Zbornik referatov / Collection of Papers
ISBN 978-961-93153-8-5

2. znanstvena konferenca z mednarodno udeležbo
**Konferenca VIVUS – s področja naravovarstva, kmetijstva, hortikulture in živilstva**
»ZNANJE IN IZKUŠNJE ZA NOVE PODJETNIŠKE PRILOŽNOSTI«
24. in 25. april 2013, Biotehniški center Naklo, Strahinj 99, Naklo, Slovenija
---
2nd Scientific Conference with International Participation
**Conference VIVUS – Environmentalism, Agriculture, Horticulture, Food Production and Processing**
»KNOWLEDGE AND EXPERIENCE FOR NEW ENTREPRENEURIAL OPPORTUNITIES«
24th – 25th April 2013, Biotechnical Centre Naklo, Strahinj 99, Naklo, Slovenia

# Uporaba lesne biomase, alternativna priložnost soproizvodnje toplote in električne energije

**Drago Papler**
Gorenjske elektrarne, d. o. o., Biotehniški center Naklo, Slovenija,
drago.papler@gek.si, drago.papler@gmail.com

## Izvleček
Slovenija je z gozdnatostjo 58,4 % površine na tretjem mestu v Evropski uniji, za Švedsko in Finsko. Površina gozda se je v obdobju 2000–2011 povečala za 4,43 %, prav tako lesna zaloga, ki je dosegla količino 285 m³ na hektar. Letni prirastek lesa je bil leta 2012 7,10 m³ na hektar. Hitrejša rast poseka od rasti prirastka lesa se kaže v višji vrednosti intenzivnosti poseka lesa. V obdobju 2000–2011 se je izvoz lesa povečal za 253,56 %, uvoz lesa pa zmanjšal za 25,33 %. Poraba lesa in lesnih odpadkov za energetske namene narašča, v strukturi je bila leta 2008 dosežena proizvodnja 232,4 GWh oziroma 15,68 % delež obnovljivih virov. Vse proizvodne naprave na lesno biomaso (elektrarne, sosežig in soproizvodnja) so leta 2012 proizvedle 12,41 % elektrike, za kar je bilo izplačano 9,71 % sredstev državnih podpor. Elektrarne na lesno biomaso so imele povprečno ceno 136,19 EUR/MWh, elektrarne na sosežig lesne biomase pa povprečno ceno 69,21 EUR/MWh. Lesna biomasa je primerna za soproizvodnjo v parnih kotlih, uplinjena lahko zgoreva v plinskih motorjih ali turbinah. Lesna biomasa je za Slovenijo velika priložnost in še premalo izkoriščen potencial.
Obravnavamo primer kogeneracijske enote za soproizvodnjo električne energije na lesno biomaso, kjer analiziramo upravičenost odločitve za naložbo z izračunom ekonomskih kazalnikov ob različnih pogojih.

**Ključne besede:** lesna biomasa, proizvodnja električne energije, kogeneracija, soproizvodnja, naložba, ekonomski kazalniki

# Utilisation of wood biomass, alternative opportunity of combined heat and power

## Abstract
With the forest cover amounting to 58.4% of its surface, Slovenia comes third in the European Union, after Sweden and Finland. In the period 2010–2011, the forest cover increased by 4.43%, and so did wood biomass, which reached the quantity of 285 m³ per hectare. In 2012, the annual wood growth amounted to 7.10 m³ per hectare. Faster growth of felled timber in comparison to the growth of wood is reflected in the higher value of felled timber intensity. In the period 2000–

2011, the export of wood was increased by 253.56%, while the import of wood was reduced by 25.33%. Utilisation of wood and wood waste for energy purposes has been growing; in 2008, the achieved generation was 232.4 GWh or 15.68% of renewable sources. In 2012, all wood biomass generation devices (power stations, co-incineration and cogeneration) generated 12.41% of electricity, for which 9.71% of state stimulation funds were paid. The average price of wood biomass power plants was 136.19 EUR/MHw, while the average price of co-incineration power plants was 69.21 EUR/MHw. Wood biomass is suitable for cogeneration in steam boilers, and if gasified, it may burn in gas engines or turbines. Wood biomass is a great opportunity and insufficiently utilised potential in Slovenia.
We deal with a case of electricity cogeneration wood biomass-powered unit, where we analyse the justification of the decision to invest by calculating the economic indicators under different conditions.

**Key words:** wood biomass, electricity generation, cogeneration, investment, economic indicators

# 1 Uvod

Gospodarski razvoj in naš življenjski standard sta tesno povezana z energijo in energetiko. Ob vodi, zraku in hrani je energija četrti dejavnik za življenje in gospodarstvo.
Povpraševanje po električni energiji neprestano narašča in presega povpraševanje po drugih končnih dobrinah. Pri oskrbi z energijo ločimo energijo iz tradicionalnih klasičnih fosilnih virov in obnovljive vire energije.
Primarna energija je energija v naravi, ki ni bila podvržena nobeni pretvorbi ali preoblikovanju. Takšne so energija vetra, bibavična energija, geotermalna energija, hidroenergija in sončna energija. Energetski zakon opredeljuje pojem obnovljivih virov energije (OVE) kot vire energije, ki se v naravi ohranjajo in v celoti ali pretežno obnavljajo, posebej pa to velja za energijo vodotokov, vetra, neakumulirano sončno energijo, lesno biomaso, bioplin in geotermalno energijo (Papler, 2012).

# 2 Potencial lesne biomase v Sloveniji

## 2.1 Gozdnatost Slovenije, lesna zaloga in letni prirastek lesa

Slovenija je dežela gozdov, saj pokrivajo 1.184.526 hektarjev, kar je 58,4 % površine. Po gozdnatosti je Slovenija na tretjem mestu v Evropski uniji, za Švedsko in Finsko. Pretežni del slovenskih gozdov je v območju bukovih, jelovo-bukovih in bukovo-hrastovih gozdov (70 %), ki imajo razmeroma veliko proizvodno sposobnost.

V Sloveniji je 75 % gozdov v zasebni lasti, 22 % gozdov je v lasti države ter 3 % v lasti občin. Večje in strnjene gozdne posesti državnih gozdov omogočajo lažje, kakovostno, strokovno in ekonomičnejše gospodarjenje z gozdom.

V Sloveniji so gozdovi po podatkih Zavoda za gozdove Slovenije leta 2012 pokrivali 1.184.526 hektarjev površine, gozdnatost površine ozemlja Slovenije je 58,4 %. Spremembe v površini gozda spremlja tudi Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano RS v sklopu zajema in spremljanja rabe kmetijskih zemljišč; pri tem sodeluje tudi Zavod za gozdove Slovenije. Po teh podatkih obsega površina gozda 1.213.945 hektarjev ali 59,9 % celotnega ozemlja Slovenije. V zadnjih desetih letih se površina gozdov v Sloveniji povečala za 3 odstotke.

