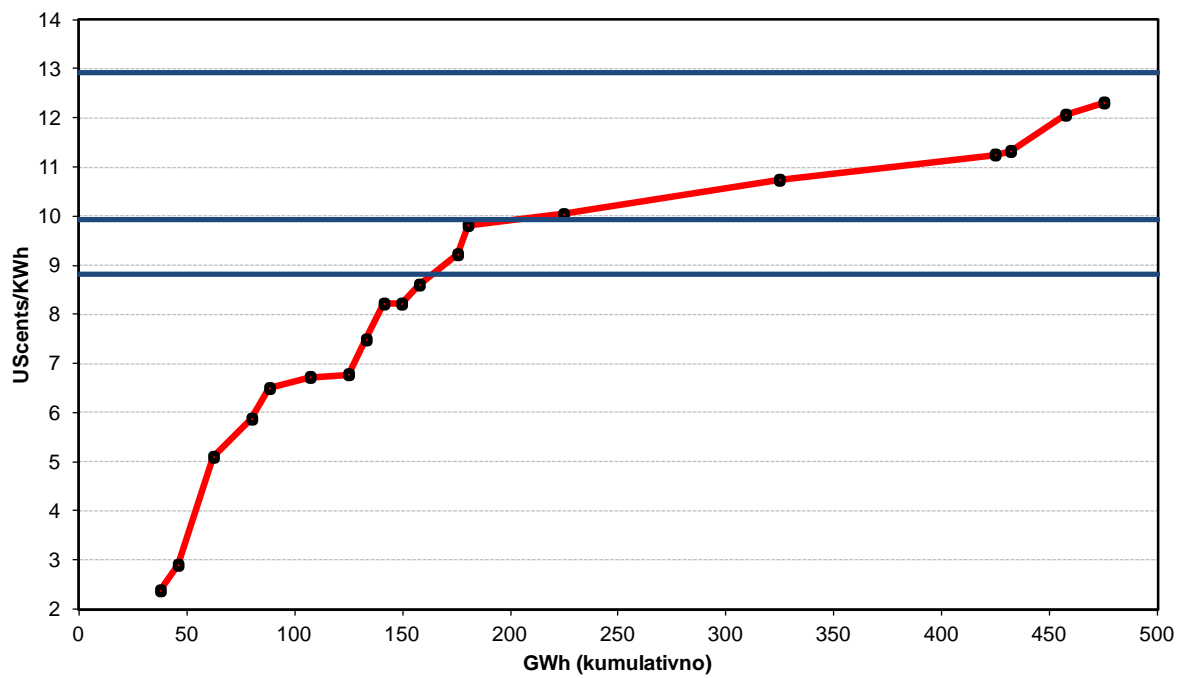
Cijena CO₂ 20 \$/t



	UScents/kWh
Pcost	8,830
Pcost+e	9,933
Pcost+g	11,928

Proizvodnja		
Q(ECON)	[GWh]	158
Q(ENV)	[GWh]	180
Q(ENVG)	[GWh]	432
MW		
Q(ECON)	[MW]	23
Q(ENV)	[MW]	27
Q(ENVG)	[MW]	64

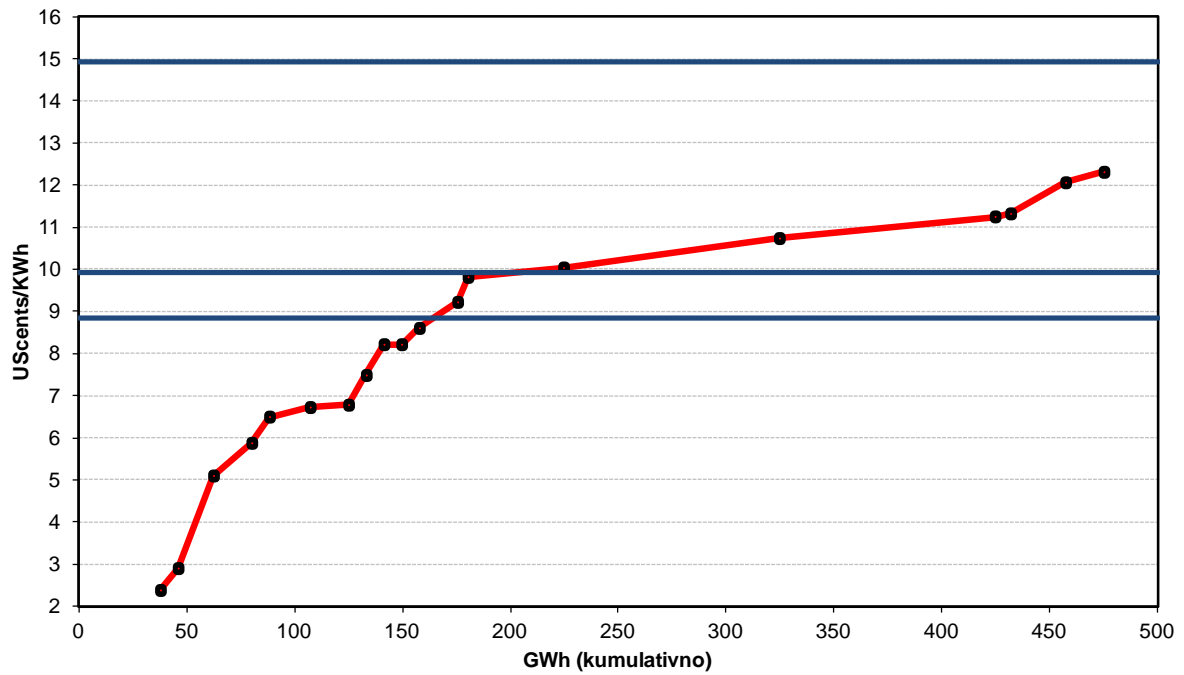
Cijena CO₂ 30 \$/t



	UScents/kWh
Pcost	8,830
Pcost+e	9,933
Pcost+g	12,926

Proizvodnja		
Q(ECON)	[GWh]	158
Q(ENV)	[GWh]	180
Q(ENVG)	[GWh]	475
MW		
Q(ECON)	[MW]	23
Q(ENV)	[MW]	27
Q(ENVG)	[MW]	72

Cijena CO₂ 50 \$/t



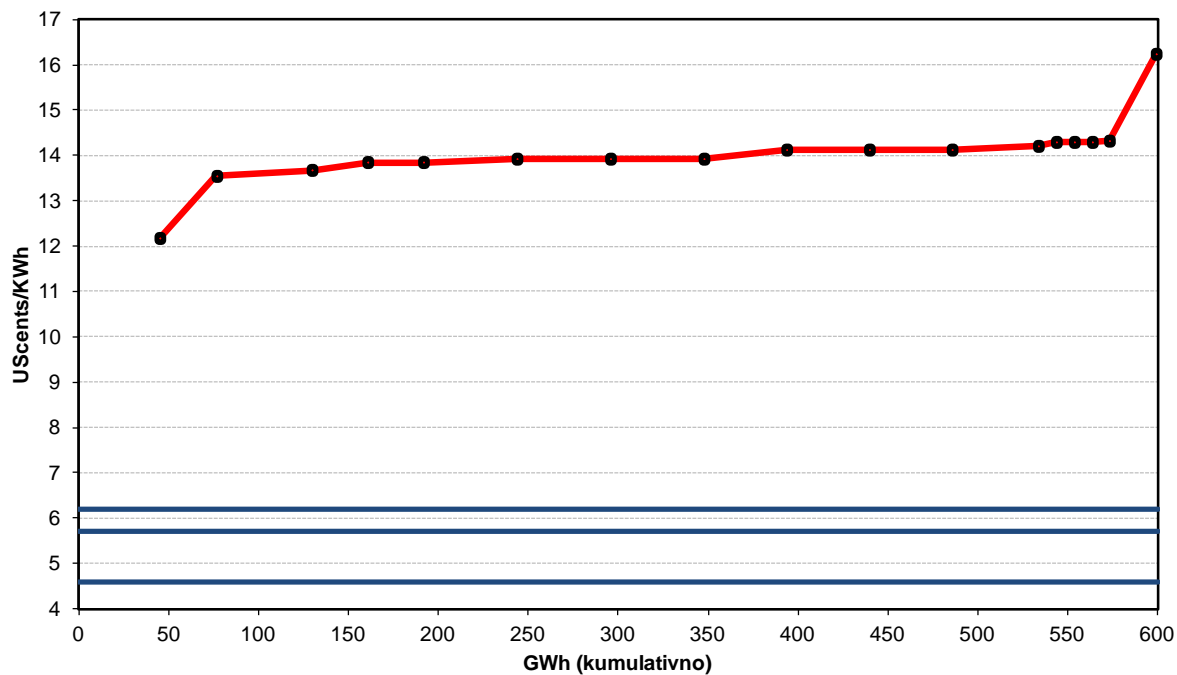
	UScents/kWh
Pcost	8,830
Pcost+e	9,933
Pcost+g	14,921

Proizvodnja		
Q(ECON)	[GWh]	158
Q(ENV)	[GWh]	180
Q(ENVG)	[GWh]	475
MW		
Q(ECON)	[MW]	23
Q(ENV)	[MW]	27
Q(ENVG)	[MW]	72

PRILOG II

Dijagrami i podaci za scenarij B cijena ugljena 40 \$/t (B40)

