

Diana Ognjan, dipl.ing.el  
HEP – Obnovljivi izvori energije d.o.o.  
[diana.ognjan@hep.hr](mailto:diana.ognjan@hep.hr)

Siniša Knežević, dipl.ing.el.  
HEP – Obnovljivi izvori energije d.o.o.  
[sinisa.knezevic@hep.hr](mailto:sinisa.knezevic@hep.hr)

## POTICAJNE MJERE ZA PROIZVODNJU ELEKTRIČNE ENERGIJE IZ BIOMASE – USPOREDBA MJERA U HRVATSKOJ I U EUROPI

### SAŽETAK

Referat daje pregled poticajnih mjera koje se koriste u Europskoj uniji, te ukratko opisuju novouvedeni hrvatski sustav poticajnih mjera. Prikazani su podaci o korištenju biomase u Europskoj uniji i potencijal Hrvatske te je povučena paralela s poticajnim mjerama u državama koje su najuspješnije u korištenju biomase za proizvodnju električne energije. Zaključno su uspoređeni troškovi proizvodnje električne energije iz biomase na temelju dva neovisna izvora, te je dana usporedba s trenutno važećim tarifama prema hrvatskom sustavu poticajnih mjera.

**Ključne riječi:** biomasa, obnovljivi izvori, poticajne mjere, električna energija, troškovi

## COMPARISON OF EUROPEAN AND CROATIAN SUPPORT SYSTEMS FOR PRODUCTION OF ELECTRICITY FROM BIOMASS

### SUMMARY

The paper gives an overview of existing incentive systems used in European Union and briefly describes new Croatian incentive system. Statistical information about biomass usage in European Union and Croatian potential is also shown and respective incentive systems for most successful countries are briefly described. The paper concludes with the comparison of electricity generation costs from biomass based on two independent research results and these costs are combined with current Croatian tariffs.

**Key words:** biomass, renewable energy, incentive systems, electricity, costs

### 1. UVOD

Republika Hrvatska je 1. srpnja 2007. godine uvela novu zakonsku regulativu za poticanje proizvodnje električne energije iz obnovljivih izvora energije i kogeneracije. Pritom se obnovljivim izvorima smatraju vjetroelektrane, elektrane na biomasu, solarne elektrane, geotermalne elektrane, male hidroelektrane do 10MWe instalirane snage, elektrane na biogoriva i bioplin, te ostale elektrane na obnovljive izvore (morski valovi, plima i oseka i sl.). Hrvatski sustav poticajnih mjera nije novost u Europi. On je i nastao na temelju europskih iskustava i temelji se na trenutačno najraširenijoj i zasad najučinkovitijoj metodi poticaja – zajamčenim (*feed-in*) tarifama. Osim tog sustava, u Europi se primjenjuje sustav zelenih certifikata i obveznih udjela, te razni oblici subvencija, javnih natječaja i poreznih mjera.

Svi europski sustavi, kao i Hrvatska, potiču i proizvodnju električne energije iz biomase. Biomasa je tradicionalan energent korišten uglavnom za proizvodnju topline i u tom segmentu je najrašireniji

obnovljivi energent. Biomasa uključuje vrlo širok opseg pojmova – otpatke drvne industrije, razne biljne kulture, a u nekim slučajevima i kućni otpad, pa ju je vrlo teško analizirati. Precizna definicija navedena u Zakonu o energiji [1] biomasu definira na sljedeći način: „biomasa – biorazgradivi dio proizvoda, ostataka i otpadaka od poljoprivrede (uključivo s biljnim i životinjskim tvarima), šumarstva i drvne industrije, kao i biorazgradivi dijelovi komunalnog i industrijskog otpada čije je energetske korištenje dopušteno“. Većina proizvodnje električne energije iz biomase odvija se u kogeneracijskim postrojenjima, pa je proučavanje ovog sektora prilično kompleksno. Iz tog razloga, većina podataka u tekstu odnosi se na korištenje drvne biomase kao najzastupljenijeg oblika biomase.

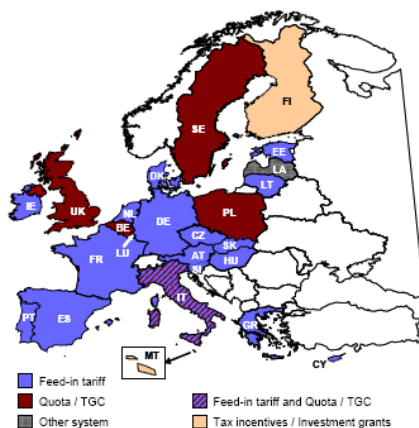
Cilj ovog rada jest predstaviti različite oblike poticajnih sustava, te navesti europska iskustva s poticanjem proizvodnje električne energije iz biomase te usporediti takve sustave s novouvedenom hrvatskom regulativom.

## 2. POTICAJNE MJERE

### 2.1. Zajamčene tarife - *Feed-in Tariffs*

Zajamčene tarife su trenutačno u Europi najkorišteniji oblik poticajnih mjera za proizvodnju električne energije iz obnovljivih izvora. Termin zajamčene tarife koristi se za dva, vrlo slična oblika poticaja, a to su: **minimalna cijena otkupa** električne energije, koja se određuje određenom metodologijom koju propisuje vlada neke države, a provodi ju regulatorni organ i koja se plaća proizvođaču električne energije, te **premija povrh tržišne cijene** električne energije koja se također isplaćuje proizvođaču električne energije iz obnovljivih izvora.

Proizvođač električne energije iz obnovljivih izvora dobiva fiksnu zajamčenu tarifu tijekom određenog niza godina, a inkrementalne troškove (razliku između stvarnih troškova u postrojenju obnovljivih izvora energije i same cijene električne energije) pokrivaju kupci električne energije. Opskrbljivač električne energije koji je kasnije prosljeđuje kupcu ima obvezu plaćati (nezavisnom) proizvođaču obnovljive energije cijenu koja je unaprijed određena. Cijena se obično ugovara na dulji niz godina kako bi proizvođač obnovljive energije imao siguran prihod i ona obično varira ovisno o vrsti obnovljivog izvora, jer su investicijski troškovi za pojedine obnovljive izvore znatno veći od drugih ili primjerice država želi poticati točno određeni obnovljivi izvor.