S povečanjem površine gozdov se povečuje tudi lesna zaloga. Leta 2012 je bila lesna zaloga 337.816.717 $m^3$, lesna zaloga na hektar pa 285 $m^3$ na hektar. Razmerje v strukturi lesne zaloge glede na vrsto drevja se nekoliko spreminja: listavcev je bilo 54 % in iglavcev 55 %.
Slovenija je bila v letu 2005 po količini lesne zaloge, z 275 $m^3$ na hektar gozda na petem mestu med državami članicami EU-27 z največjo lesno zalogo.
Površina gozda in letni prirastek lesa sta v obdobju 2000–2011 naraščala; površina gozda se je povečala za 4,43 %, letni prirastek pa za 20,29 %. V slovenskih gozdovih je bil leta 2012 letni prirastek 8.419.974 $m^3$ lesa ali 7,10 $m^3$ na hektar (ZGS, 2013).

V zadnjih nekaj letih se v slovenskih gozdovih poseka od 3,4 do 3,9 milijonov $m^3$ dreves letno. Leta 2012 je bilo skupno posekano 3.910.807 $m^3$ dreves, od tega 2.152.467 $m^3$ iglavcev (55,04 %) in 1.758.340 $m^3$ listavcev (44,96 %).

Hitrejša rast poseka od rasti prirastka lesa se kaže v višji vrednosti intenzivnosti poseka lesa. Intenzivnost poseka, ki izraža razmerje med posekom in prirastkom se je povečevala od 37,25 % leta 2002 do največ 48,59 % leta 2006. V obdobju 2000–2006 se je intenzivnost poseka povečala za 28 odstotnih točk, v obdobju 2000–2011 pa je bilo povečanje za 24,14 odstotnih točk.

Do leta 1999 sta izvoz in uvoz okroglega lesa v Sloveniji nihala. Od leta 1999 pa do leta 2004 je bila Slovenija neto uvoznik okroglega lesa. Potem se je v obdobju 2005–2009 izvoz okroglega lesa vsako leto povečeval, uvoza pa je bilo vsako leto manj. V strukturi uvoza v letu 2009 sta prevladovala les za celulozo in plošče ter drugi okrogel industrijski les oziroma les slabše kakovosti, in sicer s 87-odstotnim deležem (SURS, 2013).

V strukturi izvoza v letu 2009 je bilo skoraj 39 % hlodov za žago in furnir. Po podatkih zunanje trgovine je med sortimenti prevladoval izvoz hlodov iglavcev, in sicer v Avstrijo. Povečeval se je tudi izvoz lesa za kurjavo; v letu 2009 je bilo največ izvoza v Italijo. Izvoz lesa je obsegal leta 2011 1,142 milijona $m^3$, uvoz lesa pa 448.000 $m^3$ (SURS, 2013).
V obdobju 2000–2011 se je izvoz lesa povečal za 253,56 %, uvoz lesa pa zmanjšal za 25,33 %.

## 2.2 Poraba lesa za energetske namene

Poraba lesa in lesnih odpadkov za energetske namene je v obdobju 2002–2008 večinoma naraščala in dosegla z 22,17 % povečanjem leta 2008 najvišjo vrednost 3,266 milijone $m^3$ lesa. Leta 2009 se je zmanjšala za 9,08 % na količino 3,023 milijone $m^3$ lesa. Poraba lesa in lesnih odpadkov za energetske namene se je v obdobju 2000–2008 povečala za 273,56 %; v strukturi porabe je imela leta 2002 3,57 % delež, največ 15,68 % pa leta 2008.

V končno porabo lesa je vključena poraba lesa v gospodinjstvih ter v predelovalnih dejavnostih, gradbeništvu in rudarstvu s količino 2,754 milijone $m^3$ lesa (leta 2008) oziroma delež 84,32 %. Leta 2009 je bila končna poraba lesa in lesnih odpadkov 3,36 % manjša s količino 2,667 milijone $m^3$ lesa.

Proizvodnja električne energije je v obdobju 2000–2009 nihala. Indeks s stalno osnovo – *It* proizvodnje električne energije na generatorju je 117,85, za proizvodnjo električne energije na pragu elektrarn 117,21, za končno porabo električne energije 119,27 in za rabo električne energije 120,25. Indeks s stalno osnovo – *It* za obnovljive vire energije v obdobju 2000–2007 je bil 125,62, za obdobje 2000–2009 pa se je znižal na vrednost 99,28. V obdobju 2002–2009 je bil indeks s stalno osnovo – *It* za obnovljive vire energije iz lesa in druge trdne biomase 142,72. (Papler, 2013).

Ciljna vrednost deleža električne energije OVE v bruto rabi električne energije je za Slovenijo določena 33,6 %. Ta cilj je bil presežen leta 2009 za 3,17 % z vrednostjo 36,77 %, ostala leta pa ni bila dosežena vrednost zavezujočega cilja za leto 2020. Leta 2010 je bil delež električne energije OVE v bruto rabi električne energije 3,06 % in leta 2011 26,20 %.

Električna energija proizvedena iz proizvodnih virov lesa in druge trdne biomase se je od leta 2002 s količine 83,8 GWh povečala za 42,72 % na količino 119,6 GWh. V delež OVE je doprinesla od 0,50 % (leta 2006) do 0,90 % (leta 2009). Največja dosežena vrednost električne energije proizvedene iz proizvodnih virov lesa in druge trdne biomase je bila 232,4 GWh (leta 2008) oziroma 1,57 % (Papler, 2013).

Struktura končne porabe za les in drugo trdno biomaso v Sloveniji je imela v obdobju 2000–2011 največji delež v gospodinjstvih od 73,99 % (leta 2005) do 87,84 % (leta 2011).

# 3 Spodbude

Spodbude določata Uredba o podporah električni energiji, proizvedeni iz obnovljivih virov energije (Ur. l. RS, št. 37/2009, št. 53/2009, št. 68/2009, št. 76/2009, št. 17/2010, št. 94/2010, št. 105/2011, št. 43/2012 in št. 90/2012 ) in Uredba o podporah električni energiji, proizvedeni

soproizvodnji toplotne in električne energije z visokim izkoristkom (Ur. list RS št. 37/2009, št. 53/2009, št. 68/2009, št. 17/2010 in št. 81/2010).

## 3.1 Zagotovljene cene za proizvodnjo električne energije iz elektrarn na lesno biomaso

Zagotovljene cene za proizvodnjo električne energije iz elektrarn na lesno biomaso so se v obdobju 2002–2012 povečale za 162,1 %. Proizvodnja električne energije iz naprav na lesno biomaso je dobila spodbude med letoma 2004 in 2006 za 27,2 % povečanje odkupne cene, z novo metodologijo pa med letoma 2008 in 2009 pa 155,2 % povečanje cene. V enotni ceni je delež subvencije za električno energijo proizvedeno na lesno biomaso do leta 2005 predstavljal polovico, z novo uredbo leta 2009 pa se je povečala na 64,3 %.

