

UNIVERZA V LJUBLJANI
EKONOMSKA FAKULTETA

DIPLOMSKO DELO

**PRIMERJAVA OBNOVLJIVIH VIROV ENERGIJE V SLOVENIJI Z
EKONOMSKEGA, ENERGETSKEGA IN OKOLJSKEGA VIDIKA**

Ljubljana, september 2012

MITJA KORENIN

IZJAVA O AVTORSTVU

Spodaj podpisani(-a) _____, študent(-ka) Ekonomske fakultete Univerze v Ljubljani, izjavljam, da sem avtor(-ica) zaključne strokovne naloge/diplomskega dela/specialističnega dela/magistrskega dela/doktorske disertacije z naslovom _____, pripravljene(-ga) v sodelovanju s svetovalcem/svetovalko _____ in sosvetovalcem/sosvetovalko _____.

Izrecno izjavljam, da v skladu z določili Zakona o avtorskih in sorodnih pravicah (Ur. l. RS, št. 21/1995 s spremembami) dovolim objavo zaključne strokovne naloge/diplomskega dela/specialističnega dela/magistrskega dela/doktorske disertacije na fakultetnih spletnih straneh.

S svojim podpisom zagotavljam, da

- je predloženo besedilo rezultat izključno mojega lastnega raziskovalnega dela;
- je predloženo besedilo jezikovno korektno in tehnično pripravljeno v skladu z Navodili za izdelavo zaključnih nalog Ekonomske fakultete Univerze v Ljubljani, kar pomeni, da sem
 - poskrbel(-a), da so dela in mnenja drugih avtorjev oziroma avtoric, ki jih uporabljam v zaključni strokovni nalogi/diplomskem delu/specialističnem delu/magistrskem delu/doktorski disertaciji, citirana oziroma navedena v skladu z Navodili za izdelavo zaključnih nalog Ekonomske fakultete Univerze v Ljubljani, in
 - pridobil(-a) vsa dovoljenja za uporabo avtorskih del, ki so v celoti (v pisni ali grafični obliki) uporabljena v tekstu, in sem to v besedilu tudi jasno zapisal(-a);
- se zavedam, da je plagiatorstvo – predstavljanje tujih del (v pisni ali grafični obliki) kot mojih lastnih – kaznivo po Zakonu o avtorskih in sorodnih pravicah (Ur. l. RS, št. 21/1995 s spremembami);
- se zavedam posledic, ki bi jih na osnovi predložene zaključne strokovne naloge/diplomskega dela/specialističnega dela/magistrskega dela/doktorske disertacije dokazano plagiatorstvo lahko predstavljalo za moj status na Ekonomski fakulteti Univerze v Ljubljani v skladu z relevantnim pravilnikom.

V Ljubljani, dne _____

Podpis avtorja(-ice): _____

KAZALO

UVOD	1
1 RAZMERE NA TRGU ELEKTRIČNE ENERGIJE V SLOVENIJI.....	2
1.1 Poraba električne energije in trendi	2
1.2 Energetski viri in proizvodnja v Sloveniji	5
1.3 Aktualno stanje na področju proizvodnje električne energije.....	7
1.4 Vizija razvoja energetike.....	7
2 OBNOVLJIVI VIRI ENERGIJE.....	9
2.1 Raba obnovljivih virov energije v Sloveniji.....	9
2.2 Instrumenti za spodbujanje obnovljivih virov energije v Republiki Sloveniji.....	10
2.3 Razlogi za spodbujanje obnovljivih virov energije in ovire za njihov razvoj.....	11
2.4 Vrste obnovljivih virov energije v Sloveniji	13
2.4.1 Vetrna energija.....	13
2.4.2 Geotermalna energija.....	14
2.4.3 Lesna biomasa	15
2.4.4 Biogoriva	17
2.4.5 Hidroelektrarne.....	19
2.4.6 Fotovoltaična energija	20
3 PRIMERJAVA OBNOVLJIVIH VIROV V SLOVENIJI.....	21
3.1 Ekonomski vidik.....	22
3.2 Energetski vidik	24
3.3 Okoljski vidik.....	26
3.4 Primerjalna analiza obnovljivih virov energije v Sloveniji	28
SKLEP	32
LITERATURA IN VIRI.....	34

KAZALO SLIK

<i>Slika 1: Gibanje končne porabe električne energije v Sloveniji, 1980– 2011.....</i>	<i>3</i>
<i>Slika 2: Projekcija razvoja porabe električne energije.....</i>	<i>4</i>
<i>Slika 3: Razmerje med tržno ceno električne energije in proizvodnimi stroški fotovoltaike.....</i>	<i>31</i>

KAZALO TABEL

<i>Tabela 1: Bilanca električne energije v Sloveniji za leti 2010–2011 (v GWh).....</i>	<i>3</i>
<i>Tabela 2: Deleži različnih vrst proizvodnje električne energije v Sloveniji leta 2010.....</i>	<i>5</i>
<i>Tabela 3: Proizvodnja elekt. energije iz obnovljivih virov v Sloveniji v letih 2009-2010.....</i>	<i>9</i>

<i>Tabela 4: Prednosti in slabosti izkoriščanja energije vetra.....</i>	<i>13</i>
<i>Tabela 5: Prednosti in slabosti geotermalne energije.....</i>	<i>15</i>
<i>Tabela 6: Prednosti in slabosti lesne biomase.....</i>	<i>16</i>
<i>Tabela 7: Prednosti in slabosti bioplina.....</i>	<i>18</i>
<i>Tabela 8: Prednosti in slabosti hidroenergije.....</i>	<i>19</i>
<i>Tabela 9: Prednosti in slabosti fotovoltaike.....</i>	<i>21</i>
<i>Tabela 10: Primerjava obnovljivih virov energije z ekonomskega, energetskega in okoljskega vidika.....</i>	<i>28</i>
<i>Tabela 11: Scenarij 1: Rangiranje obnovljivih virov energije – uravnoteženi pristop.....</i>	<i>30</i>
<i>Tabela 12: Scenarij 2: Rangiranje obnovljivih virov energije – okoljski pristop.....</i>	<i>30</i>
<i>Tabela 13: Scenarij 3: Rangiranje obnovljivih virov energije - dolgoročni pristop.....</i>	<i>31</i>

UVOD

Človek že od prazgodovine naprej uporablja različne vire energije za različne namene; skupno jim to, da omogočajo človeku prihranek lastne energije in s tem posledično manjšo porabo hrane. Začetki človekovega izkoriščanja naravnih energetskih virov segajo v čas, ko se je človek naučil obvladovati ogenj, saj je kurjenje ognja že pred sto tisoč leti ljudem omogočalo uporabo toplotne energije in s tem manjšo količino lastne energije, potrebne za ogrevanje in normalno funkcioniranje lastnega telesa. Do srednjega veka je človek uporabljal zgolj obnovljive vire energije, saj je bila tehnologija primerna le za uporabo lesa in šote za gretje ter uporabo vodnih tokov in energije vetra. Šele z izumom parnega stroja v 18. stoletju ter odkritjem premoga, nafte in zemeljskega plina je začel izkoriščati tudi fosilna goriva. Njihova zaloga se ne obnavlja, saj so nastala v milijonih let dolgem procesu fosilizacije rastlinskih in živalskih ostankov pod zemeljskim površjem. S pospešenim tehnološkim napredkom v 19. in 20. stoletju se je človekova odvisnost od energetskih virov povečevala. Za sodoben način življenja je med najbolj uporabnimi oblikami energije električna energija; omogoča ogrevanje in osvetljevanje naših bivališč ter delovanje skoraj vseh hišnih naprav. S hitrejšim tehnološkim napredkom in z naraščanjem svetovnega števila prebivalstva človek za svoj razvoj porablja vse večje količine energije. V prejšnjem stoletju smo bili priča veliki rasti energetskih potreb, čemur je sledilo tudi iskanje povsem novih energetskih virov.

Dandanes se zaradi količine energije, ki jo človek porabi, soočamo s močnimi negativnimi vplivi na okolje, saj se ogromne količine ogljika, vezanega v obliki fosilnih goriv, v razmeroma kratkem časovnem obdobju sproščajo v obliki toplogrednih plinov, ki povzročajo segrevanje ozračja. Zato se pri zadovoljevanju naraščajočih energetskih potreb vse bolj išče načine, ki ne bi obremenjevali okolja, in se zato od fosilnih goriv znova prehaja na obnovljive vire energije.

Poglavitni namen diplomske naloge je primerjati različne oblike obnovljivih virov energije med seboj iz ekonomskega, energetskega in okoljskega vidika, ter glede na izbrane kriterije poskušati ugotoviti, katero vrsto obnovljivih virov energije bi bilo za državo najbolj smiselno spodbujati.