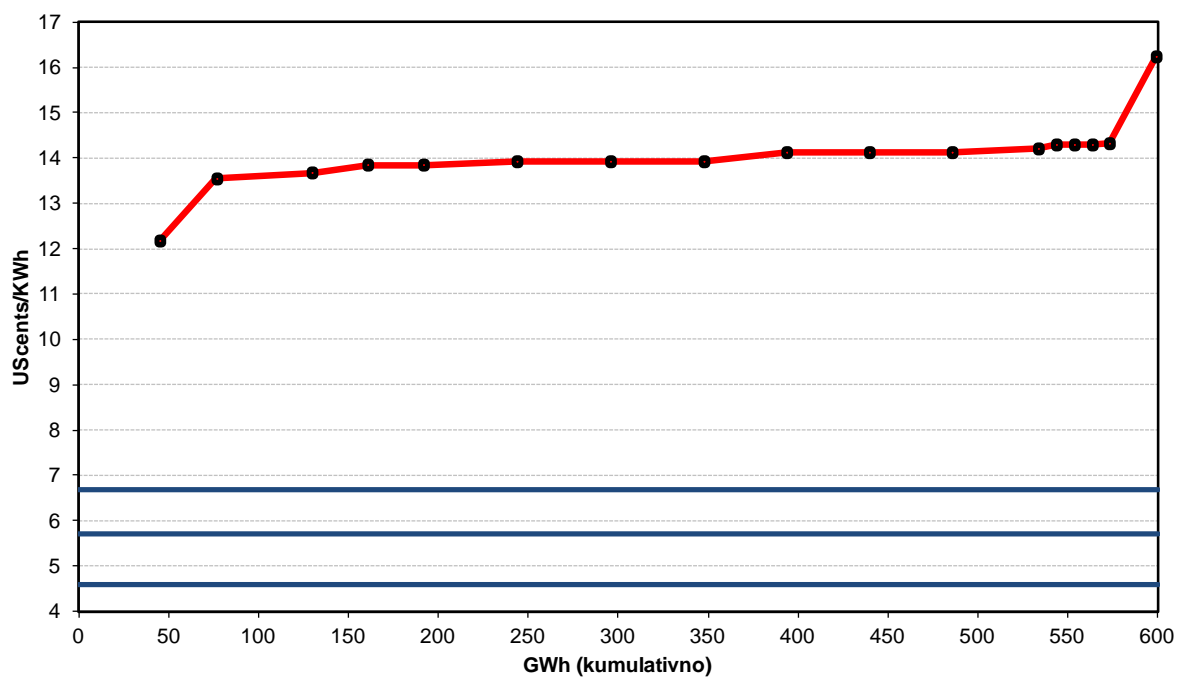
Cijena CO₂ 5 \$/t



	UScents/kWh
Pcost	4,593
Pcost+e	5,696
Pcost+g	6,195

Proizvodnja		
Q(ECON)	[GWh]	0
Q(ENV)	[GWh]	0
Q(ENVG)	[GWh]	0
MW		
Q(ECON)	[MW]	0
Q(ENV)	[MW]	0
Q(ENVG)	[MW]	0

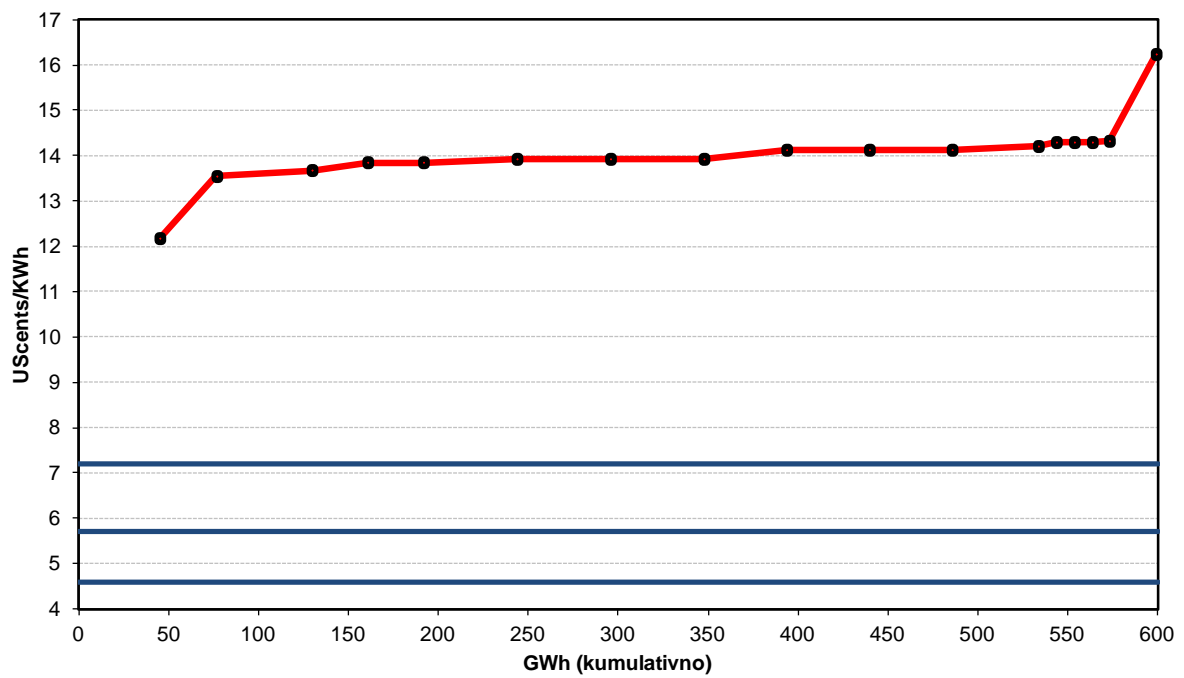
Cijena CO₂ 10 \$/t



	UScents/kWh
Pcost	4,593
Pcost+e	5,696
Pcost+g	6,693

Proizvodnja		
Q(ECON)	[GWh]	0
Q(ENV)	[GWh]	0
Q(ENVG)	[GWh]	0
MW		
Q(ECON)	[MW]	0
Q(ENV)	[MW]	0
Q(ENVG)	[MW]	0

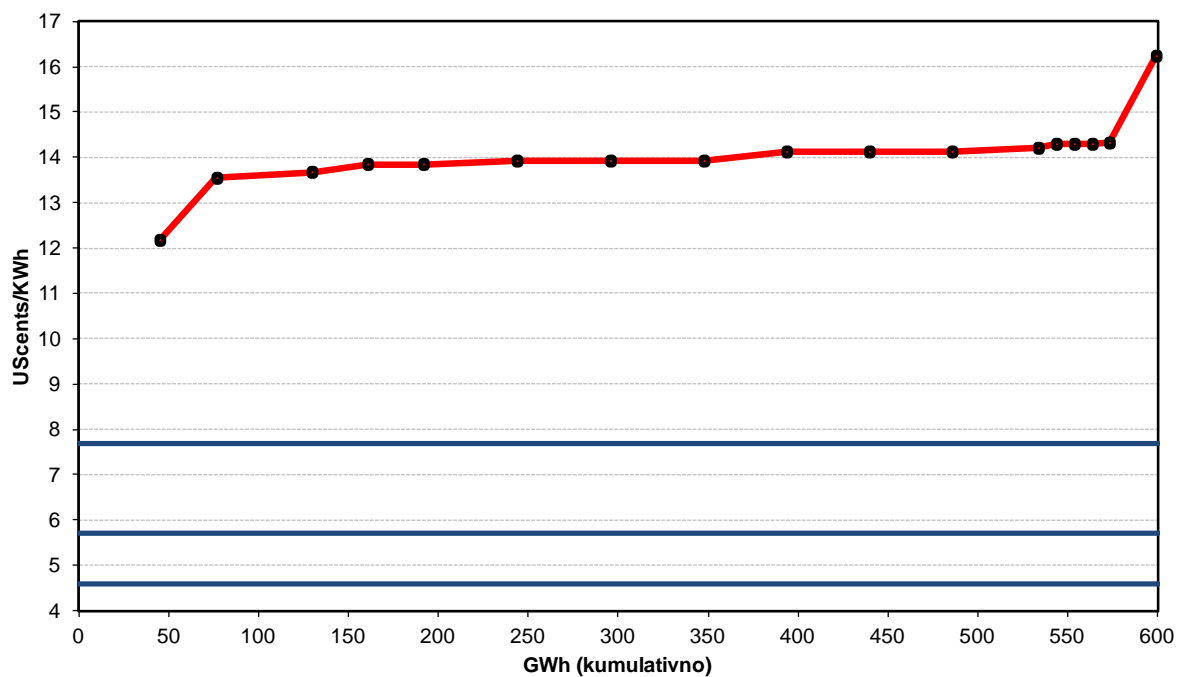
Cijena CO₂ 15 \$/t



	UScents/kWh
Pcost	4,593
Pcost+e	5,696
Pcost+g	7,192

Proizvodnja		
Q(ECON)	[GWh]	0
Q(ENV)	[GWh]	0
Q(ENVG)	[GWh]	0
MW		
Q(ECON)	[MW]	0
Q(ENV)	[MW]	0
Q(ENVG)	[MW]	0

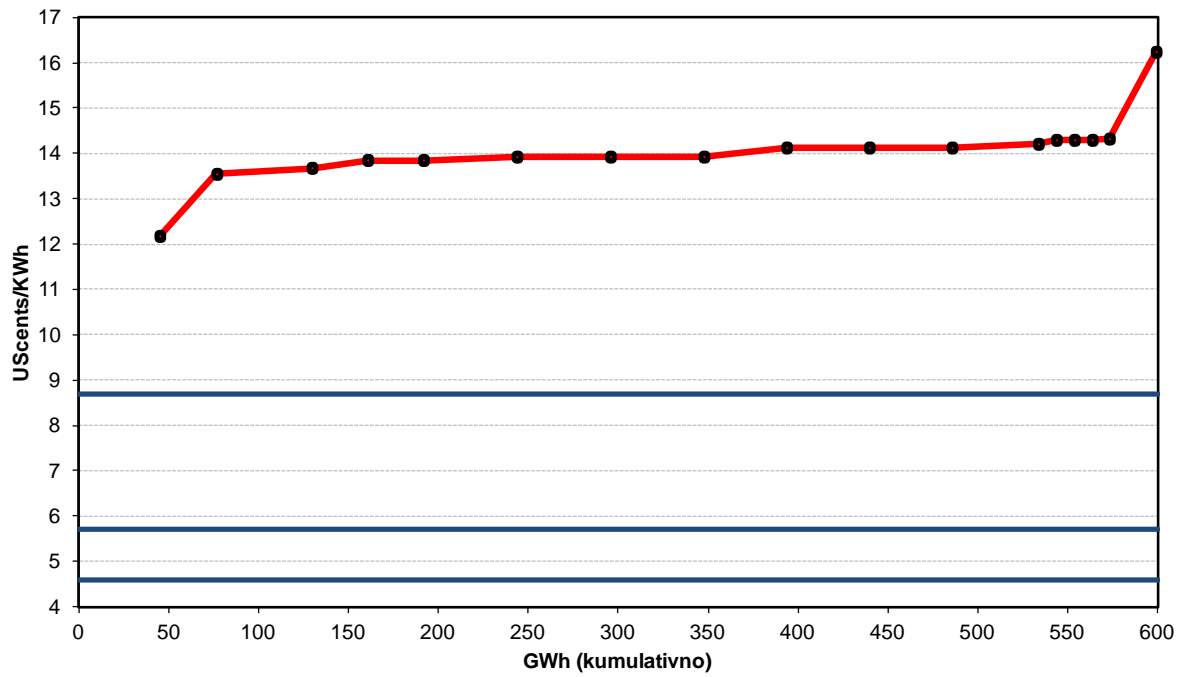
Cijena CO₂ 20 \$/t



	UScents/kWh
Pcost	4,593
Pcost+e	5,696
Pcost+g	7,691

Proizvodnja		
Q(ECON)	[GWh]	0
Q(ENV)	[GWh]	0
Q(ENVG)	[GWh]	0
MW		
Q(ECON)	[MW]	0
Q(ENV)	[MW]	0
Q(ENVG)	[MW]	0