## 3.2 Primerjava cen električne energije iz elektrarn na lesno biomaso in cene električne energije za gospodinjstvo

V primerjavi s ceno značilne porabniške skupine za gospodinjstvo *Dc* (letna poraba 3500 kWh, od tega mala tarifa 1300 kWh, moč 7 kW, brez davkov) so bile dosežene najvišje cene soproizvodnji na lesno biomaso, ki so od 1,48 do 2,87-krat večje, pri elektrarnah na lesno biomaso pa 2,12-krat večje (Papler, 2013).

## 3.3 Primerjava cen električne energije iz elektrarn na lesno biomaso in cene električne energije za industrijo

Realne zagotovljene cene električne energije za proizvodne vitre OVE in URE so leta 2010 v primerjavi s cenami električne energije za industrijo, standardne porabniške skupine *Ic* .
Januarja 2013 so bila najvišja razmerja pri soproizvodnji toplote in električne energije na lesno biomaso in sicer v primerjavi z realno ceno električne energije za industrijo *Ic* za 1,75-krat večje pri SPTE na lesno biomaso do 50 kW nad 4000 obratovalnih ur, za 2,33-krat večje pri SPTE na lesno biomaso do 50 kW do 4000 obratovalnih ur, za 2,34-krat večje pri SPTE na lesno biomaso moči do 1 MW nad 4000 obratovalnih ur, za 2,51-krat večje pri elektrarnah na lesno biomaso in za 3,40-krat večje pri SPTE na lesno biomaso moči 1 MW do 4000 obratovalnih ur (Papler, 2013).
Z vidika cenovnih razmerij postaja vse bolj zanimiva proizvodnja električne energije pri soproizvodnji in proizvodnja električne energije v elektrarnah na lesno biomaso.

# 4 Obseg elektrarn na lesno biomaso

## 4.1 Število elektrarn na lesno biomaso

Elektrarne na lesno biomaso so imele po številu konec leta 2012 0,2 % delež med obnovljivimi viri in 0,2 % delež med obnovljivimi viri in soproizvodnjo.

Od leta 2010 so se elektrarne na lesno biomaso povečale za 150 %.
Deleži glede na število izdanih dekleracij posameznih vrst proizvodnih naprav OVE in URE, stanje na dan, 31.12.2012 (%) kažejo, da ima lesna biomasa elektrarne na lesno biomaso 0,2 % …

## 4.2 Instalirana moč elektrarn na lesno biomaso

Po podatkih registra dekleracij proizvodnih naprav iz obnovljivih virov energije in soproizvodnje z visokim izkoristkom je bila leta 2009 vpisana v register naprava za sosežig lesne biomase (delež 5 – 90 %) z instalirano močjo 113.000 kW, leta 2010 pa elektrarne na lesno biomaso z

instalirano močjo 10.642 kW, leta 2011 elektrarna na biomaso z instalirano močjo 540 kW, leta 2012 pa elektrarna na lesno biomaso z instalirano močjo 564 kW.

Konec leta 2012 je bilo vpisano v register dekleracij proizvodnih naprav s področja lesne biomase: elektrarne na lesno biomaso z instalirano močjo 11.764 kW in za naprave za sosežig lesne biomase (delež 5 – 90 %) z instalirano močjo 113.000 kW.

Elektrarne na lesno biomaso so imele leta 2010 1,4 % delež med obnovljivimi viri, leta 2011 1,1 % delež in leta 2012 0,9 % delež med obnovljivimi viri energije, pa tudi v skupnem deležu z upoštevanjem soproizvodnje (Papler, 2013).

Po podatkih izdanih dekleracij za proizvodne naprave iz obnovljivih virov energije in soproizvodnje z visokim izkoristkom so po instalirani moči konec leta 2012 imele elektrarne na lesno biomaso 0,9 % delež, naprave na sosežig lesne biomase pa 8,5 % delež. V Sloveniji je bila januarja 2013 izdana dekleracija za soproizvodnjo ORC ESOL z instalirano močjo 950 kW. Skupno obratuje sedem elektrarn na lesno biomaso z instalirano močjo 12.696 kW, oziroma s povprečno instalirano močjo 1.813,7 kW. V skupini sosežig lesne biomase je z močjo 113.000 kW naprava v TE-TOL Ljubljana.

Desetino proizvodnje električne energije so leta 2011 zagotavljale elektrarne na lesno biomaso s 94.011.276 kWh in leta 2012 43.247.847 kWh, kar je predstavljalo 6,64 % delež.
Elektrarne na sosežig lesne biomase nad 5 % so imele leta 2012 5,65 % delež proizvodnje s 36,802 GWh električne energije.
Izračun po končnih podatkih za leto 2011 v Sloveniji kaže delež proizvodnje električne energije iz obnovljivih virov energije in v soproizvodnji z visokim izkoristkom, kjer imajo največji 38,15 % delež hidroelektrarne, 30,35 % delež proizvodne naprave SPTE na fosilna goriva, 13,42 % delež elektrarne na bioplin, 9,97 % delež elektrarne na lesno biomaso, 5,31 % delež sončne elektrarne, 2,76 % delež elektrarne na komunalne odpadke, do 0,01 % delež pa proizvodne naprave SPTE na lesno biomaso in naprave za sosežig lesne biomase.

V letu 2012 je bil delež proizvedene električne energije iz elektrarn OVE 69,66 %, iz elektrarn SPTE pa 30,34 %. Elektrarne na lesno biomaso so proizvedle s 6,64 %, naprave za sosežig lesne biomase 5,65 % in proizvodne naprave SPTE na lesno biomaso 0,13 %.

Vse elektrarne, ki uporabljajo lesno biomaso (elektrarne na lesno biomaso, sosežig lesne biomase in soproizvodnja na lesno biomaso) so proizvedle skupno 12,41 % električne energije, ki je vključena v sistem podpor.

# 5 Bilanca podporne sheme za proizvodne naprave iz lesne biomase

## 5.1 Proizvodnja električne energije iz proizvodnih naprav iz lesne biomase

Tabela 1: Proizvedena električna energija iz proizvodnih naprav OVE in SPTE na lesno biomaso leta 2011 in 2012 (kWh)

| ***Št.*** | ***Vrsta proizvodnih naprav*** | ***Leto 2011*** | | ***Leto 2012*** | | ***Indeks 2012/11*** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ***Količina (kWh)*** | ***Delež (%)*** | ***Količina (kWh)*** | ***Delež (%)*** | |
| 1. | Elektrarne na lesno biomaso | 94.011.276 | 9,97 | 43.247.847 | 6,64 | 46,00 |
| 2. | Sosežig lesne biomase nad 5 % | 0 | 0 | 36.801.732 | 5,65 | 0 |
| ***Skupaj elektrarne OVE*** | | ***656.949.200*** | ***69,65*** | ***453.784.636*** | ***69,66*** | ***69,07*** |
| 1. | Proizvodne naprave SPTE na lesno biomaso | 66.391 | 0,01 | 817.648 | 0,13 | 1.231,56 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| ***Skupaj elektrarne SPTE*** | ***286.304.458*** | ***30,35*** | ***197.602.577*** | ***30,34*** | ***69,02*** |
| ***Skupaj OVE in SPTE*** | ***943.253.658*** | ***100,0*** | ***651.387.213*** | ***100,0*** | ***69,06*** |

Vir: podatki Ministrstvo za infrastrukturo in prostor RS, 23.3.2013,
dodatni izračuni Drago Papler.