V prvem poglavju bom predstavil stanje na slovenskem trgu električne energije, težave s katerimi se bomo soočali in potencialne smeri razvoja slovenske energetike. Najprej bom predstavil, kakšno je povpraševanje po električni energiji v Sloveniji, kakšni so obeti za prihodnost, kakšni in kateri so energetski viri v Sloveniji, stanje na ponudbeni strani energetskega trga ter kakšna je na temelju Nacionalnega energetskega programa vizija bodočega razvoja slovenske elektroenergetike.

V drugem poglavju bom predstavil različne vrste obnovljivih virov energije, njihovo uporabo v Sloveniji, razloge za njihovo spodbujanje ter oblike spodbud, s katerimi skuša država spodbujati njihovo uporabo. Pri tem sem se osredotočil zgolj na tiste vrste obnovljivih virov, katerih uporaba je možna v Sloveniji.

V tretjem poglavju bom različne vrste obnovljivih virov energije primerjal z ekonomskega, energetskega in okoljskega vidika. Na podlagi določenih kriterijev bom skušal izbrane obnovljive vire razvrstiti od najboljšega do najslabšega ter na podlagi analize ugotoviti, katerega izmed izbranih obnovljivih virov energije bi bilo za državo najbolj smiselno najbolj spodbujati glede na različne scenarije.

V zadnjem poglavju bom povzel glavne ugotovitve diplomskega dela in podal sklepne misli in ugotovitve.

1 RAZMERE NA TRGU ELEKTRIČNE ENERGIJE V SLOVENIJI

1.1 Poraba električne energije in trendi

Za prikaz stanja na trgu električne energije sem uporabil podatke iz Energetske bilance Republike Slovenije, ki jo vsako leto izdaja Ministrstvo za gospodarstvo. Ob pripravi diplomske naloge je bila zadnja izdana bilanca za leto 2011. Iz nje vidimo, da smo v Sloveniji leta 2011 porabili 12.788 GWh električne energije. To predstavlja 4,75 odstotno rast v primerjavi z letom 2010. Lastna poraba na proizvodnih enotah je znašala 1068 GWh, energetskega sektorja (brez elektrogospodarstva) je porabil 114 GWh, 898 GWh pa je bilo izgube pri prenosu in distribuciji električne energije. Poleg domače proizvodnje je morala leta 2011 Slovenija 1763 GWh uvoziti iz tujine, kar kaže na to, da že danes domači proizvodni viri ne morejo zadostiti porabi in smo zato odvisni od tujine. Največji delež končne porabe električne energije ima industrija in sicer kar 45% oziroma 5792 GWh. Sektor storitve, komercialne dejavnosti in ostalo je leta 2011 porabil 3600 GWh (28% končne porabe), gospodinjstva 3164 GWh (24% končne porabe) in promet 232 GWh (2% končne porabe) (Ministrstvo za gospodarstvo Republike Slovenije, 2011, str. 21-22).

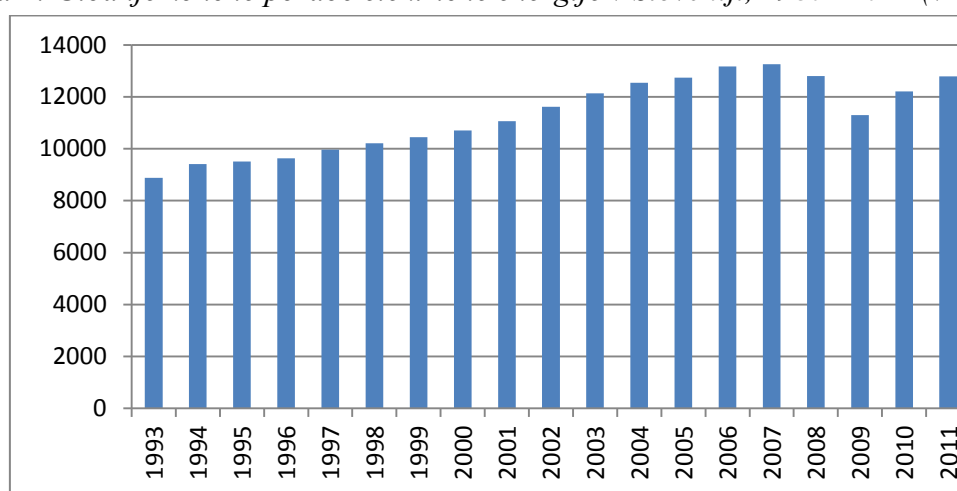
Tabela 1: Bilanca električne energije v Sloveniji za leti 2010–2011 (v GWh)

Bilanca električne energije (v Gwh)	2010	2011
Uvoz	8.014	1.763
Izvoz 50 % NEK za HEP	2.723	2.950
Izvoz ostali	7.413	0
Transformacije (TE+TETO+NE)	11.724	12.233
Elektrarne – proizvajalci po glavni dejavnosti	5.774	5.723
Elektrarne – samoproizvajalci	293	303
Nuklearna elektrarna	5.657	6.207
Hidroelektrarne in fotonapetostne sončne elektrarne	4.707	3.823
Poraba energetskega sektorja	1.154	1.182
Pridobivanje energetskih surovin	71	60
Pridobivanje koksa, naftnih derivatov, jedrskega goriva	53	54
Oskrba z električno energijo, plinom, paro in toplo vodo	1.030	1.068
Izgube distribucije in prenosa	952	898
Končna (neto) poraba	12.207	12.788
Industrija	5.363	5.792
Promet	209	232
Ostala poraba	6.634	6.764
Gospodinjstva	3.161	3.164
Storitve, komercialne dejavnosti in ostalo	3.473	3.600

Vir: Ministrstvo za gospodarstvo Republike Slovenije, Energetska bilanca RS za 2011, 2011, str. 20.

Iz Energetske bilance Republike Slovenije za 2011 je tudi razvidno, da je zadnjih 20 let v Sloveniji prisoten naraščajoč trend porabe električne energije (slika1).

Slika 1: Gibanje končne porabe električne energije v Sloveniji, 1980– 2011 (v GWh)



Vir: Ministrstvo za gospodarstvo Republike Slovenije, Energetska bilanca RS za 2011, 2011, str.73.

Za ugotavljanje trendov gibanja porabe električne energije v prihodnosti moramo najprej poznati dejavnike, ki najbolj vplivajo na velikost porabe. Eles je v publikaciji Ocena zadostnosti proizvodnih virov električne energije in zadostnosti prenosnega omrežja v RS za obdobje 2007– 2011 ugotovil, da na velikost porabe električne energije vplivajo številni dejavniki. Najpomembnejši so struktura, velikost in obseg gospodarske rasti, demografska

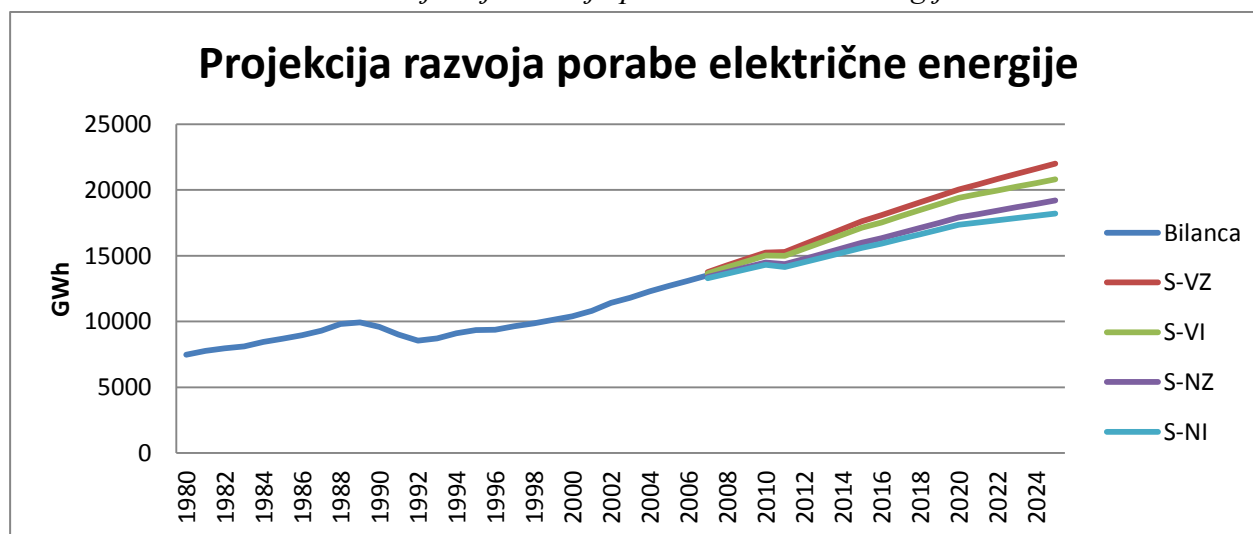
gibanja, raven celotne razvitosti družbe, raven tehnološke razvitosti, klimatske razmere, okoljska zavest in zavest o potrebnosti sonaravnega in trajnostnega razvoja, gibanje cen energentov, paritete cen energentov. Za Slovenijo velja, da je dejavnik, ki najbolj vpliva na količino porabe električne energije obseg in struktura BDP. Ob upoštevanju relevantnih dejavnikov je Eles predvidel štiri mogoče scenarije gibanja porabe električne energije v Sloveniji, za izhodišče pa so vzeli bilanci porabe končne energije za leti 2004 in 2005. Ti scenariji temeljijo na: enotni projekciji demografskega razvoja, predstavljenima projekcijama gospodarskega razvoja, predpostavkah na trgu z električno energijo in usmeritvah energetske politike (Eles, 2010):