Slika 1 – Pregled poticajnih mjera po državama članicama EU [2]

### 2.2. Zeleni certifikati u kombinaciji s obveznim udjelima – *Green Certificates with Quota Obligations*

Zeleni certifikati su, za razliku od zajamčenih tarifa, u potpunosti tržišni model poticanja obnovljivih izvora i uvedeni su tek u nekoliko država Europske unije. Zeleni certifikati **ne uključuju nikakav oblik subvencija ili poticaja od države ili kupaca**, nego se temelje na sustavu obveznih kvota koje propisuje država. Znači, svaki opskrbljivač električne energije ima obvezu u svojoj ponudi imati određeni postotak električne energije proizvedene iz obnovljivih izvora. Proizvođaču električne energije iz obnovljivih izvora omogućuje se **priljev novca iz dva izvora**: a) električna energija prodaje se na tržištu po tržišnoj cijeni i b) proizvođači dobivaju zelene certifikate za proizvedenu „zelenu energiju“ koje prodaju

opskrbljivačima električne energije kako bi oni uspjeli zadovoljiti zadani udio električne energije iz obnovljivih izvora. Zelene certifikate izdaje poseban organ, neovisan od proizvođača i opskrbljivača.

Trenutačno je prisutan u Belgiji, Ujedinjenom Kraljevstvu, Švedskoj, Italiji, Rumunjskoj i Poljskoj. Opskrbljivači električne energije ne moraju sami proizvoditi električnu energiju iz obnovljivih izvora, nego imaju mogućnost kupnje zelenih certifikata od nezavisnih proizvođača, čime namiruju svoju obvezu o minimalnom udjelu obnovljive energije u ukupnom portfelju.

### **2.3. Ostale poticajne mjere**

#### **2.3.1. Sustav javnih natječaja – *Competitive Bidding***

Država objavljuje javni natječaj za potencijalne investitore ili proizvođače električne energije iz obnovljivih izvora. Potencijalni investitori i proizvođači natječu se dajući svoje ponude i pokušavajući udovoljiti zadanim kriterijima uz minimiziranje troškova. Kriterije postavlja vlada prije svakog novog kruga licitiranja i ona odlučuje o svim važnijim aspektima, kao što su količina električne energije koja će se proizvoditi iz obnovljivog izvora, razina rasta kapaciteta ili proizvodnje tijekom vremena, te visina dugoročne sigurne cijene koja se nudi proizvođačima. Ponuđač koji zadovolji sve kriterije po najnižoj cijeni dobiva dugoročni ugovor sa državom koja mu jamči fiksnu tarifu tijekom dogovorenog niza godina.

Sustav javnih natječaja bio je prisutan u Irskoj, Portugalu, Velikoj Britaniji i Francuskoj, s tim da su posljednje dvije napustile taj sustav.

#### **2.3.2. Subvencije investicija – *Investment subsidies/grants***

Početne investicije za izradu projekta i samu gradnju obnovljivih izvora energije mogu biti vrlo visoke i time predstavljaju veliku prepreku za uključivanje potencijalnih investitora. Iz tog razloga pojedine države uvode subvencije investicija kao oblik stimulacije izgradnje elektrana na obnovljive izvore, bilo u obliku pokrića, obično 20-50%, inicijalnih troškova, bilo u obliku niskih kamatnih stopa na kredite za izgradnju jedne takve elektrane.

#### **2.3.3. Fiskalne mjere – *Tax Incentives***

Fiskalne mjere prisutne su u nekim državama Europske unije (EU) kao sredstvo potpore obnovljivim izvorima i postoje u raznim oblicima. To mogu biti sniženi porezi na električnu energiju, sniženi porezi na emisije, snižene rate PDV-a, pa sve do izuzeća od plaćanja poreza.

## **3. HRVATSKI SUSTAV POTICAJNIH MJERA**

U Hrvatskoj je 1. srpnja 2007. na snagu stupilo pet podzakonskih akata kojim je definiran sustav poticaja obnovljivih izvora energije (i kogeneracije). Hrvatska se, kao i većina država Europske Unije odlučila za sustav zajamčenih tarifa (eng. *feed-in tariffs*). Za svaki kWh proizvedene i u mreži isporučene električne energije iz obnovljivih izvora (i kogeneracije) isplaćuje se povlaštena cijena prema propisanom Tarifnom sustavu. Navodimo ključne činjenice iz svakog od podzakonskih akata.

### **3.1. Uredba o naknadama za poticanje proizvodnje električne energije iz obnovljivih izvora energije i kogeneracije (NN 33/2007)**

Uredba o naknadama propisuje visinu naknada za poticanje proizvodnje iz obnovljivih izvora energije (i kogeneracije) koju plaćaju svi kupci električne energije na svojim mjesečnim računima. Visina naknade ovisi o potrošenoj električnoj energiji i za 2007. godinu iznosi 0,0089kn/kWh bez PDV-a. Prikupljena sredstva koriste se za isplatu poticajnih cijena povlaštenim proizvođačima električne energije iz obnovljivih izvora energije (i kogeneracije), za financiranje rada operatora sustava vezanog uz ovaj sustav poticaja, te za plaćanje troškova uravnoteženja elektroenergetskog sustava nastalih uslijed odstupanja u vrijednostima planirane i proizvedene električne energije iz postrojenja povlaštenih proizvođača koji imaju pravo na poticajnu cijenu.

### 3.2. Uredba o minimalnom udjelu električne energije proizvedene iz obnovljivih izvora energije i kogeneracije čija se proizvodnja potiče (NN33/2007)

Ovom Uredbom propisuje se minimalni udio električne energije proizvedene iz postrojenja koja koriste obnovljive izvore energije (i kogeneracijskih postrojenja) čija se proizvodnja potiče, te određuju ciljevi Republike Hrvatske u proizvodnji električne energije iz postrojenja koja koriste obnovljive izvore energije (i kogeneracijskih postrojenja). Propisani minimalni udio obnovljivih izvora jest 5,8% u ukupnoj potrošnji električne energije u 2010. godini. Uredba se ne primjenjuje na električnu energiju proizvedenu u hidroelektranama instalirane snage veće od 10 MW.