Desetino proizvodnje električne energije so leta 2011 zagotavljale elektrarne na lesno biomaso s 94.011.276 kWh in leta 2012 43.247.847 kWh, kar je predstavljalo 6,64 % delež.
Elektrarne na sosežig lesne biomase nad 5 % so imele leta 2012 5,65 % delež proizvodnje s 36,802 GWh električne energije (tabela 1).

## 5.2 Namenjena sredstva iz podporne sheme za proizvodne naprave iz lesne biomase

Iz podporne sheme za OVE in SPTE je bilo leta 2009 izplačano za podpore 22,737 milijonov EUR, leta 2010 pa 48,588 milijonov EUR, kar je 113,7 % več. Za električno energijo iz kogeneracijskih naprav (SPTE) z visokim izkoristkom je bilo namenjenih 12,98 milijonov EUR (26,72 %), za električno energijo iz OVE pa 35,608 milijonov EUR (73,28 %) (slika 1). Trend višanja izplačil podpor se je nadaljeval tudi v letu 2011, ko je bilo kljub nekoliko nižji skupni količini proizvedene električne energije izplačanih 43,0 % več podpor v znesku 69,505 milijonov EUR in za leto 2012 po podatkih 89,392 milijonov EUR, kar je 28,6 % več kot predhodno leto (tabela 2).

Tabela 2: Vrednosti in deleži izplačanih sredstev za podpore proizvedene električne energije iz proizvodnih naprav OVE in SPTE na lesno biomaso za leto 2011 in leto 2012

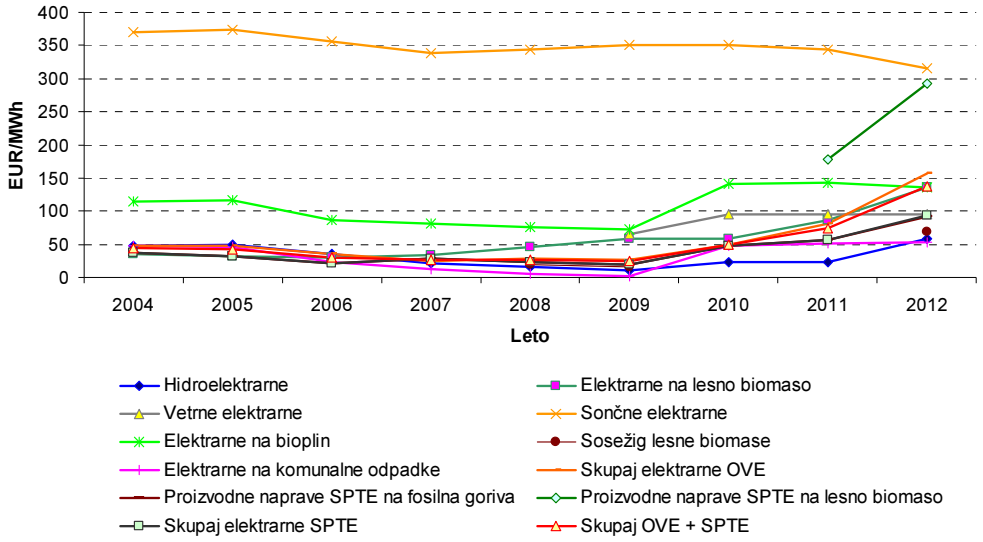
| ***Št.*** | ***Vrsta proizvodnih naprav*** | ***Leto 2011*** | | ***Leto 2012*** | | ***Indeks 2012/11*** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ***Vrednost (EUR)*** | ***Delež (%)*** | ***Vrednost (EUR*** | ***Delež (%)*** | |
| 1. | Elektrarne na lesno biomaso | 8.195.881 | 11,79 | 5.889.805 | 6,59 | 55,88 |
| 2. | Sosežig lesne biomase nad 5 % | 0 | 0 | 2.547.048 | 2,85 | … |
| ***Skupaj elektrarne OVE*** | | **53.241.698** | **76,60** | **71.007.453** | **79,43** | **103,70** |
| 1. | Proizvodne naprave SPTE na lesno biomaso | 11.860 | 0,02 | 239.178 | 0,27 | 1.568,04 |
| ***Skupaj elektrarne SPTE*** | | **16.263.765** | **23,40** | **18.384.525** | **20,57** | **87,89** |
| ***Skupaj OVE in SPTE*** | | **69.505.463** | **100,0** | **89.391.978** | **100,0** | **100,0** |

Vir: podatki Ministrstvo za infrastrukturo in prostor RS, 23.3.2013,
dodatni izračuni Drago Papler.

Od vseh izplačanih subvencij je bilo za podpore za proizvodnjo električne energije iz obnovljivih virov energije izplačano 73,28 % leta 2010, 76,60 % leta 2011 in 79,43 % leta 2012.

Za proizvedeno električno energijo iz elektrarn na lesno biomaso je bilo leta 2011 izplačano 8,196 milijona EUR (11,79 % vseh podpor), leta 2012 pa 5,890 milijona EUR (6,59 % vseh podpor). Za proizvodnjo električne energije v sosežigu lesne biomase je bilo leta 2012 izplačano 2,547 milijona EUR (2.85 % vseh podpor). Za proizvodne naprave soproizvodnje na lesno biomaso je bilo leta 2009 izplačano 11.860 EUR, leta 2012 pa 239.178 EUR (0,27 % vseh podpor).

Elektrarne na lesno biomaso so dobile iz podporne sheme izplačano 11,96 % sredstev leta 2010, 11,79 % leta 2011 in 6,59 % izplačanih sredstev leta 2012. Proizvodne naprave na sosežig lesne biomase so imele delež 2,58 % izplačanih sredstev leta 2012. Proizvodne naprave SPTE na lesno biomaso so imele delež 0,27 % izplačanih sredstev leta 2012.
Vse elektrarne, ki uporabljajo lesno biomaso (elektrarne na lesno biomaso, sosežig lesne biomase in soproizvodnja na lesno biomaso) so iz sistema podpor dobile skupno 9,71 % izplačanih sredstev.




Slika 1: Državna podpora za proizvodne naprave električne energije 2004–2012 (EUR/MWh)
Vir: podatki Ministrstvo za infrastrukturo in prostor RS, 23.3.2013, izračuni Drago Papler

## 5.3 Povprečna cena električne energije iz naprav lesne biomase

V obdobju 2011–2012 so se povprečne cene za. elektrarne na lesno biomaso so imele povprečno ceno višjo za 56,21 %. Vse proizvodne naprave za soproizvodnjo toplotne in električne energije so imele v povprečju višjo ceno za 63,78 %, soproizvodnja na lesno biomaso za 63,75 % in soproizvodnja na fosilna goriva za 62,40 %.