- Scenarij-VZ – Upoštevana je višja projekcija gospodarskega razvoja (V) ter zmerni (realni) trendi na področju racionalizacije in smotrne rabe energije in substitucije energentov (Z).
- Scenarij-VI – Upoštevana je višja projekcija gospodarskega razvoja (V) ter intenzivnejši (a še realni) trendi na področju vodenja in izvajanja energetske politike, racionalizacije in smotrne rabe energije ter substitucije energentov (I).
- Scenarij-NZ – Upoštevana je nižja projekcija gospodarskega razvoja (N) ter zmerni (realni) trendi na področju racionalizacije in smotrne rabe energije in substitucije energentov (Z).
- Scenarij-NI – Upoštevana je nižja projekcija gospodarskega razvoja (N) ter intenzivnejši (a še realni) trendi na področju vodenja in izvajanja energetske politike, racionalizacije in smotrne rabe energije ter substitucije energentov (I).

Pričakovanja tehnološkega razvoja (Z) in (I) nista enaka za oba scenarija gospodarskega razvoja, saj je na višjo energetsko intenzivnost možno bolj vplivati ob višji gospodarski rasti.

Vsi štirje možni scenariji nakazujejo na to, da bo tudi v prihodnje povpraševanje po električni energiji naraščalo, s kakšno hitrostjo pa je odvisno od tega, kateri izmed analiziranih scenarijev se bo uresničil.

Slika 2: Projekcija razvoja porabe električne energije



Vir: Eles, Ocena zadostnosti proizvodnih virov električne energije in zadostnosti prenosnega omrežja v Republiki Sloveniji za obdobje 2007–2011, 2009, str.13.

Tudi napovedi v sosednjih državah kažejo na to, da izgradnja novih kapacitet za proizvodnjo električne energije ne sledi pričakovani rasti porabe, kar pomeni da bo v prihodnosti v sosednjih energetskih sistemih vedno manj presežkov električne energije, ki bi jo lahko uvažali v Slovenijo. Predvidene težave slovenskega elektroenergetskega sistema ob omejitvah uvoza, bi lahko rešili zgolj z ustreznimi investicijami v domače proizvodne kapacitete (Eles, 2010).

1.2 Energetski viri in proizvodnja v Sloveniji

Slovenski elektroenergetski sistem obsega proizvodne kapacitete (elektrarne) ter omrežje. Omrežje delimo na prenosno omrežje (energetski vodi in 400 kV, 220 kV in 110 kV razdelilne transformatorske postaje) in distribucijsko omrežje, ki obsega sredjenapetostne vode in transformatorske postaje. Iz poročila o stanju na področju energetike v Sloveniji v letu 2010 (Javna agencija Republike Slovenije za energijo, 2011) je razvidno, da so imele tistega leta elektrarne, priključene na prenosno omrežje, skupno nazivno proizvodno moč 3.363 MW. Največji del je pripadel termoelektrarnam (1276 MW), sledile so hidroelektrarne (1114 MW) in Nuklearna elektrarna Krško (696 MW). Preostalih 277 MW so pripadlo malim proizvajalcem, katerih proizvodne enote so manjše od 10 MW. Če upoštevamo, da le polovica moči Nuklearne elektrarne Krško pripada Sloveniji, potem je skupna nazivna moč v državi leta 2010 znašala 3015 MW.

Tabela 2: Deleži različnih vrst proizvodnje električne energije v Sloveniji leta 2010

Vrsta proizvodnje	Proizvodnja (GWh)	Delež (v %)	Proizvodnja – 50 % NEK (GWh)	Delež (v %)
Jedrska elektrarna	5.460	35,2	2.730	21,3
Termoelektrarne	4.409	28,4	4.409	34,5
Hidroelektrarne	4.375	28,2	4.375	34,2
Druge elektrarne na prenosnem omrežju	504	3,2	504	3,9
Elektrarne na distribucijskem omrežju	775	5,0	775	6,1
Skupaj	15.532	100,0	12.793	100,0

Vir: Javna agencija RS za energijo, Poročilo o stanju na področju energetike v Sloveniji v letu 2010, 2011, str.43.

Po podatkih iz spletne strani Javne agencije Republike Slovenije za energijo je bilo leta 2010 v Sloveniji proizvedenih 15.532 GWh električne energije. Termoelektrarne so proizvedle 4409 GWh električne energije, proizvodnja hidroelektrarn je znašala 4375 GWh, Nuklearna elektrarna Krško pa je proizvedla 5460 GWh električne energije. Proizvodnja malih proizvajalcev je znašala 846 GWh. Ob upoštevanju, da je slovenska zgolj polovica proizvodnje Nuklearne elektrarne Krško, so leta 2010 največji delež proizvodnje električne energije prispevale termoelektrarne, ki so proizvedle 34,5 odstotka. Sledijo jim hidroelektrarne s 34,2 odstotnim deležem, ter jedrska elektrarna z nekaj več kot 20 odstotnim deležem. Preostanek proizvodnje je pripadel manjšim proizvodnim enotam, priključenim na prenosno in distribucijsko omrežje. Na slovensko energetsko omrežje je bilo leta 2010

priključenih 55 MW novih proizvodnih kapacitet, predvsem sončnih elektrarn. (Javna agencija Republike Slovenije za energijo, 2011, str.42-43).

Poleg velikih elektrarn, priključenih na prenosno omrežje, imamo v Sloveniji na distribucijsko omrežje priključene tudi manjše proizvodne vire, tako imenovane vire razpršene proizvodnje. Tu so pomembne predvsem male hidroelektrarne ter industrijski objekti za soproizvodnjo toplote in električne energije. Zadnja leta se občutno povečuje število sončnih elektrarn, kar je posledica padanja cen fotovoltaičnih celic in ugodnih državnih spodbud za fotovoltaične elektrarne. Kljub temu pa skupna moč sončnih elektrarn leta 2010 ni dosegla pol odstotka skupne nazivne moči vseh elektrarn v Sloveniji (Javna agencija Republike Slovenije za energijo, 2011, str.43-47).

Na ponudbeni strani trga električne energije imamo v Sloveniji naslednja podjetja s proizvodnimi kapacitetami nad 10 MW:

- Dravske elektrarne Maribor, d. o. o. (DEM),
- Hidroelektrarne na spodnji Savi, d. o. o. (HESS),
- Nuklearna elektrarna Krško, d. o. o. (NEK),
- Savske elektrarne Ljubljana, d. o. o. (SEL),
- Soške elektrarne Nova Gorica, d. o. o. (SENG),
- Termoelektrarna Brestanica, d. o. o. (TEB).
- Termoelektrarna Šoštanj, d. o. o. (TEŠ),
- Termoelektrarna Trbovlje, d. o. o. (TET),
- Termoelektrarna Toplarna Ljubljana, d. o. o. (TE-TOL),

NEK pridobiva energijo v jedrski elektrarni, DEM, SEL, HESS in SENG v hidroelektrarnah, TEŠ in TET v termoelektrarnah na premog, TEB v termoelektrarnah na tekoča in plinasta goriva, TE-TOL pa v soproizvodnji toplote in električne energije na premog. Leta 2008 so bila podjetja DEM, SENG, TEŠ in TET združene v Holding Slovenskih elektrarn, d. o. o. (HSE), ki na veleprodajnem trgu predstavlja prvi energetske steber. Drugi energetske steber predstavlja podjetje GEN energija, d. o. o., pod okriljem katerega so združena proizvodna podjetja NEK, TEB, SEL in HESS (Javna agencija Republike Slovenije za energijo, 2011, str.41).