### 3.3. Tarifni sustav za proizvodnju električne energije iz obnovljivih izvora energije i kogeneracije (NN33/2007)

Ovim Tarifnim sustavom određuje se pravo povlaštenih proizvođača električne energije na poticajnu cijenu električne energije koju operator tržišta plaća za isporučenu električnu energiju proizvedenu iz postrojenja koja koriste obnovljive izvore energije (i kogeneracijskih postrojenja). Pritom se utvrđuje visina poticajnih cijena za svaku od tehnologija, ovisno o snazi i proizvodnji električne energije. Poticajna cijena isplaćuje se po u mrežu isporučenom kWh električne energije. Poticajna cijena ovisna je i o udjelu domaće komponente. Iznos poticajne cijene se, također, godišnje prilagođava (raste) ovisno o rastu godišnjeg indeksa cijena na malo. Za pojedine tehnologije (vjetroelektrane instalirane snage veće od 1 MW, male hidroelektrane i geotermalne elektrane) utvrđuje se isplata naknade lokalnoj zajednici u iznosu od 0,01 kn/kWh. U ovom Tarifnom sustavu navedeno je i kako će se poticajne cijene isplaćivati dok se ne ispuni minimalni udio od 5,8% propisan Uredbom o minimalnom udjelu. Nakon ispunjenja tog udjela, za nove projekte se neće isplaćivati poticajne tarife.

Tablica 1 – Poticajne tarife u Hrvatskoj [3]

Tip postrojenja	do 1 MW	iznad 1 MW
Sunčeve elektrane		
-Sunčeve elektrane instalirane snage do uključivo 10 kW	3,4	-
-Sunčeve elektrane instalirane snage veće od 10 kW do uključivo 30 kW	3	-
-Sunčeve elektrane instalirane snage veće od 30 kW	2,1	-
hidroelektrane*	0,69	
-energija do uključivo 5000 MWh proizvedenih u kalendarskoj godini		0,69
-energija za više od 5000 MWh, a do uključivo 15000 MWh proizvedenih u kalendarskoj godini		0,55
-energija za više od 15000 MWh proizvedenih u hidroelektrani u kalendarskoj godini		0,42
Vjetroelektrane	0,64	0,65
<b>elektrane na biomasu</b>		
<b>-kruta biomasa iz šumarstva i poljoprivrede (granjevina, slama, koštice...)</b>	<b>1,2</b>	<b>1,04</b>
<b>-kruta biomasa iz drveno-prerađivačke industrije (kora, piljevina, siečka...)</b>	<b>0,95</b>	<b>0,83</b>
geotermalne elektrane	1,26	1,26
elektrane na biopljin 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...)	1,2	1,04
elektrane na tekuća biogoriva	0,36	0,36
elektrane na deponijski plin i plin iz postrojenja za pročišćavanje otpadnih voda	0,36	0,36
elektrane na ostale obnovljive izvore (morski valovi, plima i oseka itd.)	0,6	0,5

\*instalirane snage do uključivo 10 MW. Do 1 MW tarifa je neovisna o proizvodnji, iznad 1 MW dijeli se prema godišnje proizvedenoj električnoj energiji.

### 3.4. Pravilnik o korištenju obnovljivih izvora energije i kogeneracije (NN67/2007)

Ovim se Pravilnikom utvrđuju obnovljivi izvori energije (i kogeneracijska postrojenja) koja se koriste za proizvodnju energije, propisuju uvjeti i mogućnosti korištenja obnovljivih izvora energije (i kogeneracijskih postrojenja) te uređuju druga pitanja od značaja za korištenje obnovljivih izvora energije i kogeneracije, prvenstveno način izdavanja Prethodnog energetskog odobrenja i Energetskog odobrenja – ključnih dokumenata za stjecanja prava na zajamčenu tarifu. Ovim se Pravilnikom propisuju oblik, sadržaj i način vođenja Registra projekata i postrojenja za korištenje obnovljivih izvora energije i kogeneracije te povlaštenih proizvođača.

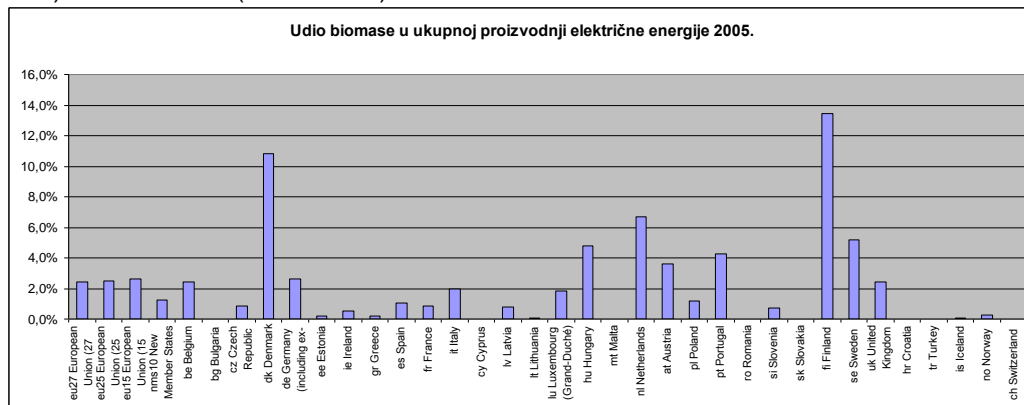
### 3.5. Pravilnik o stjecanju statusa povlaštenog proizvođača električne energije

Ovim se Pravilnikom propisuju uvjeti za stjecanje statusa povlaštenog proizvođača električne energije koji može steći nositelj projekta ili proizvođač koji u pojedinačnom proizvodnom objektu istodobno proizvodi električnu i toplinsku energiju, koristi otpad ili obnovljive izvore energije za proizvodnju električne energije na gospodarski primjeren način usklađen sa zaštitom okoliša.

## 4. PROIZVODNJA ELEKTRIČNE ENERGIJE IZ BIOMASE

### 4.1. Proizvodnja električne energije iz biomase u Europskoj uniji

Europska unija je 2005. godine proizvela 75.968 GWh električne energije iz biomase, što čini 2,4% ukupne proizvodnje električne energije cijele EU. Pritom se kao najveći proizvođači u apsolutnom iznosu ističu Njemačka sa 15.244 GWh, Velika Britanija (9.293 GWh), Finska (9.136 GWh), Švedska (8.052 GWh) i Nizozemska (6.460 GWh).