Na drugem mestu so proizvodne naprave SPTE na lesno biomaso s povprečno ceno 292,52 EUR/MWh (leta 2011 178,64 EUR/MWh).
Elektrarne na lesno biomaso so imele povprečno ceno 136,19 EUR/MWh (leta 2011 87,18 EUR/MWh). Elektrarne na sosežig lesne biomase so imele povprečno ceno 69,21 EUR/MWh.

Statistični izračuni proizvodnje električne energije, izplačanih podpor in povprečnih cen proizvodnih naprav na lesno biomaso v Sloveniji v obdobju 2004–2012 so prikazani v tabeli 3.

Tabela 3: Izračuni proizvodnje, podpor in povprečne cene za električno energijo proizvodnih virov na lesno biomaso v Sloveniji, v obdobju 2004–2012

| ***Leto / Proizvodni viri*** | ***2004*** | ***2005*** | ***2006*** | ***2007*** | ***2008*** | ***2009*** | ***2010*** | ***2011*** | ***2012*** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | **Elektrarne na lesno biomaso (1)** | | | | | | | | |
| Proizvodnja (MWh) | 21.954,2 | 20.994,8 | 20.720,3 | 42.562,4 | 168.445,8 | 97.944,0 | 100.756,1 | 94.011,3 | 43.635,1 |
| Delež kWh (%) | 3,64 | 3,49 | 3,44 | 7,07 | 27,96 | 16,26 | 16,73 | 15,61 | 7,18 |
| Vrednost izplačanih podpor (EUR) | 781.040 | 681.645 | 612.583 | 1.421.478 | 7.645.752 | 5.656.776 | 5.812.120 | 8.195.881 | 5.889.805 |
| Delež v izplačanih podporah (%) | 2,95 | 2,99 | 3,24 | 7,55 | 30,14 | 24,88 | 11,96 | 11,79 | 6,59 |
| Povprečna cena (EUR/MWh) | 35,58 | 32,47 | 29,56 | 33,40 | 45,39 | 57,76 | 57,69 | 87,18 | 133,63 |
| Indeks s stalno osnovo – *It* za | 100,00 | 91,26 | 83,10 | 93,88 | 127,59 | 162,34 | 162,15 | 245,05 | 382,81 |

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| povprečno ceno | | | | | | | | | |
| Verižni indeks – *Vt* za povprečno ceno | | 91,26 | 91,06 | 112,96 | 135,91 | 127,24 | 99,88 | 151,13 | 156,21 |
| ***Proizvodni viri*** | ***Sosežig lesne biomase od 5 % do 90 % (2)*** | | | | | | | | |
| Proizvodnja (MWh) | 0 | 0 | 0 | 0 | 8.773,3 | 6.403,4 | 0 | 0 | 36.801,7 |
| Delež kWh (%) | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 1,46 | 1,06 | 0,00 | 0,00 | 6,11 |
| Vrednost izplačanih podpor (EUR) | 0 | 0 | 0 | 0 | 164.060 | 104.504 | 0 | 0 | 2.547.048 |
| Delež v izplačanih podporah (%) | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,65 | 0,46 | 0,00 | 0,00 | 2,85 |
| Povprečna cena (EUR/MWh) | | | | | 18,70 | 16,32 | | | 69,21 |
| Indeks s stalno osnovo – *It* za povprečno ceno | | | | | 100,00 | 87,27 | 0,00 | 0,00 | 370,11 |
| Verižni indeks – *Vt* za povprečno ceno | | | | | | 87,27 | 0,00 | | |
| ***Proizvodni viri*** | ***SPTE na lesno biomaso (3)*** | | | | | | | | |
| Proizvodnja (kWh) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 66.391 | 817.648 |
| Delež kWh (%) | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,14 |
| Vrednost izplačanih podpor (EUR) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 11.860 | 239.178 |
| Delež v izplačanih podporah (%) | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,02 | 0,27 |
| Povprečna cena (EUR/MWh) | | | | | | | | 178,64 | 292,52 |
| Indeks s stalno osnovo – *It* za povprečno ceno | | | | | | | | 100,00 | 163,75 |
| Verižni indeks – *Vt* za povprečno ceno | | | | | | | | | 163,75 |
| ***Proizvodni viri*** | ***Proizvodne naprave na lesno biomaso (skupaj 1 + 2 + 3)*** | | | | | | | | |
| Proizvodnja (MWh) | 21.954,2 | 20.994,8 | 20.720,3 | 42.562,4 | 177.219,1 | 104.347,4 | 100.756,1 | 94.077,7 | 80.867,2 |
| Delež kWh (%) | 3,64 | 3,49 | 3,44 | 7,07 | 29,42 | 17,32 | 16,73 | 15,62 | 13,42 |
| Vrednost izplačanih podpor (EUR) | 781.040 | 681.645 | 612.583 | 1.421.478 | 7.809.813 | 5.761.280 | 5.812.120 | 8.207.741 | 8.676.032 |
| Delež v izplačanih podporah (%) | 2,95 | 2,99 | 3,24 | 7,55 | 30,79 | 25,34 | 11,96 | 11,81 | 9,71 |
| Povprečna cena (EUR/MWh) | 35,58 | 32,47 | 29,56 | 33,40 | 44,07 | 55,21 | 57,69 | 87,24 | 107,29 |
| Indeks s stalno osnovo – *It* za povprečno ceno | 100,00 | 91,26 | 83,10 | 93,88 | 123,87 | 155,20 | 162,15 | 245,23 | 301,57 |
| Verižni indeks – *Vt* za povprečno ceno | | 91,26 | 91,06 | 112,96 | 131,95 | 125,29 | 104,48 | 151,24 | 122,97 |

Vir: podatki Ministrstvo za infrastrukturo in prostor RS, 23.3.2013, dodatni izračuni Drago Papler

# 6 Tehnološki razvoj sistemov na lesno biomaso

## 6.1 Soproizvodnja toplote in električne energije

Kogeneracijske naprave imajo s soproizvodnjo toplotne in električne energije (SPTE) proces hkratnega pretvarjanja energije goriva v toplotno in električno energijo (TZS, 2008). Smiselna je sočasna proizvodnja toplote in električne energije, če obstajajo stalni in velikostno zanimivi porabniki, ki imajo odjem toplote v primerni in sprejemljivi oddaljenost, da jih oskrbujemo z ostankom toplote po proizvodnji elektrike (Novak, Medved, 2000).

Za proizvodnjo električne energije uporabimo generator, ki ga poganja parna ali plinska turbina ali pa plinski motor. Toploto, ki se sprošča pri zgorevanju goriva, zajamemo in jo koristno

uporabimo v sistemu daljinskega ogrevanja, za procese v industriji ali v večjih poslovnih objektih in javnih zgradbah (Kupčič, 2006).