Za zagotavljanje zanesljive oskrbe z električno energijo v Sloveniji uporabljamo pretežno domače vire. Približno enake deleže si delijo domači premog, obnovljivi viri (skoraj v celoti hidroelektrarne) in jedrska energija, ki jo po mednarodni metodologiji štejemo kot domači vir energije. Ker lahko zanesljivo oskrbo zagotavljajo zgolj domači viri, bo tudi bodoči razvoj sektorja temeljil na ohranitvi visokega deleža domačih virov, za kar se bodo uporabljali vsi uveljavljeni in dovoljeni mehanizmi v EU. Dolgoročna razmerja med posameznimi viri bodo odvisna od dostopnosti vira, stroškovne cene električne energije ter vplivov na okolje in prostor. Razpršenost virov je ključnega pomena za zagotavljanje zanesljive oskrbe, zato je z vidika diverzifikacije smotrno spodbujati proizvodnjo iz obnovljivih virov energije.

V Sloveniji smo imeli v preteklosti prisoten trend naraščanja porabe električne energije, čemur pa ni sledila temu sorazmerna gradnja proizvodnih kapacitet. Vrsti proizvodnih enot se bliža konec življenske dobe, zato so nujne investicije v nove, kot je na primer šesti blok TEŠ. Eden naših strateških ciljev je, z domačo proizvodnjo pokrivati porabo električne energije v Sloveniji, zato je nujno okrepiti dejavnosti za učinkovito rabo energije ter investicije v nove proizvodne kapacitete. Z rastjo povezanosti med sosednjimi elektroenergetskimi sistemi moramo tudi krepiti zmožnosti za izmenjevanje električne energije s tujino.

1.3 Aktualno stanje na področju proizvodnje električne energije

Trend naraščajoče porabe električne energije predstavlja izziv, s katerim se bo morala država spopasti, če hoče tudi v prihodnosti zagotavljati nemoteno oskrbo z električno energijo za gospodarstvo in gospodinjstva. Potrebno bo povečati učinkovitost porabe električne energije, kar bi imelo ugoden vpliv na rast povpraševanja in pa investirati v dodatne proizvodne zmogljivosti, kar bi povečalo ponudbo.

V Sloveniji je zaradi starosti proizvodnih enot prisoten velik tehnološki zaostanek pri transformaciji energije in toplote, kar poslabšuje konkurenčni položaj tako proizvajalcev električne energije, kot tudi njihovih odjemalcev, poleg tega pa predstavlja tudi dodatno obremenitev za okolje. Po podatkih iz Osnutka predloga Nacionalnega energetskega programa Republike Slovenije za obdobje do leta 2030 so izkoristki v termoelektrarnah okoli 30 odstotni in s tem občutno manjši, kot pri sodobnih tehnologijah, ki omogočajo preko 40 odstotne izkoristke pri premogu ter preko 55 odstotne pri enotah na plin. Država mora zato zagotoviti razmere, za izvedbo potrebnih investicij v tehnološko prenovo, ki bodo zagotovile večje izkoristke, večjo konkurenčnost ter večje varovanje okolja. Z ustrezno cenovno in davčno politiko mora ustvariti takšne razmere na trgu, da bodo imela zagotovljeno prednost podjetja, ki ustvarjajo manj eksternih stroškov, in tista podjetja, ki uporabljajo, ponujajo ali razvijajo napredne tehnologije in inovacije (Urbančič, Sučić, & Merše, 2011, str. 71-79).

1.4 Vizija razvoja energetike

Pregled analiz obstoječih proizvodnih kapacitet v termoelektrarnah nam pokaže, da prenove le-teh ne bodo zadostovale za to, da bi tudi v prihodnje zagotavljale zanesljivo oskrbo države z električno energijo. Zato se bo potrebna izgradnja novih proizvodnih enot. Do leta 2016 bodo namreč, zaradi izteka življenske dobe in okoljevarstvenih zahtev, iz obratovanja umaknjene skoraj vse zastarele termoelektrarne na premog (skupaj kar 981 MW nazivne moči). Ob tem se odpira vprašanje, kakšne naj bodo nove strateške usmeritve za investicije v velike proizvodne naprave. Upoštevati moramo konkurenčnost morebitnih investicij v mednarodnem okolju. Ena možnost je povečanje uporabe jedrske energije. Sodobne naprave so tehnološko bolj dovršene, bolj varne, ekonomične, ter imajo manjši vpliv na okolje od že obstoječe Jedrske elektrarne Krško. Električna energija iz jedrske elektrarne je cenovno konkurenčna in se po mednarodni metodologiji obravnava kot domač energetske vir. Alternativa jedrski energiji bi lahko bila uvožena fosilna goriva, predvsem zemeljski plin. Uporaba zemeljskega plina bi povečala raznolikost proizvodnih virov, je ekološko bolj

sprejemljiva od premoga, a obenem tudi povečuje našo odvisnost od uvoza. Kot tretja možnost obstaja še uvoz tujega premoga, ki pa je zaradi obremenjevanja okolja in transportnih stroškov še najmanj ugodna možnost. Slabost uvoza fosilnih goriv je nihanje cen energentov na mednarodnih trgih in s tem na njihovo ekonomičnost, ter njihova okoljska sprejemljivost. Cene emisijskih kuponov in stroški tehnologij za zajemanje in shranjevanje ogljika, bodo v prihodnje znatno vplivale na konkurenčnost proizvodnje električne energije iz fosilnih goriv (Urbančič, et al., 2011, str.6-19).

Ravoj novih tehnologij bo pomembno vplival na prihodnji razvoj energetskega sektorja, ključna za razvoj do leta 2030 bodo naslednja področja:

- Nove tehnologije in energetske viri v prometu bodo vplivale na porabo v prometu in bodo omogočile povezavo elektroenergetskega omrežja z vozili;
- Nizkoenergetske stavbe bodo zmanjšale količino energije, potrebne za ogrevanje. Pričakuje se pospešen prodor in nižanje stroškov za na trgu že prisotne tehnologije, kot tudi razvoj novih materialov in višanje učinkovitosti tehnologij, za na stavbah integrirano proizvodnjo (fotovoltaika, mikrosoproizvodnja toplote in električne energije idr.);
- Tehnologije za zajemanje in shranjevanje ogljikovega dioksida pri uporabi fosilnih goriv, ki bodo preprečevale izpuste toplogrednih plinov. Gre za več različnih načinov zajema izpustov ogljikovega dioksida na večjih proizvodnih virih, prevoz na odlagališča, ter permanentno odlaganje v neprepustne podzemne geološke plasti ali na morsko dno;
- Tehnologije obnovljivih virov energije bodo omogočile nižje proizvodne stroške in večje izkoristke

Vizija dolgoročnega razvoja slovenskega elektroenergetskega sektorja vsebuje aktivnosti na področjih spodbujanja obnovljivih energetskega virov, učinkovito rabo energije ter aktivna distribucijska omrežja, vse to z namenom dolgoročnega prehoda v nizkoogljico družbo. Načrtuje se postopno opuščanje izrabe domačih fosilnih goriv. Srednjeročno bo šlo za izkoriščanje premoga zgolj iz ene lokacije (Premogovnik Velenje) in njegova uporaba v zgolj eni proizvodni enoti (Termoelektrarna Šoštanj), popolna ukinitve uporabe premoga pa je predvidena do leta 2050. V prehodnem obdobju pa Nacionalni energetski program Republike Slovenije predvideva uveljavitev obnovljivih virov energije, ki naj bi do leta 2030 dosegli 50 odstotni delež v bruto končni rabi električne energije, hkrati pa predvideva tudi nadaljno uporabo jedrske energije in sicer z podaljšanjem življenjske dobe za obstoječo jedrsko elektrarno, predvideva pa tudi morebitno gradnjo novega reaktorja, zraven že obstoječega. Ali bo do gradnje nove jedrske zmogljivosti dejansko tudi prišlo, pa je odvisno predvsem od političnih odločitev, razmer na trgu in družbene sprejemljivosti (Urbančič, et al., 2011, str. 6-19).

Za rešitev energetskega zagat, v katerih se bo v prihodnosti zaradi naraščajočega razkoraka med porabo in proizvodnjo znašla Slovenija in za vizijo razvoja energetskega sektorja se mi zdi najpomembnejše spodbujanje razširjenosti izrabe obnovljivih virov energije, zato bom v naslednjih poglavjih poskusil ugotoviti, katere vrste teh virov poznamo in katere bi bilo z vidika zagotavljanja stabilne oskrbe z električno energijo državi najbolj potrebno spodbujati.