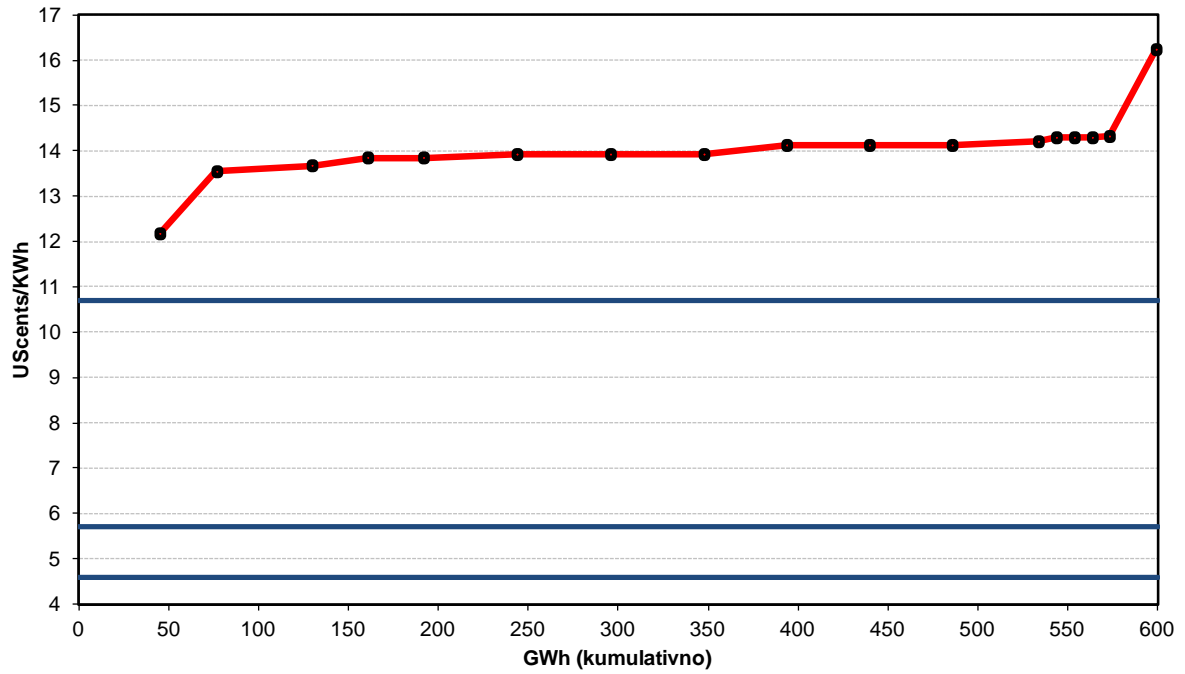
Cijena CO₂ 30 \$/t



	UScents/kWh
Pcost	4,593
Pcost+e	5,696
Pcost+g	8,689

Proizvodnja		
Q(ECON)	[GWh]	0
Q(ENV)	[GWh]	0
Q(ENVG)	[GWh]	0
MW		
Q(ECON)	[MW]	0
Q(ENV)	[MW]	0
Q(ENVG)	[MW]	0

Cijena CO₂ 50 \$/t

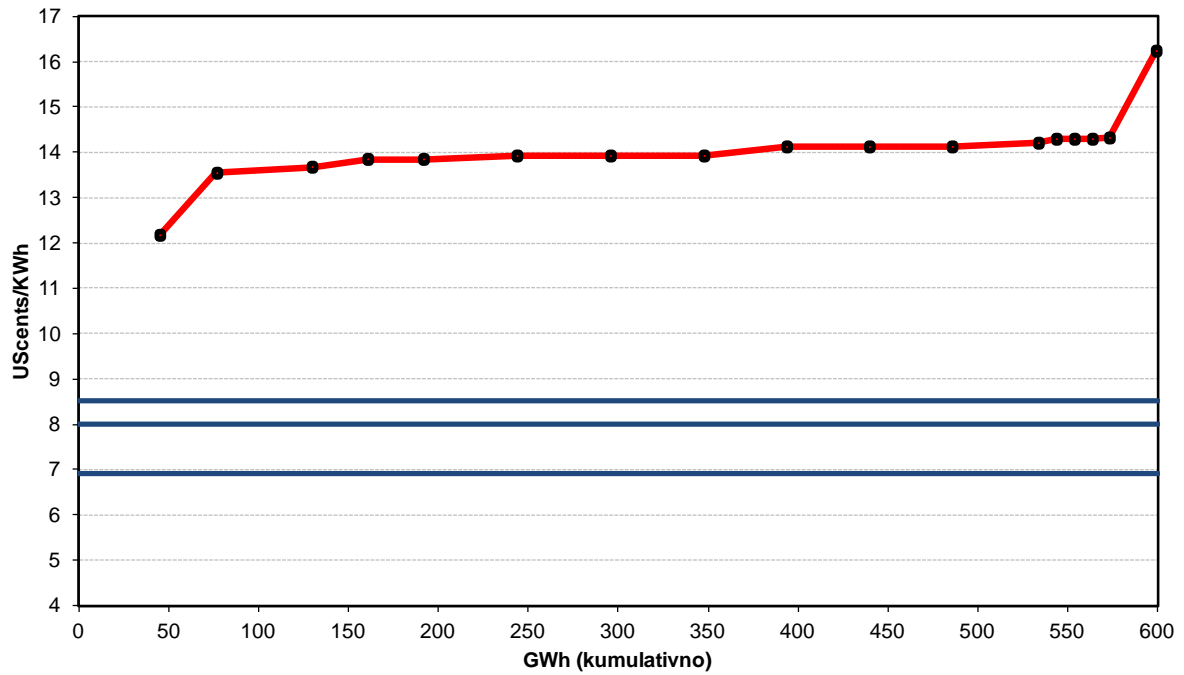


	UScents/kWh
Pcost	4,593
Pcost+e	5,696
Pcost+g	10,684

Proizvodnja		
Q(ECON)	[GWh]	0
Q(ENV)	[GWh]	0
Q(ENVG)	[GWh]	0
MW		
Q(ECON)	[MW]	0
Q(ENV)	[MW]	0
Q(ENVG)	[MW]	0

Dijagrami i podaci za scenarij B cijena ugljena 100 \$/t (B100)

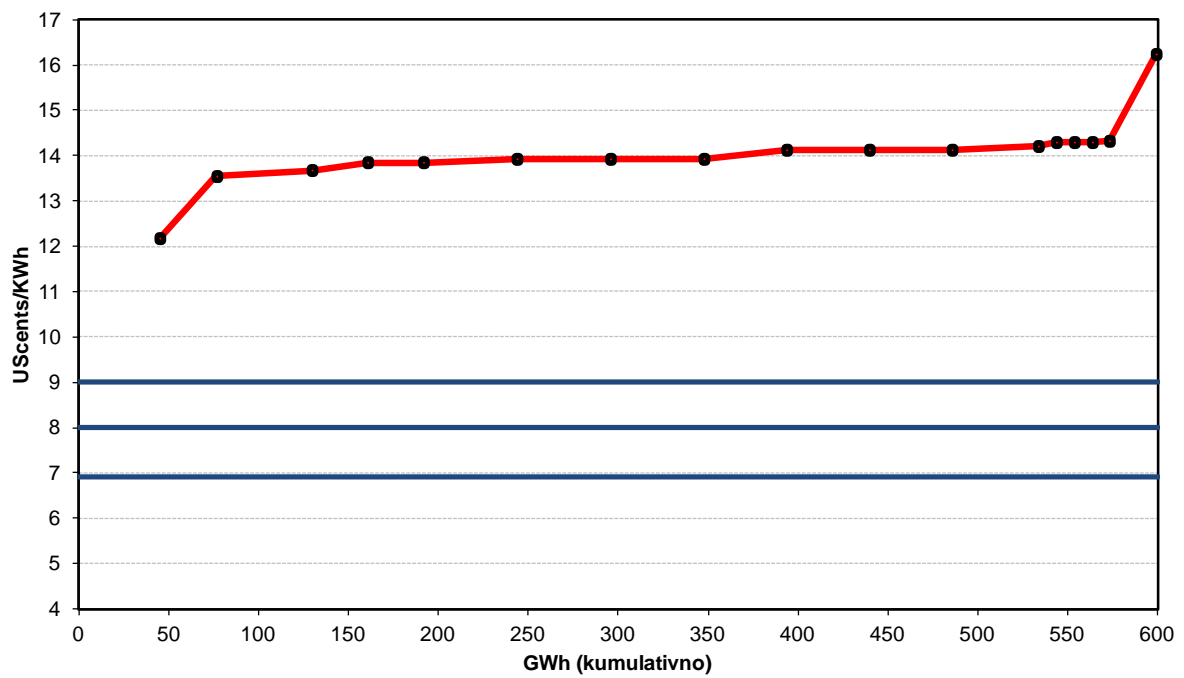
Cijena CO₂ 5\$/t



	UScents/kWh
Pcost	6,904
Pcost+e	8,007
Pcost+g	8,506

Proizvodnja		
Q(ECON)	[GWh]	0
Q(ENV)	[GWh]	0
Q(ENVG)	[GWh]	0
MW		
Q(ECON)	[MW]	0
Q(ENV)	[MW]	0
Q(ENVG)	[MW]	0