Najbolj razviti sta soproizvodnja v industriji in soproizvodnja povezana s sistemi za daljinsko ogrevanje, v razvoju pa so manjši sistemi za soproizvodnjo v javnih stavbah in za mikro soproizvodnjo (Šolinc, Staničić, 2002).
S soproizvodnjo električne energije dosežemo manjšo obremenitev okolja kot z ločeno proizvodnjo. S proizvodnjo električne energije na mestu porabe, se poveča zanesljivost oskrbe končnih porabnikov in zmanjšujejo izgube pri prenosu in distribuciji električne energije, kar prav tako ugodno vpliva na zmanjšanje celotnih škodljivih vplivov proizvodnje električne energije. Soproizvodnja prinaša okoljske prihranke primarne energije in z zmanjšanjem emisij $CO_2$ v ozračje.

Obstajajo različne tehnologije uporabne za fosilna goriva in za obnovljive vire energije s sistemi za soproizvodnjo s plinskimi turbinami, sistemi za soproizvodnjo s parnimi turbinami, sistemi za soproizvodnjo s kombiniranim plinsko-parnim ciklom, kogeneracijski sistemi s plinskimi motorji, z gorivnimi celicami, mikro soproizvodnjo in trigeneracijo.
Lesna biomasa je primerna za soproizvodnjo v parnih kotlih, uplinjena lahko zgoreva v plinskih motorjih ali turbinah. Lesna biomasa je za Slovenijo velika priložnost in še premalo izkoriščen potencial.

Najpomembnejši so ekološki učinki, ki sledijo manjši porabi fosilnih goriv na račun večje izrabe biomase. Prvi učinek je zmanjšanje emisij toplogrednih plinov, ki resno ogrožajo in najverjetneje botrujejo klimatskih spremembam. Še pomembnejše je zmanjšanje emisij ogljikovega dioksida ($CO_2$), saj je biomasa nevtralna(Biomasa 2013 ).

## 6.2 Primer soproizvodnje toplote in električne energije

Obravnavamo primer soproizvodnje z lesno biomaso.
Analiziramo obstoječo mesečno dinamiko porabe energenta za ogrevanje objekta. V uporabi je ekstra lahko kurilno olje (ELKO). Največ kurilnega olja uporabnik porabi v zimskih mesecih (december – februar) in malo v poletnih mesecih oziroma izven izven ogrevalne sezone. Analiziramo stroške za dobavljen energent za ogrevanje in stroške za porabo električne energije. Največ električne energije je bilo porabljeno v zimskem času (december – februar).

Na podlagi analize pridobljenih podatkov iz sedanjega stanja določimo potrebne dimenzije kogeneracijskega sistema. Pri obravnavani študiji primera smo se v 1. fazi odločili, da sistem ne bo zamenjal starega, ampak je zasnovan tako, da bo stara peč na ekstra lahko kurilno olje (ELKO) služila kot pomožni sistem v primeru povečane potrebe po toplotni energiji v zimskem času. V poletnih mesecih, kadar kogeneracija tri mesece ne bo delovala, pa bo peč na ELKO služila za ogrevanje sanitarne vode.

Model soproizvodnje je zasnovan tako, da bo obratoval 9 mesecev v letu, kar pomeni 6500 obratovalnih ur. Skupna nazivna moč kotla SD4-E proizvajalca Stirling DK iz Danske znaša 175 kW, od tega je nazivna električna moč 35 kW, kar je 17,8 % skupnega izkoristka, nazivna toplotna moč pa je 140 kW, kar je 71,4 % skupnega izkoristka. Skupni izkoristek sistema je 89,2 %, saj so izgube zaradi prenosa toplotne energije zelo majhni. Vhodna moč kotla znaša 200 kW. Poraba sekancev je odvisna od vsebnosti vlage v lesu, zato je določena na povprečno vrednost 75 kg/h. Življenjska doba takšnega sistema je po referencah proizvajalca 15 let (100.000 ur)(Pavšič, 2012).

Celotna vrednost investicije je ocenjena glede na referenčne objekte. V strukturi stroškov je upoštevana zasnova projekta (2 % investicije), opredelitev projekta 8 % investicije) in tehnična izvedba projekta (90 % investicije).

V tehnični del izvedbe projekta je vključena enota soproizvodnje toplote in električne energije (SPTE), zalogovnik in gradbeni stroški, instalacije, priključno merilno mesto, komunikacijske povezave, priključek na distribucijsko omrežje in projektna dokumentacija. Vrednost investicije je 300.000 EUR, financiramo jo 40 % iz lastnih sredstev, 60 % s kreditom.
Proizvodnja električne energije je izračunana za 6500 obratovalnih ur in instalirano moč električnega dela enote SPTE 35 kW. Predvidena proizvodnja električne energije je 227.500 kWh letno.

Po napovedi položaja proizvodnih naprav na obnovljive vire energije in soproizvodnjo z visokim izkoristkom na trgu z električno energijo za leto 2013 (Borzen, 2013) je zagotovljena cena za male proizvodne naprave SPTE na lesno biomaso velikosti do 1 MW in obratovanje več kot 4000 obratovalnih ur na leto 235,15 EUR/MWh, obratovalna podpora pa 188,54 EUR/MWh. Subvencija je za soproizvodnjo zagotovljena 10 let, za nadaljnja leta pa se upošteva za izračun prihodkov le cena energije. Z izgradnjo soproizvodnje je prihranek z vidika prejšnje porabe kurilnega olja.

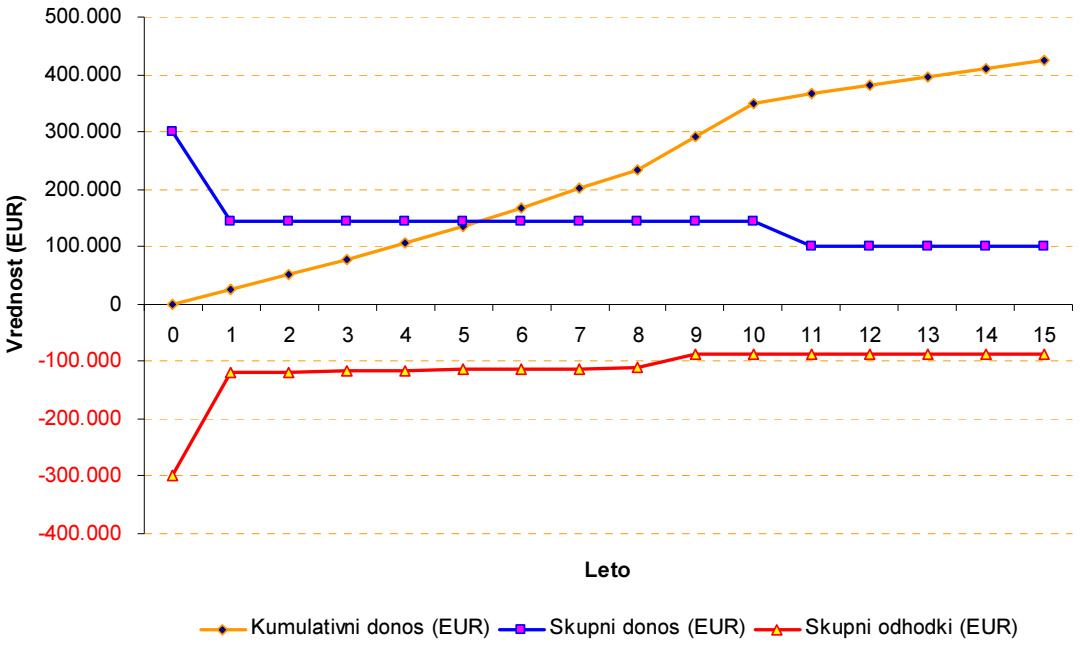
Pri odhodkih upoštevamo stroške sekancev za čas obratovanja soproizvodnje, nakup elektrike za oskrbo objekta v višini prejšnjega stroška od dobavitelja, stroške zavarovanja, vzdrževanja, komunikacije in periodičnih meritev.