Glavni razlog za obnovljive vire energije ni dejstvo, da uporabljamo električno energijo, temveč način, kako jo pridobivamo in kako jo uporabljamo. Vse dokler bomo kot primarni vir za zadovoljevanje potreb po energiji uporabljali fosilna goriva, bomo imeli probleme na okoljskem, socialnem in ekonomskem področju, zato potrebujemo vire, ki so obnovljivi in ne onesnažujejo okolja.

2 OBNOVLJIVI VIRI ENERGIJE

2.1 Raba obnovljivih virov energije v Sloveniji

V letu 2010 je bila po podatkih Statističnega urada Republike Slovenije v Sloveniji količina električne energije proizvedene iz obnovljivih virov enaka 4647 GWh, kar je 36,3 % celotne proizvodnje v Sloveniji, ki je v letu 2010 znašala 12.793 GWh (če odštejemo hrvaški delež iz NEK). Daleč največji delež, in sicer nekaj čez 97 % celotne proizvodnje obnovljivih virov električne energije pripada hidroelektrarnam. Skupno so hidroelektrarne leta 2010 proizvedle nekoliko manj kot leto poprej, kar je posledica različnih hidroloških razmer. Tudi energije iz lesne biomase in plinov iz čistilnih naprav je bilo nekoliko manj kot leta 2009, povečala pa se količina fotovoltaične energije ter energije iz drugih bioplinov. Deleži proizvedene električne energije iz obnovljivih virov so bili v letu 2010 naslednji: 97,6 % električne energije je bilo proizvedene v hidroelektrarnah, nekaj več kot 1 % iz bioplina, 1 % iz lesa in lesnih ostankov, ostalo pa iz ostalih virov (deponijski plin, fotovoltaika, plin čistilnih naprav in industrijski odpadki) (Statistični urad Republike Slovenije, 2012).

Tabela 3: Proizvodnja električne energije iz obnovljivih virov v Sloveniji v letih 2009–2010

Bruto proizvodnja električne energije iz obnovljivih virov (MWh), Slovenija, letno			
	2009	2010	% OVE v 2010
Bruto proizvodnja – skupaj	4.641.346	4.647.453	100
Hidroelektrarne – skupaj	4.549.972	4.536.583	97,61
Geotermalna	-	-	-
Fotovoltaika	977	1089	0,02
Veter	-	-	-
Les in druga trdna biomasa	59.132	50.582	1,09
Deponijski plin	-	-	-
Plin iz čistilnih naprav	7151	5436	0,12
Drugi bioplini	24.114	53.763	1,16

Vir: Statistični urad Republike Slovenije, Energetika Slovenija 2010 Končni podatki, 2012.

V okviru podnebno-energetskega svežnja si je EU leta 2009 zadala za cilj povečanje rabe OVE do leta 2020 na 20 % v skupni bruto rabi končne energije. Cilje držav članic opredeljuje Direktiva 2009/28/ES13; Slovenija je v tem okviru sprejela izjemno ambiciozne cilje – doseči 25 % delež OVE v bruto rabi končne energije (danes 15 %) ter 10 % delež OVE v končni rabi energije v prometu. Dosedanji razvoj OVE ne dosega večine ciljev, zastavljenih v Resoluciji o nacionalnem energetskega programu (ReNEP) za leto 2010. Ciljni delež 33,6 %

OVE pri oskrbi z električno energijo v letu 2010 je bil sicer izpolnjen, kar pa je deloma tudi posledica visoke hidrologije in nižje porabe v času gospodarske krize in le deloma zaradi ukrepov. Za povečanje deleža OVE bo treba zmanjšati rabo končne energije sočasno s povečanjem proizvodnje iz OVE. Razvoj izrabe OVE bo usmerjen zlasti v nižanje stroškov za proizvodnjo teh tehnologij in povečevanje njihovih izkoristkov. Na znižanje stroškov bo vplivala zlasti ekonomija obsega pri proizvodnji naprav ob povečanem povpraševanju po teh tehnologijah. Velik prodor razpršenih, od vremenskih razmer odvisnih tehnologij bo zahteval sočasen razvoj in nadgradnjo upravljanja omrežij v aktivna omrežja, vključno z optimizacijo proizvodnje električne energije. (Ministrstvo za gospodarstvo Republike Slovenije, 2010, str. 6-9). Da bi povečali delež OVE v državi, obstaja kar nekaj spodbujevalnih ukrepov .

2.2 Instrumenti za spodbujanje obnovljivih virov energije v Republiki Sloveniji

Kot spodbudo za OVE država že nekaj let dodeljuje nepovratna sredstva, posojila s subvencionirano obrestno mero, zagotavlja pa tudi odkup električne energije, proizvedene iz obnovljivih virov energije in sproizvodnje toplote in električne energije z visokim izkoristkom. S tem izboljšuje konkurenčnost izrabe OVE in izvedbe ukrepov URE oz. popravlja tržne nepopolnosti tako, da z omenjenimi mehanizmi vpliva na ceno proizvedene toplote in električne energije. Uravnavanje davkov na energijo je eden izmed mehanizmov, s katerim bo država vplivala na končno ceno posameznih energentov, posegala na trg energentov in odpravljala nesorazmerja med cenami energentov v korist bolj konkurenčnega položaja trajnostnih opcij v energetiki. Cilj je večja internalizacija eksternih stroškov energije.

Za podporo proizvodnji električne energije, ki v razmerah prostega trga ne bi bila konkurenčna, mora država zagotavljati ustrezen sistem podpor. Podporo potrebujejo predvsem objekti za proizvodnjo električne energije iz obnovljivih virov in objekti sproizvodnje manjših moči. V evropskih državah imamo več različnih sistemov podpore. Slovenski sistem spada med tako imenovane sisteme "*feed-in*", pri katerih pristojni organ od proizvajalcev, upravičenih do prejemanja podpor, odkupi vso električno energijo po določenih cenah ali jim izplača določeno obratovalno podporo, pri čemer proizvajalci samostojno prodajajo električno energijo na trgu po tržnih cenah.

V letu 2008 je bila sprejeta novela Energetskega zakona, ki je uvedla shemo podpor električni energiji proizvedeni iz OVE in v sproizvodnji toplote in električne energije z visokim izkoristkom. Po starem je veljal tako imenovani sistem prednostnega dispečiranja. Za odkup električne energije in izplačevanje obratovalnih podpor (premij) so bili odgovorni sistemski operaterji omrežja, na katero je bil priključen posamezni proizvajalec. Ustrezna sredstva za izvajanje podporne sheme so sistemski operaterji prejeli iz dodatka k ceni za uporabo omrežja za prednostno dispečiranje, ki ga je določila Vlada RS. Vlada RS je prav tako s sklepom določala odkupne cene in premije.

Temeljni pogoj za prejemanje podpor je bil status kvalificiranega proizvajalca, ki ga je podeljevalo ministrstvo, pristojno za energijo. Tudi po spremembi smo v Sloveniji ohranili sistem "*feed-in*". Spremenili pa so se način financiranja sistema in pogoji za pridobitev

podpor. Za izvajanje zagotovljenega odkupa in izplačevanje podpor je postal odgovoren na novo ustanovljeni Center za podpore, ki deluje v okviru organizatorja trga – Borzena. Delovanje samega Centra za podpore in sredstva za izplačevanje podpor se financira iz posebnega prispevka za zagotavljanje podpor. Ta prispevek določi vlada z ustreznim sklepom, plačujejo pa ga vsi odjemalci električne energije. Znesek prispevka, ki ga plačuje posamezni odjemalec, je odvisen od moči in napetostnega nivoja prevzemno-predajnega mesta, kategorije odjemalca in namena uporabe električne energije. Z novelo Energetskega zakona je bil v celoti odpravljen status kvalificiranega proizvajalca. Nadomestila ga je deklaracija za proizvodno napravo, ki jo izdaja Agencija RS za energijo in je na podlagi Uredbe o izdaji deklaracij za proizvodne naprave in potrdil o izvoru električne energije (Ur. l. RS, št. 8/2009) temeljni pogoj, ki ga mora izpolniti proizvajalec, ki želi prejemati podpore.

Po prejetju deklaracije lahko proizvajalec vstopi v sistem potrdil o izvoru električne energije, ki je prav tako potreben za prejemanje podpor, saj mora vsak proizvajalec, ki želi prejemati podporo, za vso svojo proizvodnjo prejeti ustrezno količino potrdil o izvoru in jih prenesti na Center za podpore.