Slika 2 – Udio biomase u ukupnoj proizvodnji električne energije pojedine države [4]

Na slici 2 prikazan je udio proizvodnje električne energije iz biomase u ukupnoj proizvodnji pojedine države, što daje informaciju o relativnoj proizvodnji. Vidljivo je da se Finska i ovdje ističe kao jedan od najvećih proizvođača, s udjelom od 13,5%, a blizu je i Danska s udjelom od 10,8% (3.736 GWh). Udio proizvodnje električne energije iz biomase ovisan je o brojnim faktorima: dostupnosti i količini energenta, dostupnosti tehnologije, socijalnom, političkom i administrativnom okviru, te ekonomskoj isplativosti korištenja. Poticajne mjere za korištenje biomase imaju za svrhu smanjenje troškova proizvodnje električne energije iz biomase. U Europskoj uniji napravljeno je istraživanje [5] o učinkovitosti različitih poticajnih mjera na porast proizvodnje električne energije iz obnovljivih izvora, pa tako i biomase. Učinkovitost se u ovom slučaju definira kao omjer promjene u potencijalu generacije električne energije kroz određeni vremenski period i dodatnog realnog srednjoročnog potencijala do 2020. godine za pojedinu tehnologiju. Ovakva definicija učinkovitosti mjera je za dostupne potencijale pojedine države u pojedinim tehnologijama. Definicija je prikazana jednadžbom [5]:

$$E_n^i = \frac{G_n^i - G_{n-1}^i}{ADD - POT_{n-1}^i}$$

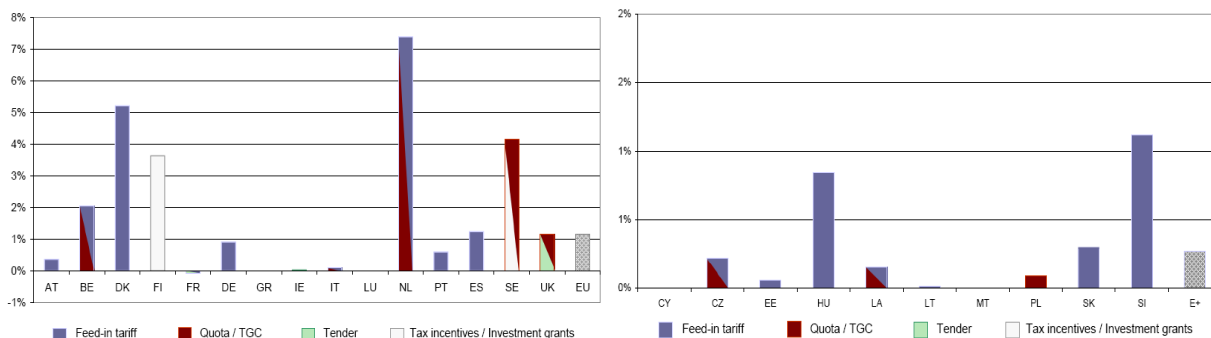
$E_n^i$  - indikator učinkovitosti za tehnologiju  $i$  u godini  $n$

$G_n^i$  - potencijal generiranja električne energije za tehnologiju  $i$  u godini  $n$

$ADD - POT_{n-1}^i$  - dodatni potencijal za generiranje električne energije putem tehnologije  $i$  u godini  $n$ , do 2020.

Indikatori učinkovitosti unutar [5] računati su za period od 1998. do 2005. godine (za EU 15) i od 1998. do 2004. godine (za EU 10). Indikatori učinkovitosti najveći su u Nizozemskoj, Danskoj, Švedskoj i Finskoj, gdje biomase ima u velikim količinama i relativno je povoljne cijene. Vidljivo je da su kod biomase, za razliku od nekih drugih obnovljivih izvora, podjednako učinkoviti svi oblici poticajnih mjera. Zajednički nazivnik Finske, Švedske i Nizozemske jest da koriste fiskalne (porezne) mjere za poticanje proizvodnje električne energije iz biomase. Nizozemska pritom koristi kombinaciju subvencija investicija (do 30%), zajamčenih tarifa (2 €/kWh), zelenih certifikata (dobrovoljni otkup) i eko-poreza (6,02€/kWh i nema poreza za „zelenu“ energiju) [6]. Finska koristi subvencije investicija (do 30%) i izuzima električnu energiju proizvedenu iz obnovljivih izvora (uključujući biomasu) iz poreza koji plaćaju krajnji korisnici [7]. Švedska je isprobala različite modele poticanja obnovljivih izvora energije – zelene certifikate (uspješna iako neučinkovita po pitanju troškova), trgovinu emisijama (pokazala se vrlo povoljna za postrojenja koja su do zadnjeg trenutka koristila fosilna goriva, jer su dobila jako visoke alokacijske kvote za emisije;

sustav je bio vrlo nepovoljan za one koji su i prije dodjeljivanja kvota smanjivali emisije) i poreze na proizvodnju u elektranama na fosilna goriva (ocijenjeno kao najbolji sustav) [8, 9].