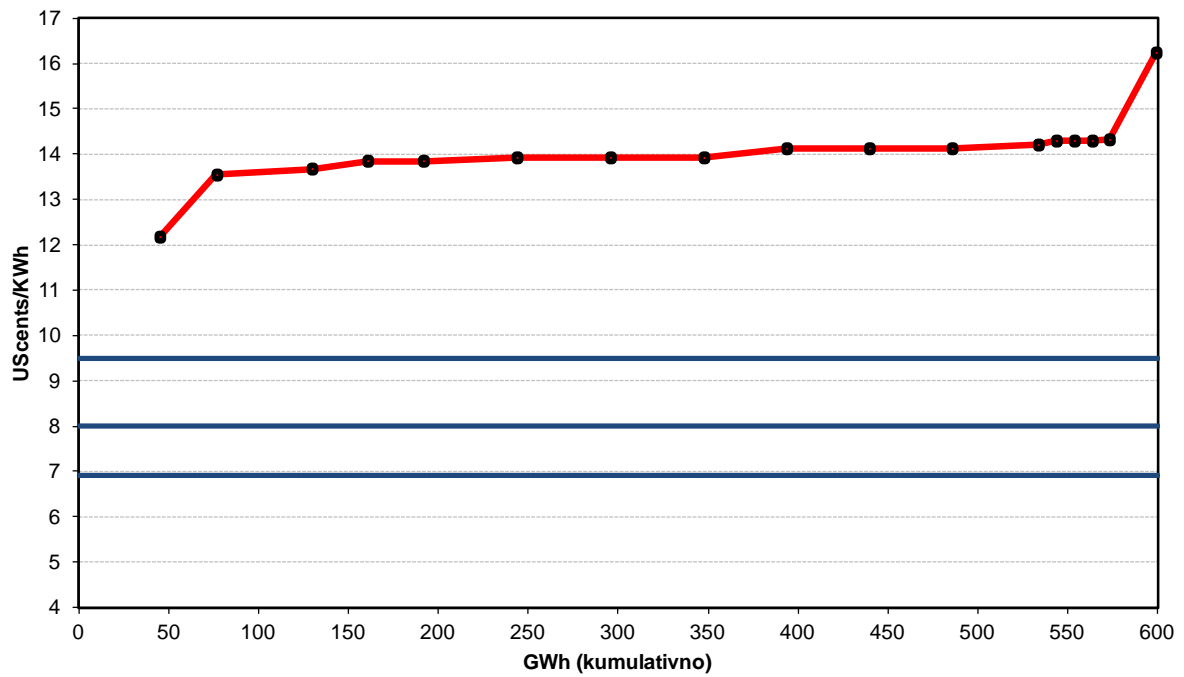
Cijena CO₂ 10 \$/t



	UScents/kWh
Pcost	6,904
Pcost+e	8,007
Pcost+g	9,004

Proizvodnja		
Q(ECON)	[GWh]	0
Q(ENV)	[GWh]	0
Q(ENVG)	[GWh]	0
MW		
Q(ECON)	[MW]	0
Q(ENV)	[MW]	0
Q(ENVG)	[MW]	0

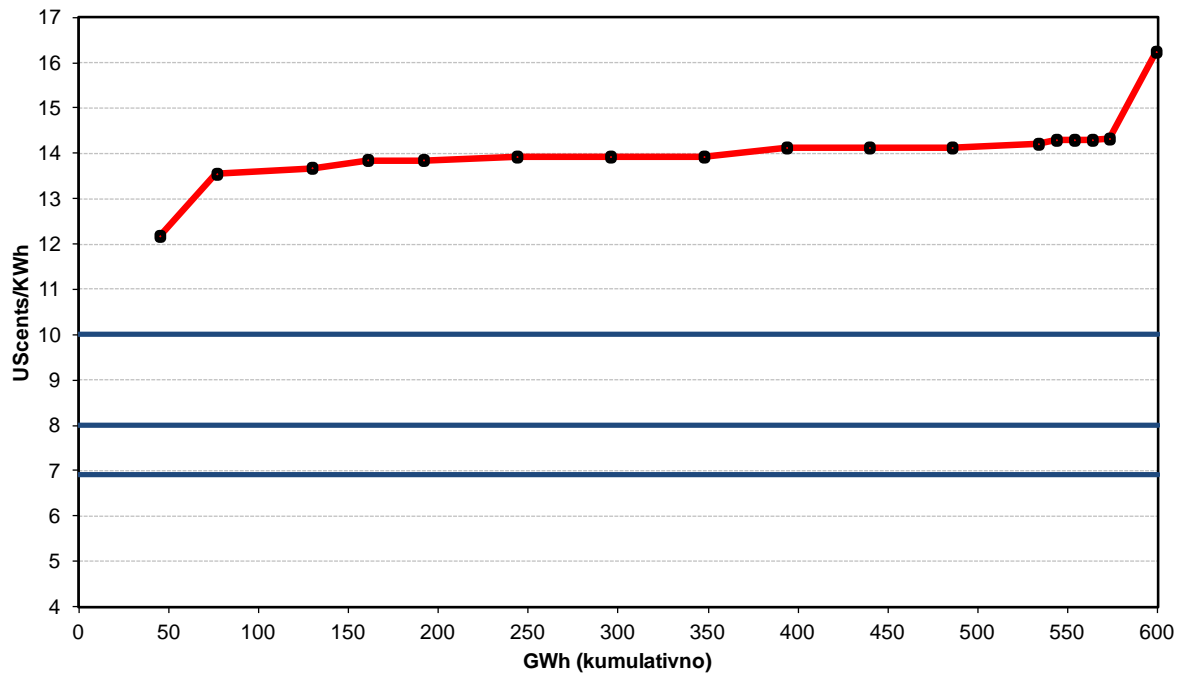
Cijena CO₂ 15 \$/t



	UScents/kWh
Pcost	6,904
Pcost+e	8,007
Pcost+g	9,503

Proizvodnja		
Q(ECON)	[GWh]	0
Q(ENV)	[GWh]	0
Q(ENVG)	[GWh]	0
MW		
Q(ECON)	[MW]	0
Q(ENV)	[MW]	0
Q(ENVG)	[MW]	0

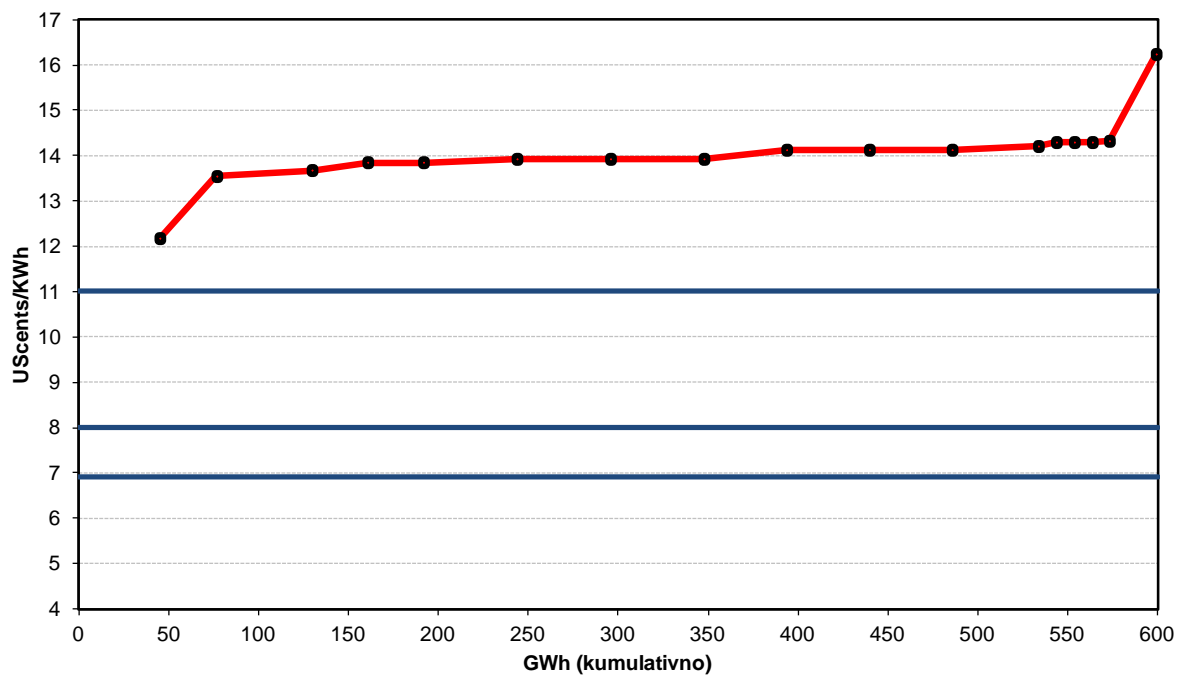
Cijena CO₂ 20 \$/t



	UScents/kWh
Pcost	6,904
Pcost+e	8,007
Pcost+g	10,002

Proizvodnja		
Q(ECON)	[GWh]	0
Q(ENV)	[GWh]	0
Q(ENVG)	[GWh]	0
MW		
Q(ECON)	[MW]	0
Q(ENV)	[MW]	0
Q(ENVG)	[MW]	0