Tretji pogoj je pridobitev odločbe o dodelitvi podpore, ki jo na zahtevo proizvajalca izda Agencija RS za energijo. Ta pri upravičenosti do podpore upošteva vrsto proizvodnje, starost proizvodne naprave in morebitne že prejete podpore, kot so na primer investicijske podpore. Morebitne predhodno prejete podpore znižajo znesek prejetih odkupnih cen in obratovalnih podpor. Prejemanje podpore je na podlagi Uredbe o podporah električni energiji, proizvedene iz obnovljivih virov energije (Ur. l. RS, št. 37/2009, 53/2009, 68/2009, 76/2009), omejeno na 10 let pri objektih soproizvodnje z visokim izkoristkom in na 15 let pri proizvodnih objektih, ki izkoriščajo obnovljive vire energije.

Ker je proizvodnja električne energije komercialna dejavnost, je uporaba podpornih mehanizmov omejena in regulirana na ravni EU in predvidena v posebnih primerih kot orodje za doseganje skupnih ciljev in interesa EU oz. neenakosti v regionalnem razvoju. Dovoljeno je spodbujanje proizvodnje električne energije iz domačih virov energije z odkupom količin pod 15 % porabljene električne energije v Sloveniji. Program se izvaja z vsakoletnimi razpisi in skladno z Energetskim zakonom. Do sedaj je primerno uporabljen, vendar bo treba preiti iz izrabe dovoljenih podpornih mehanizmov za obstoječe naprave k podporam razvojno usmerjenih projektov. V prihodnje bo morala država subvencioniranje oskrbe z električno energijo iz domačih virov usmeriti razvojno in ga omejiti na naprave, ki izpolnjujejo kriterije za najboljše razpoložljive tehnologije za nove naprave, ter preiti na dolgoročne pogodbe; s tem bo država zagotovila stabilne razmere za načrtovanje naložb in poslovanje podjetij.

2.3 Razlogi za spodbujanje obnovljivih virov energije in ovire za njihov razvoj

Zaloge fosilnih goriv, od katerih smo odvisni že več kot dve stoletji, se zmanjšujejo, poleg tega pa nas tudi vpliv, ki ga ima njihova uporaba na okolje, sili, da bomo v prihodnosti morali naš odnos do virov energije korenito spremeniti. Scheer (2007, str. 20–21) tako v prid spodbujanju obnovljivih virov energije navaja naslednje argumente:

- Uporaba fosilnih goriv ima negativne posledice za okolje. Pri uporabi teh goriv nastajajo škodljivi stranski proizvodi, ki neposredno in posredno onesnažujejo kopno, zrak in vodne površine ter ogrožajo življenje na planetu Zemlja. OVE nimajo negativnih posledic za okolje in so s tega vidka neprimerno boljša izbira.
- Fosilna goriva so izčrpljivi viri energije. To je izvor težavam v ponudbi energije, pridobljene iz teh virov, prav tako pa so s tem povezani naraščajoči stroški pridobivanja energije iz omenjenih virov. Zaradi naraščajočega števila svetovnega prebivalstva in s tem povezane naraščajoče porabe energije je problem izčrpljivosti fosilnih goriv še toliko bolj opazen. V primerjavi s fosilnimi gorivi so OVE neizčrpljivi in zagotavljajo stalno oskrbo z energijo kjer koli na svetu.
- Zaloge fosilnih goriv se nahajajo na relativno majhnem številu območij na svetu. To zahteva izgradnjo infrastrukture, ki dobavlja vire energije področjem, ki teh zalog nimajo. Pomeni tudi odvisnost od regij, ki te zaloge imajo, zato so neizogibni ekonomsko-politični in celo vojaški spori glede nahajališč. OVE lahko črpamo skoraj povsod po svetu, zahtevajo manjša vlaganja v oskrbovalno infrastrukturo, zato pravimo, da so učinkovitejši viri črpanja energije, ki pripomorejo k ohranjanju miru in politične neodvisnosti.
- Energija, pridobljena na podlagi fosilnih goriv, postaja vse dražja tudi zaradi zgoraj omenjenih razlogov. Po drugi strani pa postaja energija iz OVE vedno cenejša zaradi stalnega tehnološkega razvoja ter napredka, ekonomij obsega in novih inteligentnih oblik uporabe.

Slovenija se je na podlagi Direktive Evropskega parlamenta in sveta z dne 23. aprila 2009 zavezala, da bo do leta 2020 dosegla 25-odstoten delež obnovljivih virov energije v končni porabi energije. Poročilo o napredku Evropske komisije pri razvoju in rabi obnovljivih virov energije kaže, da je naša država na tem področju ena najmanj uspešnih članic EU. Med glavnimi ovirami so izpostavili birokratske ovire pri umeščanju v prostor. Ovire glede konkretnega umeščanja objektov za proizvodnjo električne energije z izkoriščanjem OVE v prostor izhajajo iz zakonodaje, predvsem v smislu dolgotrajnih postopkov ter neurejenih splošnih aktov. Problem predstavlja tudi pomanjkanje koordinacije državnih organov, ki so vpleteni v postopke z izdajanjem soglasij in dovoljenj. Problem predstavlja tudi pomanjkanje znanja in strokovnjakov na tem področju. Med ekonomske ovire sodijo še dolge vračilne dobe, visoke investicije, nizka dobičkonosnost in nestabilnost fiskalne politike, v finančnem pogledu gre za pomanjkanje posojil, med tehnične ovire pa se uvrščajo administrativno zahteven sistem odkupnih cen, cene emisijskih kuponov ter rezerve v primeru izpada v proizvodnji. Pomembne pa so tudi ovire pri priključevanju proizvodnih objektov na omrežje, in sicer v smislu nezadostnih kapacitet, dolgih rokov za pridobitev dovoljenja ter stroškov priklopa na omrežje. Med problemi sta omenjena tudi neintegralen pristop do problematike ter pot od vira do omrežja.

2.4 Vrste obnovljivih virov energije v Sloveniji

2.4.1 Vetrna energija

Vetrna elektrarna je sistem, ki pretvarja kinetično energijo vetra v električno energijo. Je vir obnovljive in ekološko čiste energije. Kinetična energija vetra se na rotorju vetrnice pretvarja v rotacijsko kinetično energijo vetrnice, ta pa s pomočjo generatorja v električno energijo.

Sestavni deli elektrarne na veter so: steber, ohišje (vsebuje generator, menjalnik hitrosti, rotor, sistem za spreminjanje smeri idr.) in lopatice (po navadi dve ali tri).

Teoretično lahko vetrna elektrarna pretvori največ do 60 % energije vetra v električno, v praksi pa se le od 20 do 30 % energije vetra dejansko pretvori v električno energijo. Večina vetrnih elektrarn potrebuje veter s hitrostjo okoli 5 m/s, da prične obratovati. Pri previsokih hitrostih, običajno nad 25 m/s, se vetrne elektrarne ustavijo, da ne bi prišlo do poškodb. Maksimalne moči so dosežene pri hitrosti okoli 15 m/s. Med 15 in 25 m/s proizvedejo vetrnice največ električne energije (Nemac, Pipan, & Pogačnik, 2004). Pri previsokih ali prenizkih hitrostih vetra je vetrna elektrarna zaustavljena in takrat ne proizvaja električne energije. Tako je izkoriščanje vetrne energije zanimivo tam, kjer dosega vetrovi konstantno visoke hitrosti. Preden se odločimo za postavitev elektrarn na veter, je treba narediti natančne meritve vetra na izbranih lokacijah. Meritve morajo biti opravljene na ustreznih višinah, pri čemer je treba upoštevati, da se z oddaljevanjem od zemeljskega površja hitrost vetra povečuje. Iz meritev dobimo podatke o hitrosti vetra, njegovi smeri itn. Na podlagi teh podatkov lahko ocenimo količino električne energije, ki bi jo proizvajala elektrarna na veter. Moči vetrnih elektrarn se gibljejo od nekaj kW do nekaj MW. Elektrarne z večjo močjo proizvedejo več električne energije, s tehnološkim razvojem pa se te moči vedno bolj povečujejo.