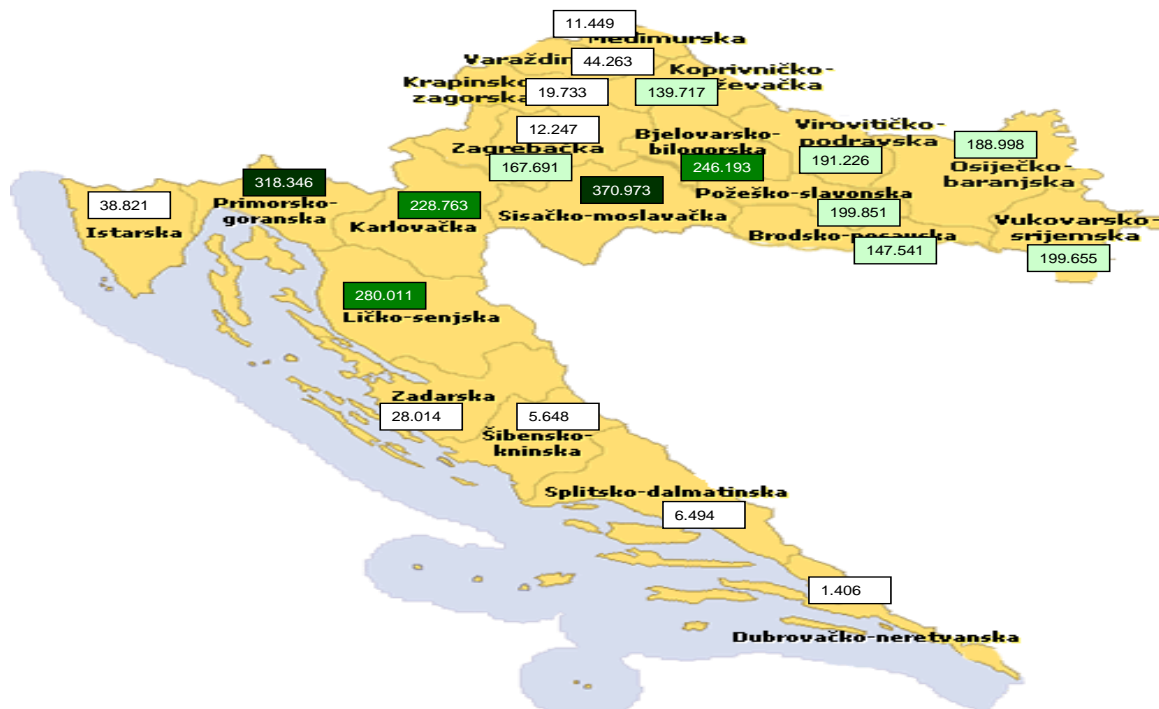


Slika 3 – Indikator učinkovitosti za biomasu, period 1998.-2005. i 1998.-2004. [5]

#### 4.2. Potencijal biomase u Republici Hrvatskoj

Podaci za Hrvatsku nisu vidljivi na slici 2, ali prema [10] u 2005. godini je proizvedeno 10,9 GWh električne energije iz biomase (0,09% proizvodnje). Prema podacima za 2006. godinu [11], proizvodnja je bila nešto lošija, proizvedeno je 6 GWh (0,04% proizvodnje).

Hrvatska ima 36% površine pokrivene šumama koje su nejednoliko raspoređene po županijama.



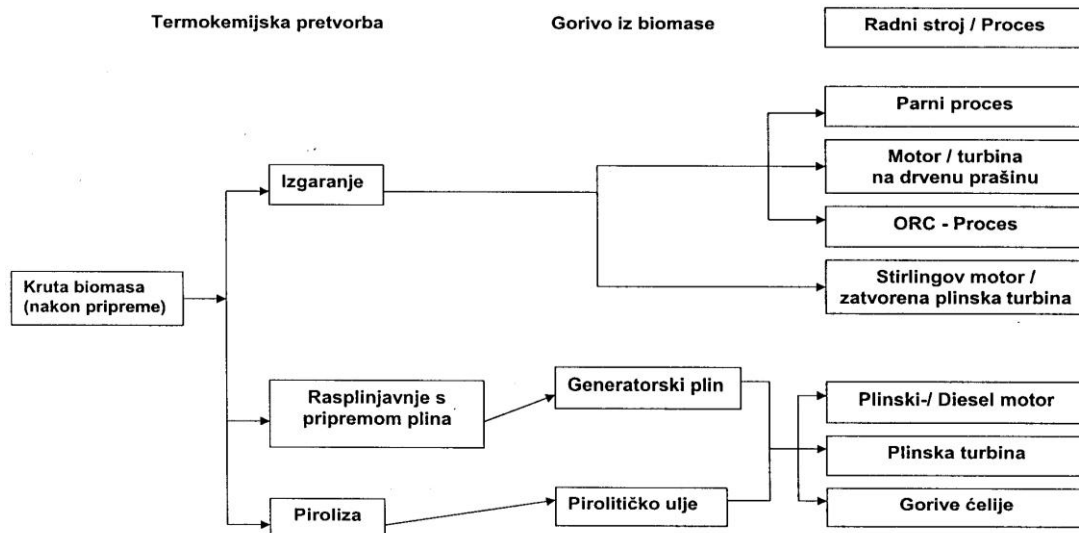
Slika 4 – Potencijal biomase po županijama – godišnje količine ogrjevnog drva u m<sup>3</sup> [12]

Iz slike 4 vidljivo je da najveći potencijal postoji u Primorsko-goranskoj i Sisačko-moslavačkoj županiji, a zanimljive su i ličke i slavonske lokacije. Ukupna godišnja količina ogrjevnog drva procijenjena je na 2.847.039 m<sup>3</sup> [12]. Uz (grubu) procjenu od 2,5 MWh po m<sup>3</sup> biomase [13] i uz korištenje cjelokupne količine ogrjevnog drva, teoretski potencijal proizvodnje energije iz biomase iznosi oko 7 TWh (za usporedbu, ukupna proizvodnja električne energije u Hrvatskoj za 2006. godinu iznosila je 11 TWh) [11]. Stvarni potencijal je vrlo teško procijeniti, jer on ne ovisi samo o dostupnim količinama goriva, već i o karakteristikama lokacije, utjecaju na okoliš, zakonskoj regulativi, tehnologiji, ekonomsko-financijskim pokazateljima i sl., iako sigurno ima dovoljno prostora za izgradnju nekoliko takvih elektrana na povoljnim lokacijama u Hrvatskoj.

## 5. TROŠKOVI PROIZVODNJE ELEKTRIČNE ENERGIJE IZ BIOMASE

### 5.1. Tehnologije proizvodnje električne energije iz biomase

Postoje tri osnovna načina pretvorbe energije biomase u električnu energiju – izgaranje biomase, rasplinjavanje biomase i piroliza. Na slici 5 vidljivi su procesi kod korištenja svakog od tri osnovna načina.



Slika 5 – Načini proizvodnje električne energije iz biomase [14]

Trenutačno najdominantnija tehnologija proizvodnje je izgaranje s parnim ciklusom, koje se koristi u većini postrojenja koje proizvode električnu energiju iz biomase. Postoje dvije osnovne vrste izgaranja koje se pritom koriste – izgaranje na rešetki (*grate firing*) i izgaranje u fluidiziranom sloju (*fluidized bed combustion*). U Europskoj uniji biomasa se koristi ili u manjim decentraliziranim postrojenjima gdje se izgara kao samostalni energent ili se suspaljuje (*co-firing*) sa nekim fosilnim gorivom u postrojenjima srednje i veće snage.