# 7 Ekonomika naložbe

## 7.1 Ekonomska upravičenost naložbe

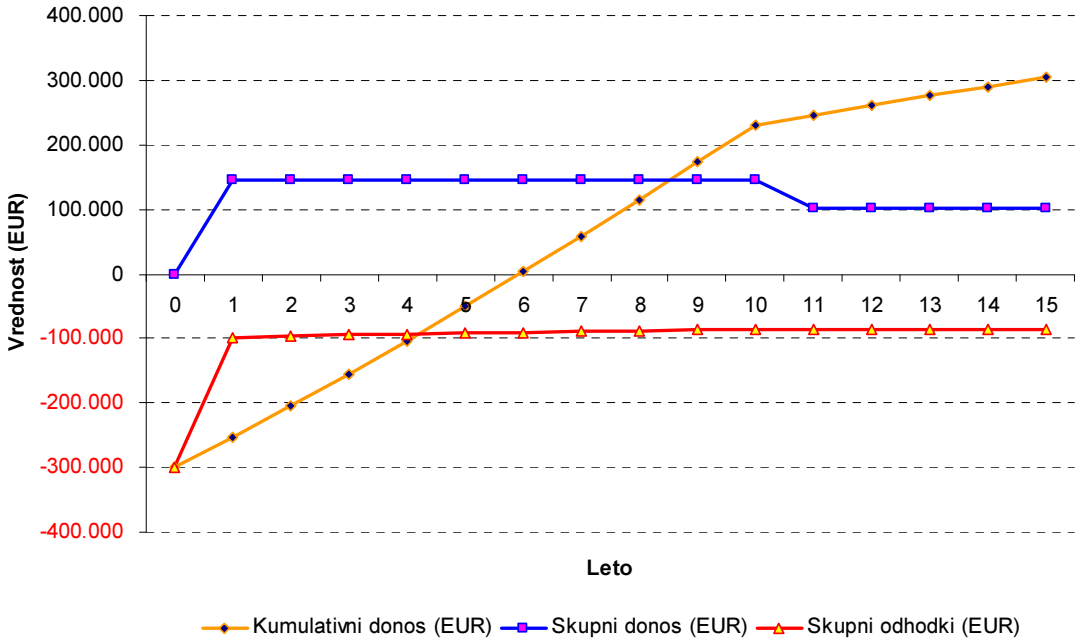
Ekonomsko upravičenost naložbe preverimo z izračunom ekonomskih kazalnikov.

Skupni denarni tok zajema vse donose in odhodke, tudi lastna in tuja sredstva v življenjski dobi projekta. Likvidnost projekta: vsota donosov in odhodkov mora biti vedno pozitivna (slika 2).




Slika 2: Skupni denarni tok in likvidnost projekta soproizvodnje na lesno biomaso

Realni denarni tok pomeni vse donose in odhodke s stališča investitorja v življenjski dobi projekta. Doba vračanja naložb je čas, ko vsota neto prilivov iz realnega denarnega toka pokrije naložbena sredstva. V našem primeru je v šestem letu (slika 3).




Slika 3: Realni denarni tok in doba vračanja naložb projekta soproizvodnje na lesno biomaso

Interno diskontno stopnjo (ISD) izračunamo s postopkom diskontiranja in metodo interpolacije. Poleg tega metodo lahko uporabimo za oceno učinkovitosti projekta z vidika družbe in vidika investitorja. Iz izračuna lahko vidimo, da nam projekt prinaša dobiček – realne prihranke. Interna stopnja donosnosti je 12,97 %.

Z oceno naložb se priporočajo kazalniki učinkovitosti in uspešnosti in sicer: kazalnik ekonomičnosti (1,042), kazalnik rentabilnosti investicijskih naložb (13,92 %) in kazalnik rentabilnost vlaganj (3,19 %).

Tabela 4: Ekonomski kazalci soproizvodnje na lesno biomaso

| ***Ekonomski kazalci*** | ***SPTE na lesno biomaso*** | ***SPTE na lesno biomaso pri 10 % višji naložbi*** | ***SPTE na lesno biomaso pri 10 % nižjih cenah električne energije*** |
|---|---|---|---|
| Naložba (EUR) | 300.000 | 330.000 | 300.000 |
| Enostavna doba vračanja sredstev *EVS* (let) | 5,66 | 5,23 | 6,29 |
| Neto sedanja vrednost – *NSV* (EUR)* | 145.532,92 | 114.754,45 | 90.005,25 |
| Interna stopnja donosnosti – *ISD* (%) | 12,97 | 10,80 | 10,09 |
| Kazalnik gospodarnosti ali ekonomičnosti – *E* | 1,042 | 1,011 | 1,001 |
| Kazalnik donosnosti naložb – *D* (%) | 13,92 | 3,73 | 0,36 |
| Kazalnik donosnosti odhodkov – *Do* (%) | 4,19 | 1,09 | 0,11 |

* pri diskontni stopnji 5 %, ostali pri 10 %

V ocenah tveganja lahko pričakujemo večjo negotovost pri spremembah odkupnih cen električne energije v delu subvencioniranja, ki se nanaša na premijo za proizvedeno električno energijo.

V nadaljevanju ocenimo tveganja pri 10 % povečanju investicije oziroma zmanjšanje dohodka iz naslova prodaje električne energije za 10 %. Pri 10 % višji naložbi se ISD zniža za 2,17 %, pri 10 % nižjih cenah električne energije pa se ISD zniža za 2,90 % (tabela 4).

## 7.2 Ekonomski učinki z upoštevanjem družbenih koristi

Za izračun ekonomskih kazalnikov učinkovitosti projekta upoštevamo družbeno koristno naložbo, ki jo ovrednotimo z doseženimi cenami emisijskih kuponov in realne prognoze napovedi za izračun družbenih koristi s proizvodnjo zelene elektrike s prikazom zmanjševanja emisij $CO_2$.