Tabela 4: Prednosti in slabosti izkoriščanja energije vetra

Prednosti	Slabosti
nizki in predvidljivi stroški obratovanja	slab izkoristek
enostavna tehnologija	nestalnost dobave zaradi nestalnega vetra
proizvodnja električne energije iz vetrnih elektrarn ne povzroča emisij in odpadkov	vizualni vpliv na okolico zaradi lastne velikosti
hitra gradnja	v neposredni bližini določen nivo hrupa
enostavna tehnologija	potencialna nevarnost za ptice

Natančnejše meritve vetra potekajo v Sloveniji šele v zadnjih letih. Tako imamo na voljo le kratek časovni niz meritev, primernih za natančnejšo analizo vetrovnih razmer v naših krajih. Največje hitrosti vetra so v pomladanskem in jesenskem času. Za večino krajev v Sloveniji so hitrosti vetra med letom od 1 do 3 m/s, kar pa niso ravno zadostne vrednosti za izkoriščanje vetra. Le v višjih predelih, na primer na Kredarici, so povprečne mesečne hitrosti vetra višje in dosega vrednost nekako med 3,5 in 7,5 m/s (Mlakar, 2010, str. 1-20). V Sloveniji lahko glede števila dni z močnimi krajevnimi vetrovi opazimo veliko krajevno

variabilnost. Zrak namreč teče turbulentno in se pri tleh prilagaja reliefu tako, da sta njegova smer in hitrost skoraj v vsakem kraju nekoliko drugačni. Na splošno so hitrosti vetra in tudi samo število dni z močnimi vetrovi mnogo manjše v dolinskih in kotlinskih krajih kot pa na Obali in na hribovitih območjih. Vzrok za visoko število dni z močnim vetrom na Obali je predvsem burja, ki je sunkovit veter z nestalno pojavnostjo, in to čez vse leto. Za izkoriščanje vetra pa to niso najugodnejše razmere. Smiselna namestitve vetrnic v Sloveniji je predvsem v gorskem v svetu. Vendar pa se ob tem pojavijo dodatne težave, saj se v višjih legah lahko skoraj čez vse leto spustijo temperature pod ledišče in tako se lahko pojavijo tudi snežne padavine in žled na vetrnicah, kar lahko otežuje delovanje le-teh. Gorski svet je edino območje, kjer so hitrosti vetra dovolj velike, da bi bila postavitve vetrnic donosna, vendar je velik del gorskega sveta pod okriljem Triglavskega narodnega parka.

Tako v Sloveniji poleg majhnega števila primernih lokacij izkoriščanje energije vetra ovirajo tudi razna dovoljenja in birokratski postopki za pridobivanje le-teh. Najbolj znan primer pri nas je načrtovana postavitve polja vetrnic na planoti Volovja reber. Načrtovana je postavitve 29 vetrnih turbin, visokih 80 metrov in s skupno močjo 60MW (kar naj bi zadoščalo za približno 1,5 % slovenske porabe), a je zaradi pritožb okoljevarstvenih skupin investicija obstala in je še danes na sodišču.

2.4.2 Geotermalna energija

Toplota, ki je akumulirana oziroma uskladiščena v Zemljini notranjosti, imenujemo geotermalna energija. Ogromne količine toplote nenehno potujejo iz globin na Zemljino površje. Večina toplotne energije se prenaša s konvekcijo toplote. Toplota, ki je v notranjosti, nastaja zaradi gravitacijske energije v času Zemljinega nastanka, ter zaradi radiogene toplote, ki je posledica razpada radioaktivnih izotopov z dolgo razpolovno dobo, ki še vedno traja. Toplota Zemljine skorje vodi iz Zemljinega jedra. Temperatura Zemlje se poveča za 1 °C (geotermična stopinja) na vsakih 33 metrov njene globine. Če je povišanje večje, govorimo o pozitivni anomaliji ali povišani geotermični stopnji ali geotermičnem gradientu. Bistveni pokazatelj perspektivnosti nekega območja je geotermična anomalija, ki s hidrološkega in hidrokemičnega stališča daje jasno sliko možnosti in načina izkoriščanja energetskega potenciala.

Vsi trenutno uporabljeni načini izkoriščanja geotermalne energije temeljijo na odvzemu energije iz naravnih geotermalnih sistemov, katerim energijo dovaja voda iz okolice in jo hkrati prenaša tudi znotraj sistema samega. Voda dovaja energijo na površje, kjer jo izrabljamo. S proizvodnjo začne padati tlak v geotermalnem sistemu, kar povzroča dotok dodatne vode in energije v sistem, ki ga izkoriščamo. Takšni pogoji so značilni za obnovljive vire energije, pri katerih poteka nadomeščanje in izkoriščanje energije približno enako hitro. Geotermalno energijo izrabljamo na dva načina (Grobovšek, 2004):

- z visokotemperaturnimi viri s temperaturo vode nad 150 °C, ki jih izrabljamo za proizvodnjo elektrike;
- z nizkotemperaturnimi viri s temperaturo pod 150 °C, ki jih izrabljamo neposredno za ogrevanje.

Do sedaj se je z radioaktivnim razpadom sprostil tretjina nakopičene energije. Celotna energija Zemljine notranjosti je ocenjena na 6,2-krat 10^{19} GW_h. Tako vidimo, da so potencialne možnosti za pridobivanje energije iz Zemljine notranjosti ogromne. Tehnologija vrtanja danes omogoča le izrabo geotermalne energije do globine 10 km. Količina shranjene toplote v tem pasu znaša 3-krat 10^{14} GWh, od tega je približno tretjina pod kopno površino. Ob sedanjih svetovnih letnih porabi ta količina energije zadostuje za šest milijonov let

Tabela 5: Prednosti in slabosti geotermalne energije

Prednosti	Slabosti
možnost dolgoročnega koriščenja (do 50 let)	potrebna precejšnja začetna investicija
dolga življenska doba naprav	hrup
možnost modularne gradnje in prilagajanja instalirane moči	usedanje tal zaradi praznjenja vodonosnikov
nizki obratovalni in vzdrževalni stroški	
neodvisna od vremena	

Proizvodnje električne energije iz geotermalnih virov v Sloveniji še nimamo. V strokovni javnosti se večkrat govori o izredno visokih ocenah potenciala za proizvodnjo električne energije iz geotermalnih virov; domneve o tem so različne. Kot potencialno je prepoznano širše območje Lendave, kjer so ugotovljene temperature nad 150 stopinj Celzija v primernih globinah (tri do štiri kilometre), vendar temeljite raziskave, ki bi potrdile obstoj visokotemperaturnega geotermalnega sistema s primerno prostornino, količino in lastnostmi termalne vode, še niso bile opravljene. Regionalni geotermalni sistemi, predvsem tisti na območju severovzhodne Slovenije, so zaradi ugodnih hidrogeoloških lastnosti rezervoarjev tarče različnih interesov uporabe. Iz njih se pridobiva predvsem termalna voda, kar zaradi vse številčnejših uporabnikov povzroča pretirano izrabo dostopnih virov. Slovenija razpolaga z 28 naravnimi izviri in 48 lokacijami z vrtinami. Skupna toplotna moč teh virov je približno 130 MWt, uporablja pa se približno 100 MWt in proizvede letno približno 400 GWh toplote. V Sloveniji še ni postavljene nobene elektrarne na geotermalno energijo. Možnost za izgradnjo elektrarn na geotermalno energijo moči 10 MWe je bila analizirana v Ljutomeru in okolici Lendave, vendar zaenkrat še brez konkretnih rezultatov. Da bi ugotovili dejanski potencial posamezne lokacije, je treba najprej izvesti raziskovalno geotermalno vrtino. Investicija za postavitev vrtine je zelo visoka, verjetnost pozitivnega rezultata pa razmeroma nizka (Agencija za prestrukturiranje energetike, 2012).

2.4.3 Lesna biomasa

S pojmom biomasa razumemo biorazgradljive dele pridelkov, odpadkov in ostankov iz kmetijstva (rastlinskega in živalskega izvora), gozdarstva in lesne industrije ter biorazgradljive dele industrijskih in komunalnih odpadkov. Okrog 7 do 10 odstotkov osnovnih energetskega potreb na svetu zadostimo z lesno biomaso, ki obsega predvsem naravni les, prevladuje predvsem uporaba biomase za ogrevanje (Nemac, Pipan & Pogačnik, 2005, str. 1-2). Viri lesne biomase uporabne v energetske namene so:

- gozd – del rednega poseka, vejevina (s premerom nad 5 cm), redčenja, premene, sanitarne sečnje;
- kmetijske in urbane površine – grmišča, obnove sadovnjakov in vinogradov, vzdrževanje parkov in zelenic, čiščenje pašnikov, gradnja objektov;
- lesni ostanki – iz primarne predelave lese (krajniki, žamanje, ocelki, žaganje, iz sekundarne obdelave lesa (lesni prah, skoblanci), lubje;
- odsluženi les – lesna embalaža, gradbeni les, pohištvo, odpadki na komunalnih odlagališčih.