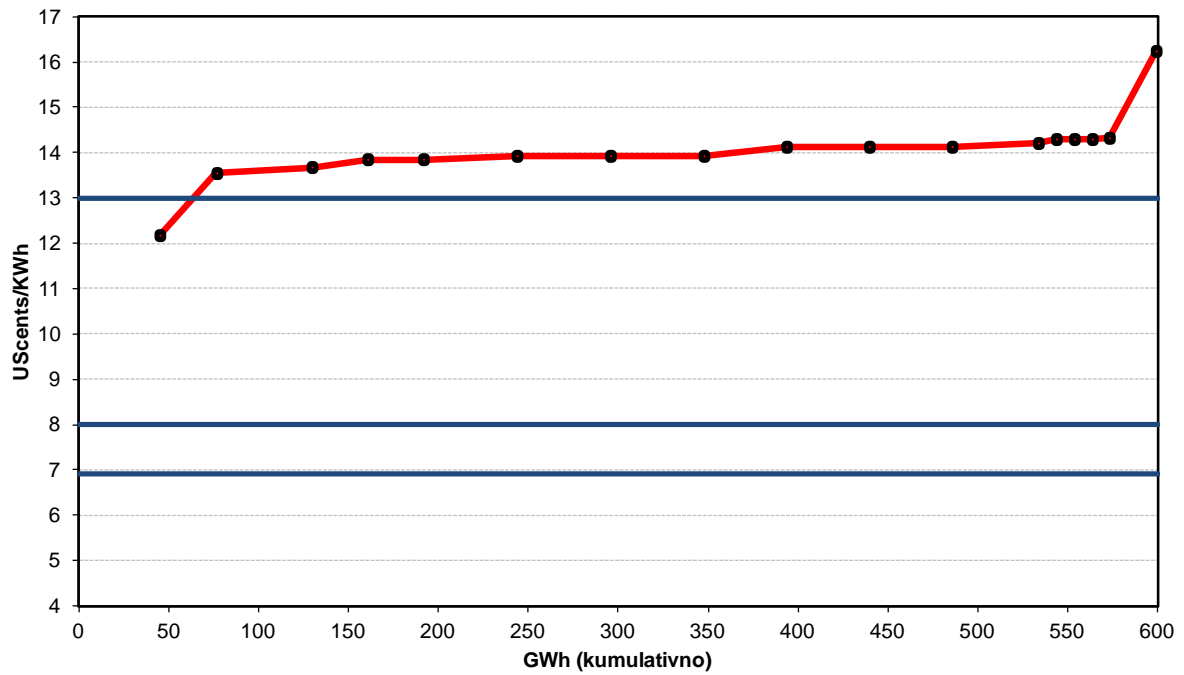
Cijena CO₂ 30 \$/t



	UScents/kWh
Pcost	6,904
Pcost+e	8,007
Pcost+g	11,000

Proizvodnja		
Q(ECON)	[GWh]	0
Q(ENV)	[GWh]	0
Q(ENVG)	[GWh]	0
MW		
Q(ECON)	[MW]	0
Q(ENV)	[MW]	0
Q(ENVG)	[MW]	0

Cijena CO₂ 50 \$/t

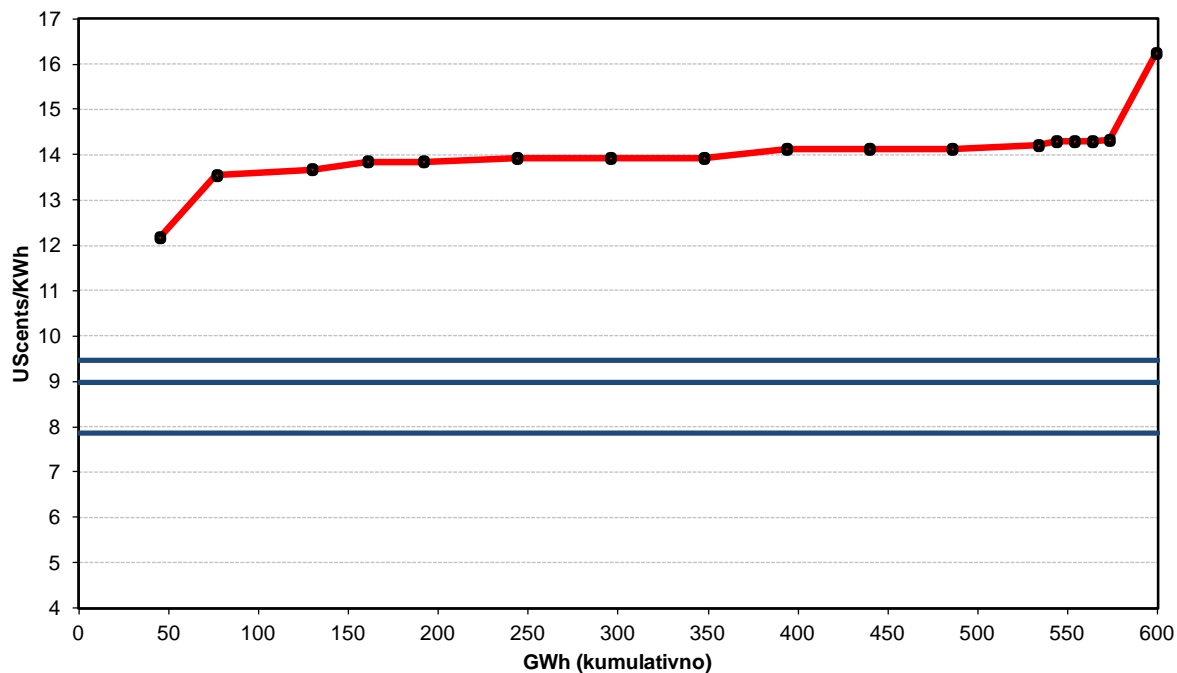


	UScents/kWh
Pcost	6,904
Pcost+e	8,007
Pcost+g	12,995

Proizvodnja		
Q(ECON)	[GWh]	0
Q(ENV)	[GWh]	0
Q(ENVG)	[GWh]	45
MW		
Q(ECON)	[MW]	0
Q(ENV)	[MW]	0
Q(ENVG)	[MW]	8

Dijagrami i podaci za scenarij B cijena ugljena 125 \$/t (B125)

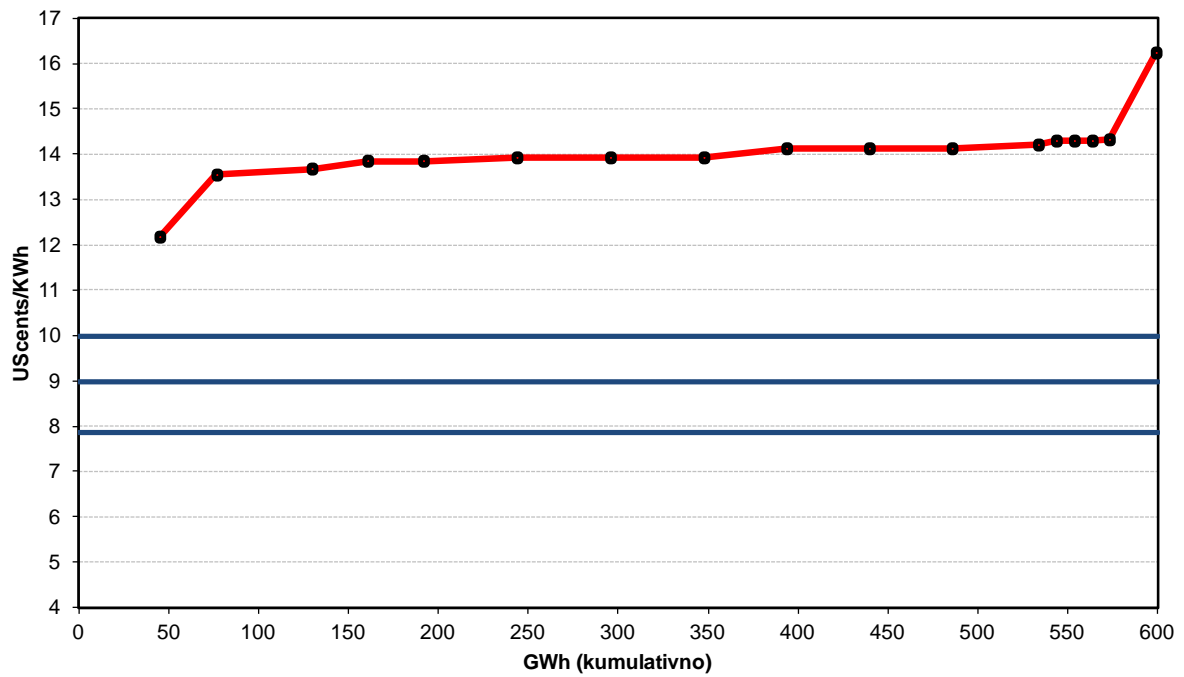
Cijena CO₂ 5 \$/t



	UScents/kWh
Pcost	7,867
Pcost+e	8,970
Pcost+g	9,469

Proizvodnja		
Q(ECON)	[GWh]	0
Q(ENV)	[GWh]	0
Q(ENVG)	[GWh]	0
MW		
Q(ECON)	[MW]	0
Q(ENV)	[MW]	0
Q(ENVG)	[MW]	0