Družbene prihranke ponazorimo s prihranki zmanjšanih emisij $CO_2$. V izračunih upoštevamo cene emisijskih kuponov $CO_2$ 25 EUR/t $CO_2$ po drugem scenariju strategije TEŠ 6. Višja kot je cena kuponov $CO_2$, večji so prihranki in lažje se povrne investicija (Papler, Bojnec, 2011).

Pri konkretnem primeru enote soproizvodnje na lesno biomaso je pri proizvodnji 227.000 kWh okoljski prihranek 113,75 t zmanjšanja emisij $CO_2$. Z vidika lesne biomase smo opisali (Papler, 2013) več alternativ za ovrednotenje družbenih koristi z vidika prihranka emisij $CO_2$ pri drevju v gozdovih in pri obdelanem lesu, kjer je dodana vrednost v večjem učinku okoljskih prihrankov.

# 8 Zaključek

Gozd nam daje lesno biomaso, ki ji moramo dati večjo veljavo in pomen v gospodarskem razvoju. Kot obnovljiv vir energije je lesna biomasa trajnostna, s sodobnimi tehnologijami energetsko učinkovita in gospodarna za uporabo.

Les ima pomembno vlogo v boju proti podnebnim spremembam. Drevesa zmanjšujejo emisije ogljikovega dioksida ($CO_2$) v ozračju. Les je pomemben kot vir pri zagotavljanju toplotne energije za kar je z razvojem sodobnih tehnologij na voljo vse več učinkovitih klasičnih sistemov in inteligentni sistemi na uplinjanje lesne biomase.

Lesna biomasa je primerna za soproizvodnjo v parnih kotlih, uplinjena lahko zgoreva v plinskih motorjih ali turbinah.
V študiji primera smo obravnavali primer kogeneracijske enote za soproizvodnjo električne energije na lesno biomaso, kjer smo analizirali upravičenost odločitve za naložbo z izračunom ekonomskih kazalnikov ob različnih pogojih.

Lesna biomasa je za Slovenijo velika priložnost in še premalo izkoriščen potencial z vidika oživitve razvoja in napredka domače lesno–predelovalne industrije, ki bi dala nova delovna mesta, pri izdelkih iz lesa dodano vrednost in pri ostankih lesa alternativo za izrabo v energetske namene.

# Literatura in viri


Akt o določitvi prispevka za zagotavljanje podpor proizvodnji električne energije v soproizvodnji z visokim izkoristkom in iz obnovljivih virov energije, *Ur. list RS, št. 4/2013.*
Biomasa 2013 http://www.aure.gov.si/eknjiznica/IL13-biomamsa.pdf (28.3.2013) Ogrevanje s sodobnimi kotli na lesno biomaso.
Bizjak, F. *Tehnološki in projektni management.* Nova Gorica: Grafika Soča, 1996.
Borzen, 2013. *Določanje višine podpor električni energiji proizvedeni iz OVE in SPTE in višine podpor v letu 2013** za elektrarne, ki vstopijo v sistem podpor, opredeljen v Energetskem zakonu (3.1.2013).
Borzen, 2013 http://www.borzen.si/si/cp/Shared%20Documents/Podpore_slo.pdf (29.3.2013)
EPOS, 2012 http://www.energetika-portal.si (27.3.2013)
JARSE, 2013 http://www.agen-rs.si (27.3.2013)
Kupčič, I. *Sistemi soproizvodnje na bazi uplinjanja lesne biomase*. Maribor, 2006.
Novak, P. in Medved, S. *Energija in okolje. Izbira virov in tehnologij za manjše obremenjevanje okolja*. Ljubljana: Svet za varstvo okolja Republike Slovenije, 2000.
Pavšič, A. *Ekonomska upravičenost izgradnje sistema soproizvodnje toplotne in električne energije z lesno biomaso na primeru Doma upokojencev Tolmin. Diplomsko delo*. Mentor: Drago Papler. Nova Gorica: Poslovno-tehniška fakulteta, Univerza v Novi Gorici, 2012.
Papler, D. Interna stopnja donosnosti, kriterij ekonomskega optimiranja elektroenergetske infrastrukture z vidika gospodarskega inženirstva. *Sedma konferenca slovenskih elektroenergetikov, Velenje, 30. maja do 3. junija 2005. Zbornik CIRED*. Ljubljana: Društvo CIGRE–CIRED, 2005, str. 6-29 - 6-34, 2005.
Papler, D. *Primerjava razvojnih učinkov obnovljivih virov energije, magistrsko delo*, Poslovno-tehniška fakulteta, Univerza v Novi Gorici, Nova Gorica, 2008.
Papler, Drago. *Osnove uporabe solarnih toplotnih in fotonapetostnih sistemov*. Ljubljana: Energetika marketing, 2012.
Papler, Drago. *Osnove uporabe lesne biomase.* Ljubljana: Energetika marketing, april 2013.
Papler D. in Bojnec Š. Ozaveščanje in promocija trajnostnega razvoja energetike in uporabe obnovljivih virov energije. *IB revija* 44 (2): 57–66, 2010.
Papler D. in Bojnec Š. *Deregulacija cen, tržne strukture in učinki na trgu električne energije,* (Znanstvene monografije Fakultete za management Koper). Koper: Fakulteta za management, 2011.

Papler D. in Bojnec Š. *Distribucija, potrošnja in ekološko osveščena proizvodnja električne energije*, (Znanstvene monografije Fakultete za management Koper). Koper: Fakulteta za management, 2011.
Papler in Bojnec Š. *Naložbe trajnostni razvoj energetike*, (Znanstvene monografije Fakultete za management Koper). Koper: Fakulteta za management, 2012.
SURS, 2013 http://www.stat.si/doc/pub/LES-SLO-internet.pdf SURS: *Drevo, gozd, les* (27.3.2013)
Šolinc, H., Staničić, D. *Soproizvodnja toplote in električne energije – od ideje do izvedbe*. Ljubljana: Konzorcij OPET Slovenija, 2002.
TZS, 2008 Novi ogrevalni sistemi: gradnja z lahkoto (2008). Ljubljana: Tehniška založba Slovenije.
Uredba o podporah električni energiji, proizvedeni iz obnovljivih virov energije, *Ur. l. RS, št. 37/2009, št. 53/2009, št. 68/2009, št. 76/2009, št. 17/2010, št. 94/2010, št. 105/2011, št. 43/2012 in št. 90/2012.*
Uredba o podporah električni energiji, proizvedeni soproizvodnji toplotne in električne energije z visokim izkoristkom, *Ur. list RS št. 37/2009, št. 53/2009, št. 68/2009, št. 17/2010 in št. 81/2010.*
Zakon o spremembah in dopolnitvah Energetskega zakona, *Ur. l. RS, št. 51/2004, 118/2006, št. 70/2008, št. 22/2010, št. 10/2012.*
ZGS, 2013 http://www.zgs.gov.si/slo/gozdovi-slovenije/o-gozdovih-slovenije/slovenski-gozd-v-stevilkah-2009/ (25.3.2012)