### 5.2. Tehnologije i troškovi proizvodnje električne energije iz biomase – austrijski primjer

Zanimljivo je usporediti procese pretvorbe energije biomase u električnu energiju na temelju cijene proizvedene električne energije. Nedavno je takvo istraživanje rađeno u Austriji i to za pet različitih procesa izgaranja i četiri procesa uplinjavanja [15]. Obzirom da su procesi uplinjavanja u vrlo ranom stadiju razvoja (za većinu ne postoje niti demonstracijska postrojenja), ovdje su izloženi podaci samo za procese izgaranja. Postrojenja STE 35 i STE 70 temelje se na korištenju Stirlingovog motora koji se sastoji od četiri cilindra, a razvijen je u suradnji danskog tehničkog sveučilišta i dvije austrijske tvrtke. Motor ima nominalnu snagu od 35 kW, a razvijen je i motor s osam cilindara i nominalnom snagom od 75 kW. Oba motora su testirana u četiri pilot-postrojenja. Postrojenja ORC 650 i ORC 1.570 temelje se na korištenju organskog Rankinovog ciklusa (*Organic Rankine Cycle*). Rankinov ciklus uobičajeno se koristi u termoelektranama, gdje je radni medij voda. Organski Rankinov ciklus temelji se na istom principu, ali je u njegovom slučaju radni medij organskog podrijetla, najčešće pentan ili butan, što omogućuje korištenje izvora niže temperature. ORC ciklus se primjenjuje i kod geotermalnih elektrana, upravo zbog svog svojstva iskorištavanja niske temperature izvora. Postrojenje ST 5.000 predstavlja klasičnu termoelektoranu s parnim ciklusom, gdje se u kotlu ne loži neko od fosilnih goriva, već biomasa. Budući da se biomasa najčešće koristi u kogeneraciji, pri proračunu su promatrana kogeneracijska postrojenja.

Tablica 2 – Uspoređivani tipovi postrojenja koji koriste izgaranje [15]

Tip postrojenja	STE 35	STE 70	ORC 650	ORC 1.570	ST 5.000
Proces	Stirlingov motor		Organski Rankinov ciklus		Parni ciklus
Instalirana električna snaga (kW)	35	70	650	1.570	5.000
Instalirana toplinska snaga (kW)	250	500	3.250	7.650	19.061
Broj radnih sati godišnje na punoj snazi (h/a)	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000
Ukupna investicija (€)	184.000	320.000	2.343.000	4.122.000	11.951.000
Specifična investicija (€/kW <sub>el</sub> )	5.257	4.571	3.605	2.625	2.390

Troškovi drvene biomase procijenjeni su na 22 €/MWh<sub>NCV</sub> (NCV=*net calorific value*, što je jednako kao LHV=*lower heating value*, a označava relativnu ogrjevnu vrijednost goriva izraženu u jedinici energije po jedinici goriva [16]). Procijenjeni su i troškovi održavanja za svaku od tehnologija i to kao postotak od ukupne investicije, te troškovi osoblja, vlastite potrošnje i dodatni troškovi (osiguranje, administracija i sl.), prema iskustvima s pojedinim postrojenjima. Kamatna stopa na kredit je postavljena na 7%, a godišnji porast troškova je 2,5%. Kao gorivo je pretpostavljeno 100%-tno korištenje drvene sječke. Dobiveni rezultati prikazani su u tablici 3.

Tablica 3 – Dobiveni rezultati prema tipovima postrojenja [15]

Tip postrojenja	STE 35	STE 70	ORC 650	ORC 1.570	ST 5.000
Proces	Stirlingov motor		Organski Rankinov ciklus		Parni ciklus
Kapitalni troškovi (€/a)	29.377	51.111	365.622	642.092	1.881.378
Specifični kapitalni troškovi (€/kWh)	0,1399	0,1217	0,0937	0,0682	0,0627
Troškovi vlastite potrošnje – uključujući gorivo (€/a)	9.454	18.908	217.761	525.977	1.513.754
Specifični troškovi vlastite potrošnje – uključujući gorivo (€/kWh)	0,0450	0,0450	0,0558	0,0558	0,0505
Troškovi pogona (€/a)	5.433	7.245	47.146	69.021	324.640
Specifični troškovi pogona (€/kWh)	0,0259	0,0173	0,0121	0,0073	0,0108
Ostali troškovi (€/a)	1.840	3.200	23.430	41.220	119.510
Specifični ostali troškovi (€/kWh)	0,0088	0,0076	0,0060	0,0044	0,0040
Troškovi proizvodnje el.en. (€/a)	46.105	80.464	653.959	1.278.311	3.839.282
Specifični troškovi proizvodnje električne energije (€/kWh <sub>el</sub> )	0,2195	0,1916	0,1677	0,1357	0,1280

### 5.3. Tehnologije i troškovi proizvodnje električne energije iz biomase – prema OECD-u

Prema istraživanju OECD-a [17] trenutni troškovi proizvodnje električne energije iz biomase kreću se u rasponu od 0,06 do 0,12 €/kWh ovisno o veličini postrojenja, tipu izgaranja, količini goriva i sl. Razvojem tehnologije i pogotovo korištenjem suspaljivanja, očekuje se pad troškova u nadolazećem razdoblju. Tako se u tablici 4 navode očekivani troškovi proizvodnje po tehnologijama u 2020. godini. Ako se usporede podaci iz tablica 2 i 3 i tablice 4 vidljivo je da se očekuje znatan pad troškova za tehnologije uplinjavanja, kao i smanjenje troškova proizvodnje za parni ciklus. Tehnologije suspaljivanja i odvojenog spaljivanja u postojećim termoelektranama pokazuju se kao najekonomičnije, pa bi Hrvatska trebala razmotriti i takav način korištenja biomase.