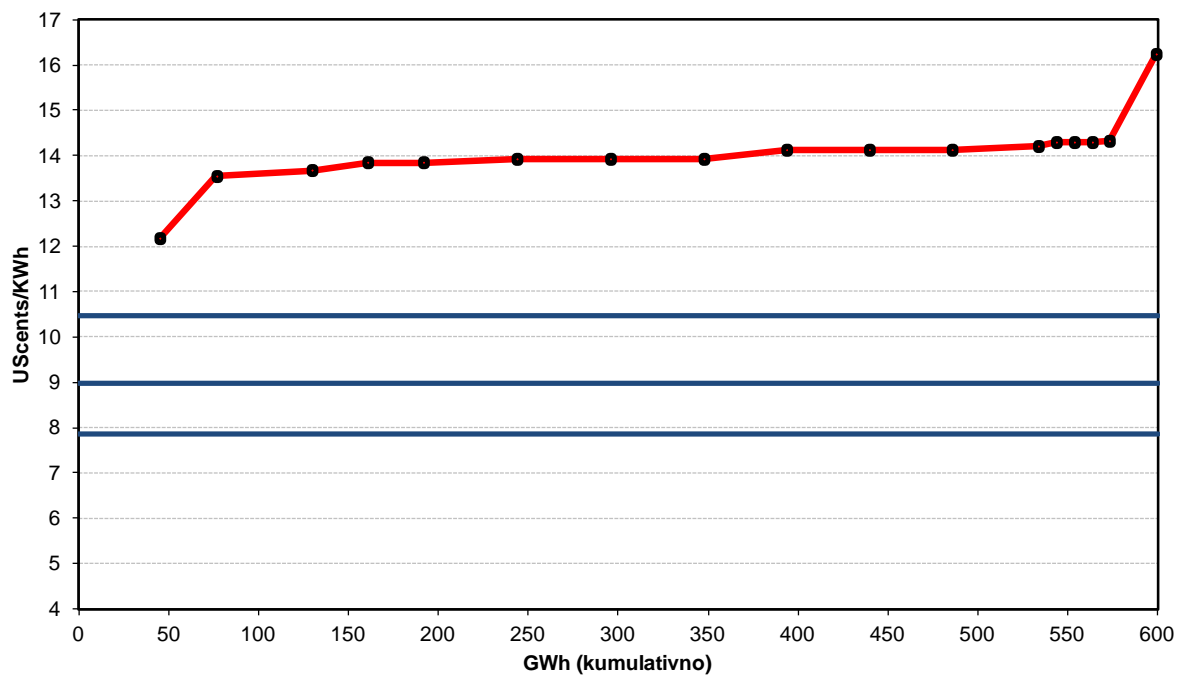
Cijena CO₂ 10 \$/t



	UScents/kWh
Pcost	7,867
Pcost+e	8,970
Pcost+g	9,967

Proizvodnja		
Q(ECON)	[GWh]	0
Q(ENV)	[GWh]	0
Q(ENVG)	[GWh]	0
MW		
Q(ECON)	[MW]	0
Q(ENV)	[MW]	0
Q(ENVG)	[MW]	0

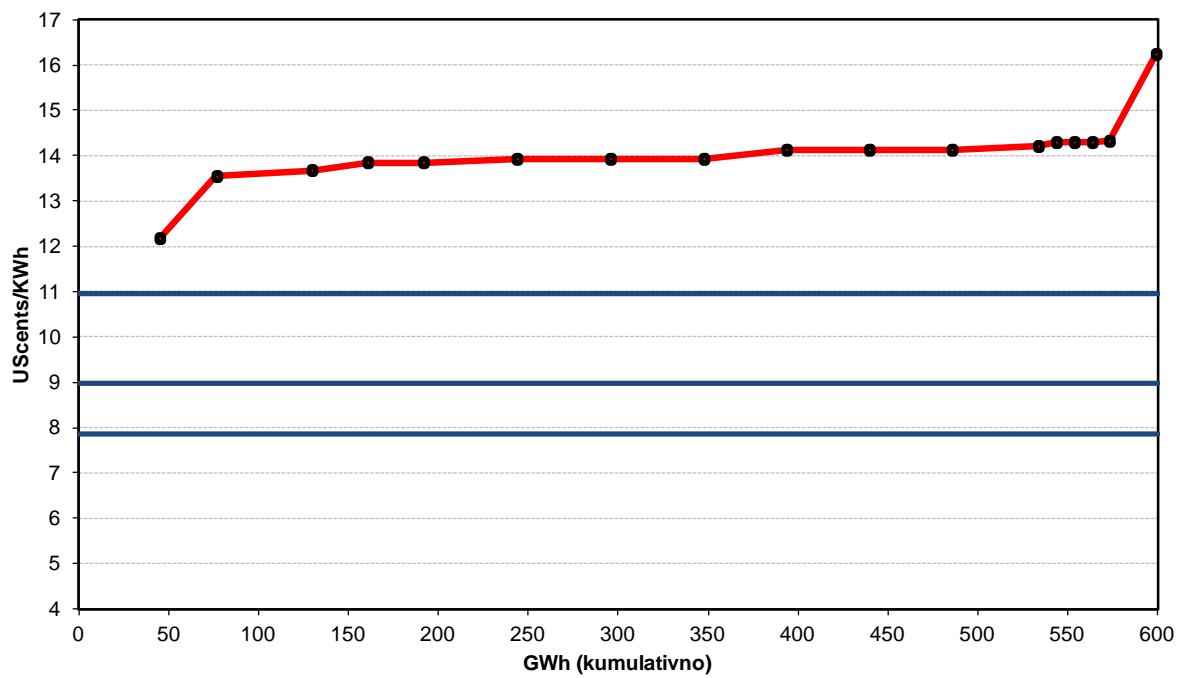
Cijena CO₂ 15 \$/t



	UScents/kWh
Pcost	7,867
Pcost+e	8,970
Pcost+g	10,466

Proizvodnja		
Q(ECON)	[GWh]	0
Q(ENV)	[GWh]	0
Q(ENVG)	[GWh]	0
MW		
Q(ECON)	[MW]	0
Q(ENV)	[MW]	0
Q(ENVG)	[MW]	0

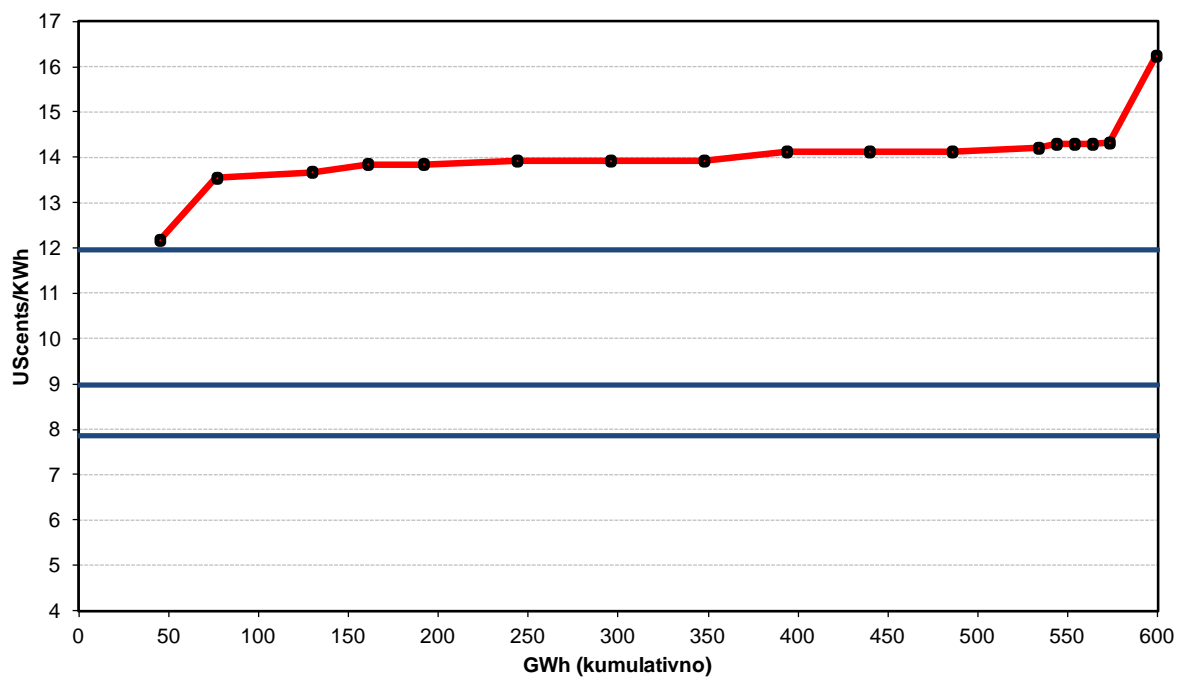
Cijena CO₂ 20 \$/t



	UScents/kWh
Pcost	7,867
Pcost+e	8,970
Pcost+g	10,965

Proizvodnja		
Q(ECON)	[GWh]	0
Q(ENV)	[GWh]	0
Q(ENVG)	[GWh]	0
MW		
Q(ECON)	[MW]	0
Q(ENV)	[MW]	0
Q(ENVG)	[MW]	0

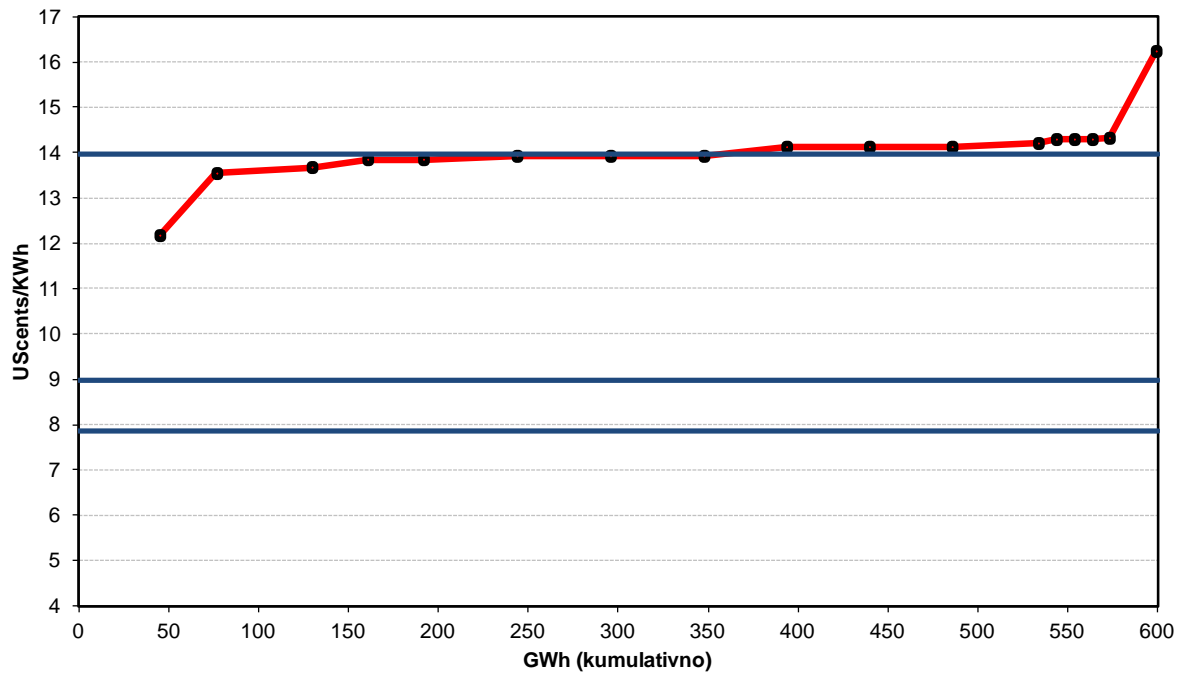
Cijena CO₂ 30 \$/t



	UScents/kWh
Pcost	7,867
Pcost+e	8,970
Pcost+g	11,963

Proizvodnja		
Q(ECON)	[GWh]	0
Q(ENV)	[GWh]	0
Q(ENVG)	[GWh]	0
MW		
Q(ECON)	[MW]	0
Q(ENV)	[MW]	0
Q(ENVG)	[MW]	0

Cijena CO₂ 50 \$/t

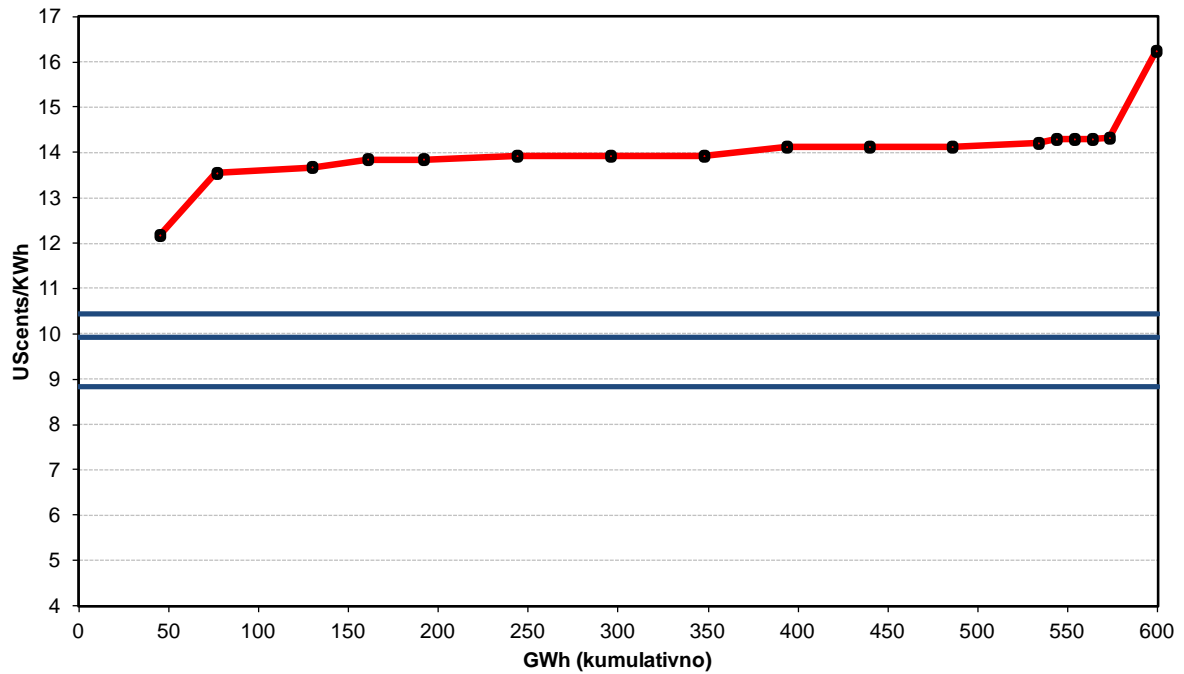


	UScents/kWh
Pcost	7,867
Pcost+e	8,970
Pcost+g	13,958

Proizvodnja		
Q(ECON)	[GWh]	0
Q(ENV)	[GWh]	0
Q(ENVG)	[GWh]	347
MW		
Q(ECON)	[MW]	0
Q(ENV)	[MW]	0
Q(ENVG)	[MW]	66

Dijagrami i podaci za scenarij B cijena ugljena 150 \$/t (B150)

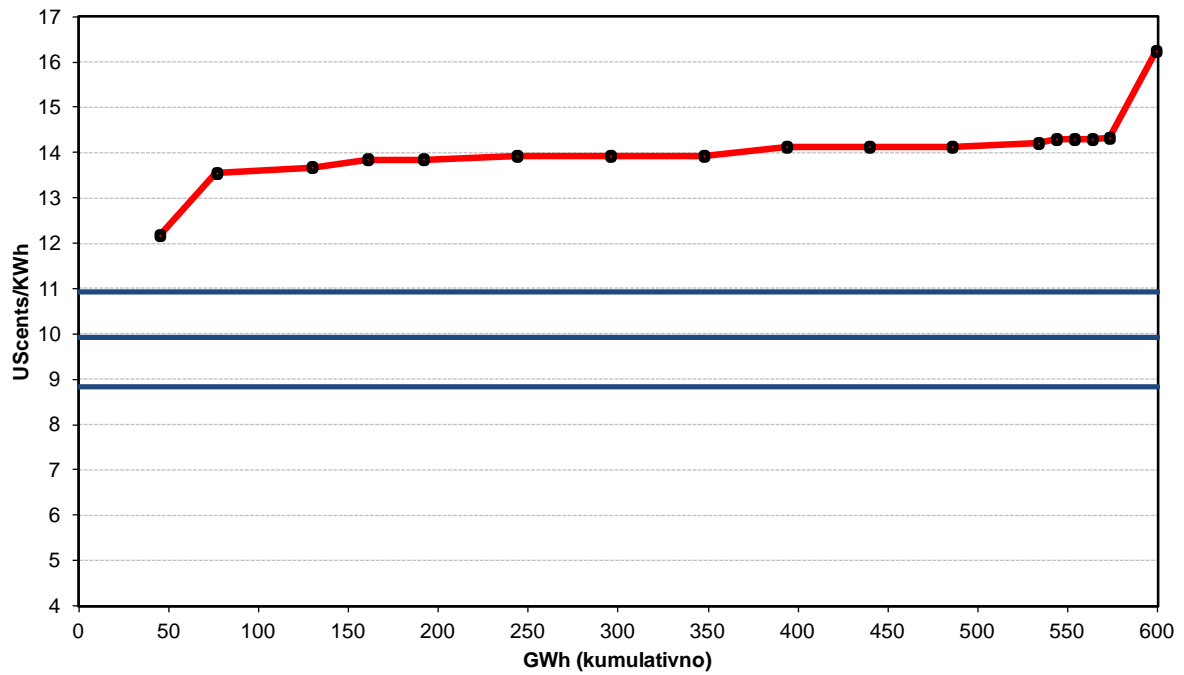
Cijena CO₂ 5 \$/t



	UScents/kWh
Pcost	8,830
Pcost+e	9,933
Pcost+g	10,432

Proizvodnja		
Q(ECON)	[GWh]	0
Q(ENV)	[GWh]	0
Q(ENVG)	[GWh]	0
MW		
Q(ECON)	[MW]	0
Q(ENV)	[MW]	0
Q(ENVG)	[MW]	0

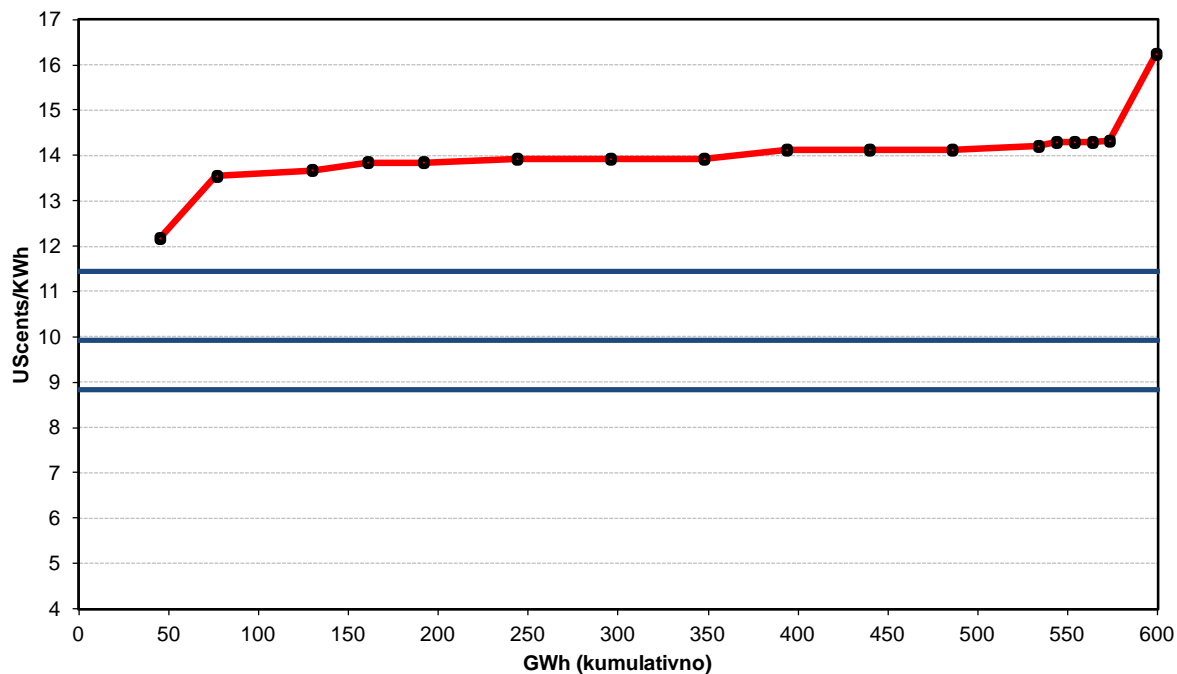
Cijena CO₂ 10 \$/t



	UScents/kWh
Pcost	8,830
Pcost+e	9,933
Pcost+g	10,930

Proizvodnja		
Q(ECON)	[GWh]	0
Q(ENV)	[GWh]	0
Q(ENVG)	[GWh]	0
MW		
Q(ECON)	[MW]	0
Q(ENV)	[MW]	0
Q(ENVG)	[MW]	0