Tablica 4 – Investicijski troškovi, električna iskoristivost i trošak proizvodnje električne energije iz biomase [17]

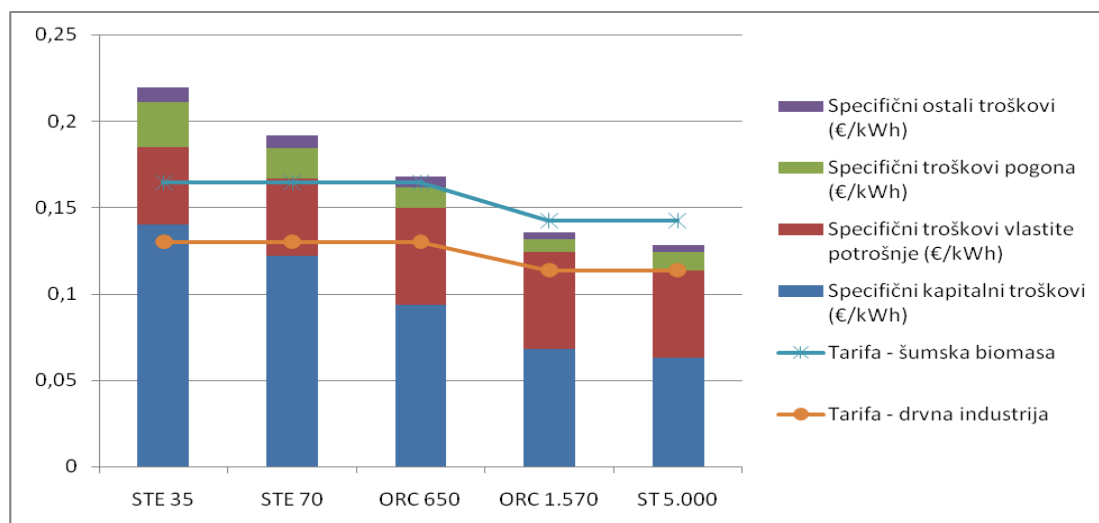
Tehnologija	Investicijski troškovi (€/kWh <sub>el</sub> )		Električna iskoristivost (%)	Trošak proizvodnje el.en.u 2020.god. (€/kWh <sub>el</sub> )**
	2002.	2020.		
Suspaljivanje biomase - postojeće TE na ugljen	250	250	35-40%	0,024-0,047
Odvojeno spaljivanje biomase - postojeće TE na ugljen	700	600	35-40%	0,034-0,059
Odvojeno spaljivanje biomase - postojeće plinske kombi TE	700	600	35-40%	0,034-0,059
Izgaranje na rešetki ili u fluidiziranom sloju - parni ciklus	1500-2500	1500-2500	20-30%	0,050-0,12
Rasplinjavanje + plinski motor ili turbina (50 kWe-30MWe)*	1500-2500	1000-2000	20-30%	0,050-0,12
Rasplinjavanje + kombi proces (30 - 100 MWe)*	5000-6000	1500-2500	40-50%	0,053-0,1
Fermentacija vlažne biomase + plinski motor ili turbina	2000-5000	2000-5000	25-35%	0,026

### 5.4. Usporedba troškova proizvodnje električne energije iz biomase s hrvatskom tarifom

Rezultati iz poglavlja 5.2. dobiveni su za austrijske uvjete, ali ih je indikativno usporediti s trenutnom razinom poticajne cijene za korištenje drvene biomase u Hrvatskoj. Pretpostavljene su tarife od 1,20 kn/kWh (šumska biomasa) i 0,95 kn/kWh (biomasa iz drvno-prerađivačke industrije) za postrojenja instalirane snage ispod 1.000kW (STE 35, STE 70 i ORC 650), odnosno 1,04 kn/kWh i 0,83 kn/kWh za



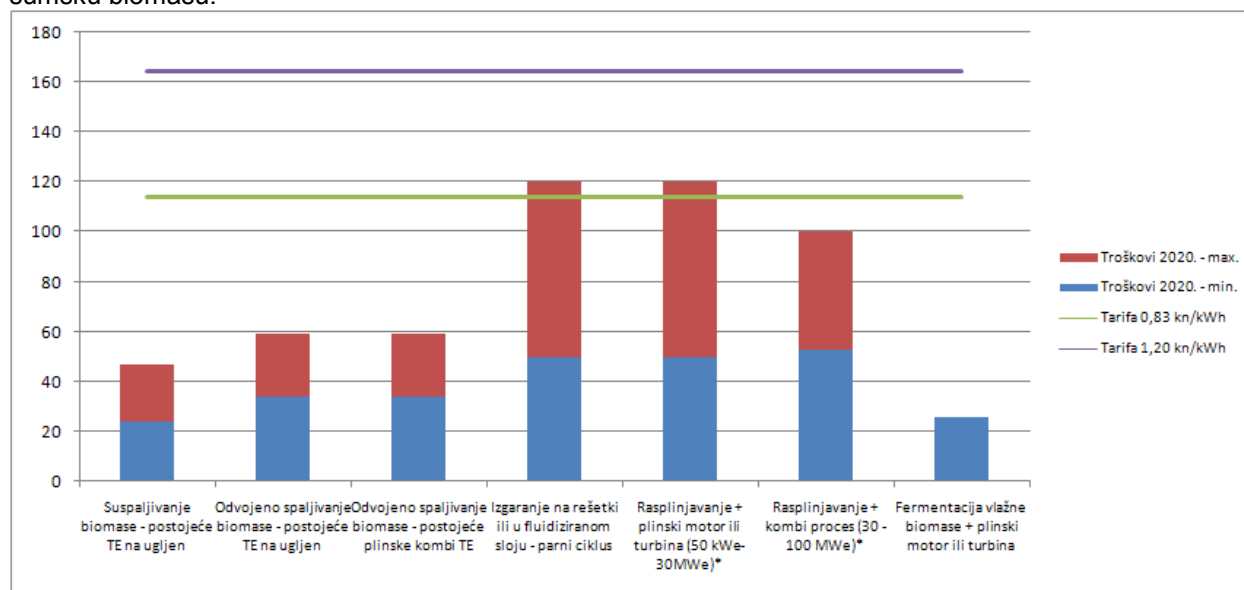
postrojenja iznad 1.000 kW (ORC 1.570 i ST 5.000), prema važećem Tarifnom sustavu za proizvodnju električne energije iz obnovljivih izvora energije i kogeneracije (NN 33/2007).



Slika 6 – Usporedba troškova pojedinih postrojenja i visine tarifa (€/kWh) u Hrvatskoj (Austrija)

Vidljivo je da tarifa za korištenje šumske biomase vrlo povoljna za procese ORC veće snage i parni ciklus, ali i nedovoljno povoljna za novije tehnologije i manja postrojenja koja koriste Stirlingove motore i ORC manje snage. Tarifa za korištenje ostataka iz drvne industrije nešto je nepovoljnija i nedovoljno visoka čak i za parni ciklus, iako je u takvim slučajevima cijena goriva obično niža.

U usporedbi tarifa s rezultatima istraživanja OECD-a, prikazanih u poglavlju 5.3., vidljivo je da hrvatska tarifa dostatna za sve tehnologije, posebice ako se grade mala postrojenja (do 1 MW) na šumsku biomasu.