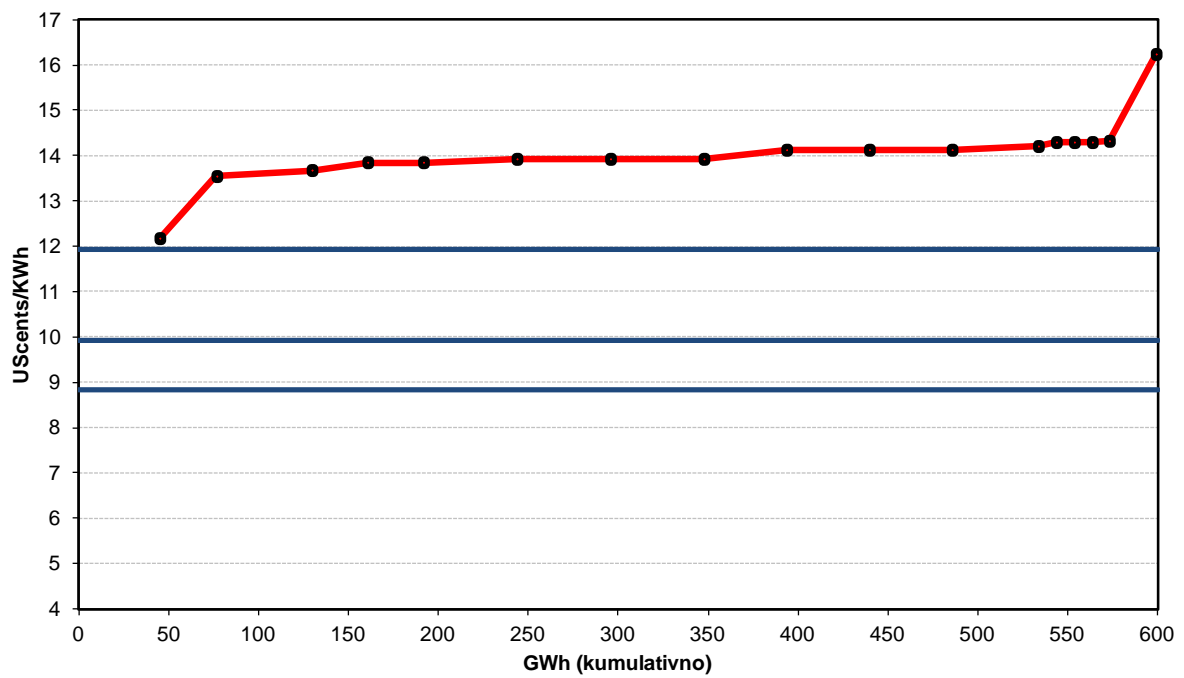
Cijena CO₂ 15 \$/t



	UScents/kWh
Pcost	8,830
Pcost+e	9,933
Pcost+g	11,429

Proizvodnja		
Q(ECON)	[GWh]	0
Q(ENV)	[GWh]	0
Q(ENVG)	[GWh]	0
MW		
Q(ECON)	[MW]	0
Q(ENV)	[MW]	0
Q(ENVG)	[MW]	0

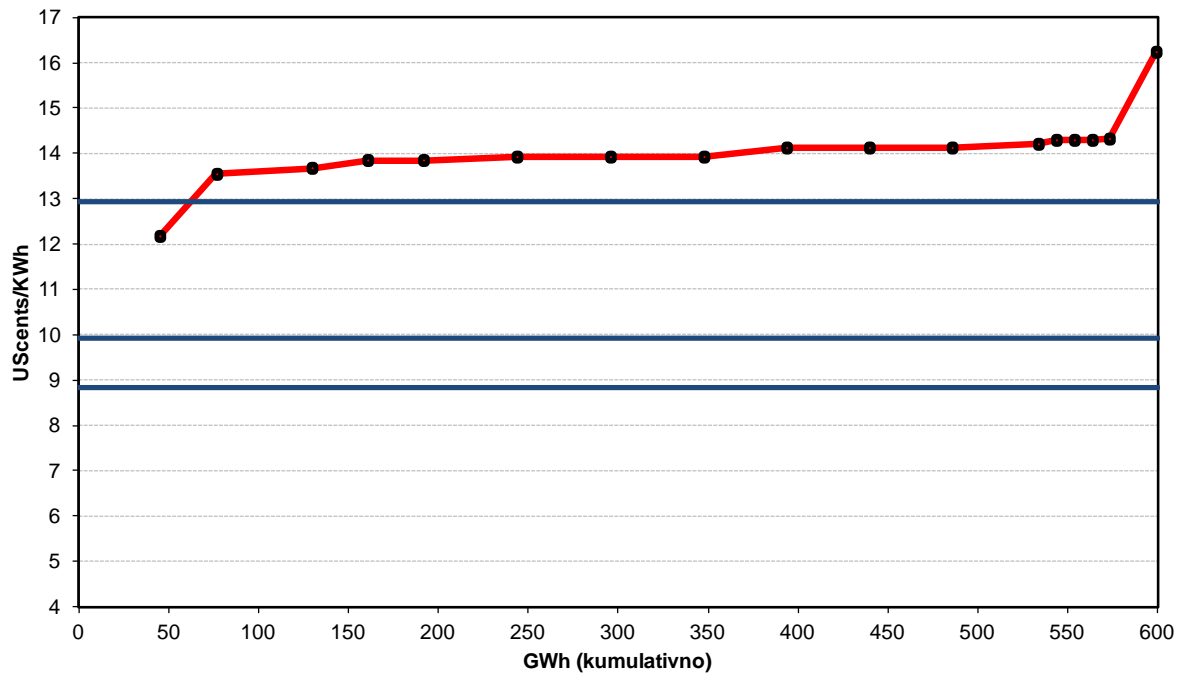
Cijena CO₂ 20 \$/t



	UScents/kWh
Pcost	8,830
Pcost+e	9,933
Pcost+g	11,928

Proizvodnja		
Q(ECON)	[GWh]	0
Q(ENV)	[GWh]	0
Q(ENVG)	[GWh]	0
MW		
Q(ECON)	[MW]	0
Q(ENV)	[MW]	0
Q(ENVG)	[MW]	0

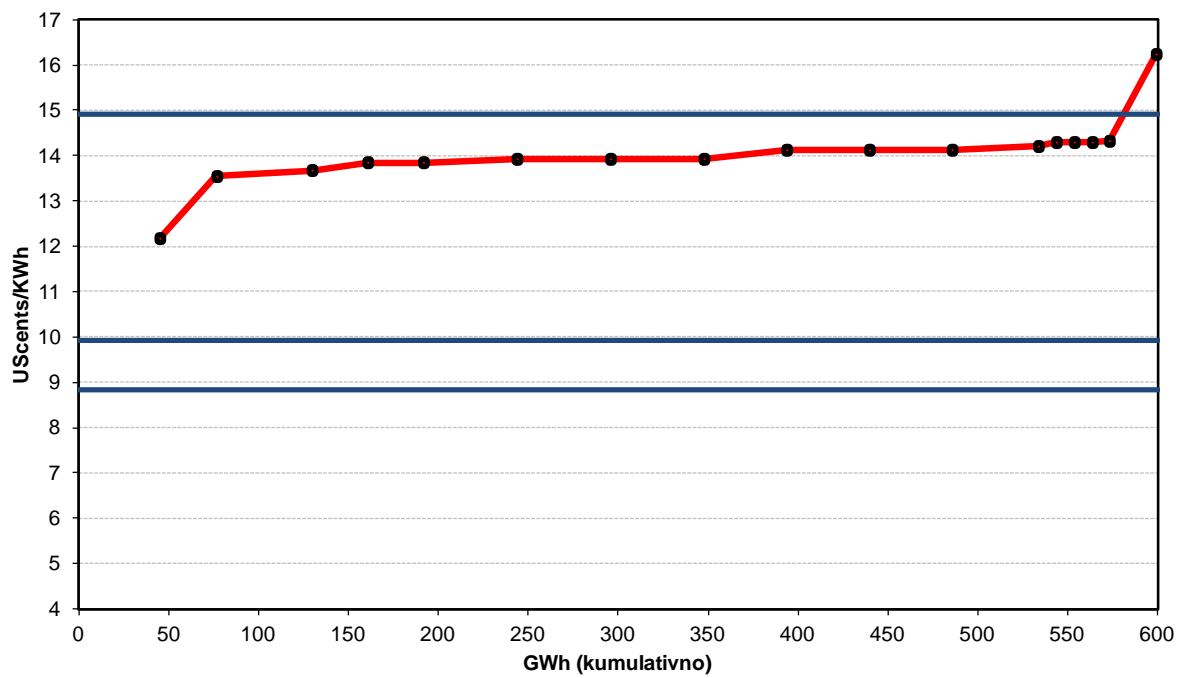
Cijena CO₂ 30 \$/t



	UScents/kWh
Pcost	8,830
Pcost+e	9,933
Pcost+g	12,926

Proizvodnja		
Q(ECON)	[GWh]	0
Q(ENV)	[GWh]	0
Q(ENVG)	[GWh]	45
MW		
Q(ECON)	[MW]	0
Q(ENV)	[MW]	0
Q(ENVG)	[MW]	8

Cijena CO₂ 50 \$/t



	UScents/kWh
Pcost	8,830
Pcost+e	9,933
Pcost+g	14,921

Proizvodnja		
Q(ECON)	[GWh]	0
Q(ENV)	[GWh]	0
Q(ENVG)	[GWh]	573
MW		
Q(ECON)	[MW]	0
Q(ENV)	[MW]	0
Q(ENVG)	[MW]	110