Slika 7 – Usporedba troškova pojedinih postrojenja i visine tarifa (€/kWh) u Hrvatskoj (OECD)

## 6. ZAKLJUČAK

Nakon kratkog pregleda poticajnih mjera i novouvedenog hrvatskog sustava poticajnih mjera, prikazani su statistički podaci o proizvodnji električne energije iz biomase u državama Europske unije. Kao najuspješnije pokazale su se Nizozemska, Finska i Švedska, koje koriste kombinaciju poticajnih mjera, ali se oslanjaju na fiskalne (porezne) mjere. Prikazan je i potencijal korištenja biomase u Hrvatskoj

s podacima o količinama ogrjevnog drva po županijama, gdje je vidljivo da je preporučljiva gradnja takvih elektrana u Primorsko-goranskoj i Sisačko-moslavačkoj županiji, te na ličkim i slavonskim lokacijama.

Obzirom na postojanje raznih tehnologija za proizvodnju električne energije iz biomase, ukratko su prikazani glavni načini proizvodnje, gdje se kao najkorištenija i najprovjerena tehnologija ističe korištenje parnog ciklusa, kao u klasičnim termoelektranama. Ta je tehnologija ujedno i najjeftinija po proizvedenom kWh u usporedbi s novim tehnologijama. Najveće smanjenje troškova u budućnosti očekuje se za tehnologije uplinjavanja, a veliku perspektivu za Hrvatsku predstavlja i korištenje suspaljivanja biomase u postojećim termoelektranama na fosilna goriva (ugljen, plin). Visina hrvatske tarife za korištenje biomase pritom se pokazuje kao dovoljno visoka za korištenje parnog ciklusa, ali i nekih novih tehnologija.

Svi preduvjeti za korištenje biomase u Hrvatskoj postoje – dostupne su dostatne količine goriva, uvedene su poticajne tarife koje proizvodnju čine isplativom, a tehnologije postoje i dostupne su na europskom tržištu. S aspekta električne mreže, za razliku od ostalih obnovljivih izvora, biomasa ima dodatnu prednost što može raditi i kao „bazna“ elektrana, jer njezin rad manje ovisi o vremenskim uvjetima i nije stohastičke prirode. Dodatni angažman treba očekivati još jedino od strane lokalnih zajednica koje bi trebale uvidjeti svoje interese u takvim projektima (zapošljavanje, manje zagađenje, toplifikacija i sl.) i dodatno poduprijeti razvoj korištenja biomase za proizvodnju (električne) energije.

## 7. LITERATURA

- [1] Zakon o energiji (NN 68/2001). [Mrežno] 24.. srpnja 2001.  
<http://www.nn.hr/clanci/sluzbeno/2001/1120.htm>.
- [2] **Fraunhofer institut**. *Evaluation of Different Feed-in Design Options*. 2006.
- [3] Tarifni sustav za proizvodnju električne energije iz obnovljivih izvora energije i kogeneracije. [Mrežno] 22. 3 2007. [Citirano: 13. 1 2008.] <http://www.nn.hr/clanci/sluzbeno/2007/1082.htm>.
- [4] EUROSTAT. *EUROSTAT*. [Mrežno] European Union. <http://epp.eurostat.ec.europa.eu/>.
- [5] **OPTRES**. Assessment and optimization of renewable energy support schemes in the European electricity market. [Mrežno] veljača 2007. [http://www.optres.fhg.de/OPTRES\\_FINAL\\_REPORT.pdf](http://www.optres.fhg.de/OPTRES_FINAL_REPORT.pdf).
- [6] **European Comission**. Netherlands - Renewable Energy Factsheet. [Mrežno] 2007.  
[http://ec.europa.eu/energy/energy\\_policy/doc/factsheets/renewables/renewables\\_nl\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/energy/energy_policy/doc/factsheets/renewables/renewables_nl_en.pdf).
- [7] —. Finland - Renewable Energy Factsheet. [Mrežno] 2007.  
[http://ec.europa.eu/energy/energy\\_policy/doc/factsheets/renewables/renewables\\_fi\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/energy/energy_policy/doc/factsheets/renewables/renewables_fi_en.pdf).
- [8] —. Sweden - Renewable Energy Factsheet. [Mrežno] 2007.  
[http://ec.europa.eu/energy/energy\\_policy/doc/factsheets/renewables/renewables\\_se\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/energy/energy_policy/doc/factsheets/renewables/renewables_se_en.pdf).
- [9] *Examples for successful political strategies - Sweden*. **Kaberger, Tomas**. Graz: Central European Biomass Conference, 2008.
- [10] **Ministarstvo gospodarstva, rada i poduzetništva**. Energija u Hrvatskoj 2005. [Mrežno] 2006.  
<http://www.mingorp.hr/UserDocImages/velika%20Energija%20u%20Hrvatskoj%202005.pdf>.
- [11] —. Energija u Hrvatskoj 2006. [Mrežno] 2007.  
[http://www.mingorp.hr/UserDocImages/energija%20u%20hrvatskoj/EUH06\\_web.pdf](http://www.mingorp.hr/UserDocImages/energija%20u%20hrvatskoj/EUH06_web.pdf).
- [12] **Hrvatske šume**. [Mrežno] 2007.
- [13] **Čupin, Nikola**. *Toplifikacija Gline na drvnu biomasu*. 2007.
- [14] **Fakultet elektrotehnike i računarstva**. *Predavanja iz predmeta Energijske tehnologije*. 2007.
- [15] *Economic evaluation of decentralized CHP applications based on biomass combustion and biomass gasification*. **Obernberger, Ingwald, Thek, Gerold i Reiter, Daniel**. Graz: Central European Biomass Conference, 2008.
- [16] **Wikipedia**. Lower heating value. [Mrežno] [http://en.wikipedia.org/wiki/Lower\\_heating\\_value](http://en.wikipedia.org/wiki/Lower_heating_value).
- [17] **Imperial College London, Centre for Energy Policy and Technology i E4tech (UK) Ltd**. Biopower switch - a biomass blueprint to meet 15% of OECD electricity demand by 2020. [Mrežno] svibanj 2004. <http://assets.panda.org/downloads/biomassreportfinal.pdf>.
- [18] Ognjan, Diana. *Usporedba poticajnih mjera za gradnju obnovljivih izvora električne energije*, 2006., diplomski rad.