Za pridobivanje energije iz biomase uporabljamo kot glavni proces direktno zgorevanje. V zadnjih letih je bil razvoj tehnologij za učinkovito izrabo lesne biomase izredno hiter. Z ustreznim oblikovanjem kurišča, predvsem pa s sistemi za dodatno vpihavanje zraka, ki so večinoma regulirani s pomočjo senzorjev in sodobne elektronike, je v sodobnih kotlih poskrbljeno, da lesni plini popolnoma izgorijo. V tem primeru se obratovanje kotla opazi le po tem, da zrak ob dimniku »migota«, ker je pač toplejši od okolice, o dimu pa ne bi smelo biti sledi. Bolj kot je naprava, v kateri kurimo lesno biomaso, moderna, večji je izkoristek potencialne energije. Razlike med izkoristki med starimi in modernimi pečmi so tudi dvakratne, kar pomeni, da lahko enako količino energije dobimo tudi ob enkrat manjši uporabi kuriva. S kurjenjem biomase s pomočjo turbin ali motorjev proizvajamo električno energijo in toploto. Za elektrarne na lesno biomaso ni predpisan pogoj uporabe toplote, uporaba le-te pa zvišuje njeno učinkovitost.

Tabela 6: Prednosti in slabosti lesne biomase

Prednosti	Slabosti
Prispeva k čiščenju gozdov.	Tehnologija za izrabo biomase zahteva visoko ceno.
Zmanjšuje emisije CO ₂ in SO ₂ .	Trg goriva je slabo razvit.
Zmanjšuje uvozno odvisnost.	
Spodbuja razvoj podeželja.	
Sodobni sistemi dosegajo visoke izkoristke.	

Po analizi načrtovanega poseka ter analizi sortimentne strukture poseka je trajni potencial lesne biomase za energetske rabo iz gozdov v Sloveniji približno 1.400.000 m³ letno (Ministrstvo za okolje in prostor, 2007, str. 7-15). Teoretični potencial lesne biomase iz gozdov je vsa lesna biomasa, ki jo teoretično lahko pridobimo iz gozdov, in jo predstavlja najvišji dovoljen letni posek lesa. Dejanski razpoložljivi potencial pa je manjši od teoretičnega; na to vlivajo naslednji dejavniki:

- načela gospodarjenja z gozdovi – upoštevamo smernice, cilje in ukrepe, predvidene v gozdnogospodarskih načrtih;
- tehnologija pridobivanja in rabe lesne biomase – opremljenost in usposobljenost lastnikov gozdov in gozdarskih podjetji za pridobivanje lesne biomase;

- trg gozdnih lesnih proizvodov – razmerje med stroški pridobivanja in ceno lesne biomase oz. posameznih gozdnih lesnih sortimentov na trgu;
- socio-ekonomske razmere lastnikov gozdov – značilnosti posameznih socio-ekonomskih kategorij lastnikov gozdov in iz tega izhajajoč odnos do gozda.

Slovenija ima idealne pogoje za uporabo lesne biomase. Skoraj 60-odstotna gozdnatost ji daje na voljo dovolj energetske surovine. V Sloveniji se z lesom ogreva več kot 130.000 gospodinjstev, kar predstavlja veliko porabo lesa za pridobivanje toplotne energije v energetske bilanci. Ob tem imamo samo 5 MW instalirane moči za proizvodnjo električne energije iz lesne biomase, ki v EU in v svetu predstavlja glavno surovino za pridobivanje bioenergije. Proizvodnja električne energije iz lesa in lesnih odpadkov je bila leta 2008 glede na leto 2000 večja za dobrih 300 %, glede na leto prej pa za 270 %. Tako veliko povečanje je posledica začetka sosežiga lesne biomase v velikih enotah proizvodnje električne energije in toplote v termoelektrarni Šoštanj, termoelektrarni Trbovlje ter termoelektrarni-toplarni Ljubljana. Biomasa se je pred tem uporabljala samo v industrijskih enotah soproizvodnje toplote in električne energije. Energetski zakon določa, da morajo kvalificirani proizvajalci z napravami za proizvodnjo električne energije na biomaso ali kombinirane kvalificirane elektrarne na obnovljive vire energije, ki uporabljajo biomaso, na podlagi veljavnih pogodb do leta 2011 za zagotovljen odkup ali prejemanje premij, dosegati celotni izkoristek pretvorbe energije, dovedene z biomaso v električno energijo in koristno toploto, najmanj 70 %. Ob tem moramo vedeti, da sodobni sistemi dosegajo izkoristke tudi tja do 90 %.

2.4.4 Biogoriva

Po mednarodni terminologiji se izraz biomasa (pri poimenovanju goriv) uporablja za trdna goriva, biogorivo (biofuel) pa za tekoča in plinasta goriva, ki jih pridobimo iz biomase. Med tekočimi gorivi je najpomembnejši etanol, poleg njega pa v velikih količinah proizvajajo še metanol in biodiesel, gorivo iz rastlinskih olj. Plinasta biogoriva se tvorijo pri anaerobnem vrenju in pirolizi. Najbolj poznana sta bioplina in sintezni plin. Razlika med uporabo biogoriva in biomase je ta, da gre pri biomaso za izgorevanje biološke snovi in koriščenje nastale energije, pri uporabi biogoriva pa gre za to, da z obdelavo organskih snovi nastajajo gorljivi plini, ki jih potem uporabimo za izgorevanje in izkoriščamo pri tem nastalo energijo. Bioplina je zmes plinov, ki nastane pri anaerobnem vrenju (brez prisotnosti kisika) oziroma fermentaciji organskih snovi.

Bioplina lahko pridobimo iz organske biomase (koruza, travniške trave, detelja, krmna pesa, listi sladkorne pese, sončnice, ogrščica idr.), hlevskega gnoja in gnojevke ter iz deponijskih odpadkov in odpadnih voda. Razkroj biomase in živalskih odpadkov poteka s pomočjo razkrojnih organizmov, kot so bakterije in plesni. Ko se biomasa razkroji v anaerobni okolici, metanogene bakterije pretvarjajo organsko snov v metan. Pridobljeni plin je po lastnostih podoben zemeljskemu plinu, očiščenega lahko dodajamo omrežju zemeljskega plina, uporabljamo ga lahko za proizvodnjo toplote in električne energije ter kot pogonsko gorivo, hkrati pa pridobimo tudi organsko gnojilo za rastline. Količina proizvedenega goriva je odvisna od: vrste bioloških odpadkov, sestave bioplinske naprave in vodenja procesa

fermentacije. V bioplinskih napravah je možno uporabljati vse biološke snovi, katerih sestava se pod delovanjem mikroorganizmov spremeni in ne vsebujejo več kot 15 % suhe snovi. V procesu digestacije je mogoče pridobiti med 55 % in 75 % metana. Tako je mogoče na primer pri travi pridobiti okoli 400 litrov na kilogram suhe snovi, kar je dvakrat toliko kot z digestacijo gnojevke in s hlevskim gnojem. V Sloveniji lahko razdelimo bioplinarne glede na surovine za pridobivanje bioplina na naslednje skupine:

- bioplinarne na biorazgradljive komunalne odpadke iz gospodinjstva in ostalih sektorjev,
- bioplinarne na deponijski plin,
- bioplinarne na čistilnih napravah odpadnih vod (odplak),
- bioplinarne na biorazgradljive odpadke iz industrije (predvsem prehrabena industrija, papirništvo) in klavniški odpadki,
- bioplinarne na kuhinjske odpadke,
- bioplinarne na kmetijske odpadke (živalski gnoj, energetske rastline in zeleni odpadki).

Tabela 7: Prednosti in slabosti bioplina

Prednosti	Slabosti
Zmanjšuje emisije CO ₂ in metana.	Investicijski in obratovalni srtoški so visoki.
Omogoča smotrno uporabo opuščenih kmetijskih površin.	Trg goriva je slabo razvit.
Energetska dejavnost omogoča kmetom dodaten vir zaslužka.	
Proizvodnja energije je neodvisna od letnega časa in v predvidljivih količinah.	
Stranski produkt (organsko gnojilo) omogoča kmetom dodaten vir dohodka.	

V Sloveniji ima bioplinarne že nekaj kmetij, pa tudi največja prašičja farma v Ihanu. V Nemščaku pri Ižakovcih, nedaleč od reke Mure, je nedavno začela delovati ena največjih bioplinarn v Evropi, ki za proizvodnjo bioplina poleg gnojnice uporablja tudi povsem vsakdanjo koruzno silažo, kakršna je namenjena za hrano živine, in mesne odpadke iz nekaterih pomurskih mesnopredelovalnih obratov. Poglavitni cilj strategije za razvoj proizvodnje bioplina v Sloveniji je povečanje proizvodnje in energetske uporabe bioplina v sektorju kmetijstva. Največji neizkoriščen potencial za proizvodnjo bioplina je na malih živinorejskih in poljedeljskih kmetijah in podjetjih. Proizvodnja bioplina na velikih živinorejskih farmah je že izvedena ali v zaključni fazi.

Proizvodnja bioplina v podjetjih, ki zbirajo organske odpadke, na centralnih čistilnih napravah in proizvodnja deponijskega plina je tudi že razvita, tako da je eden glavnih potencialov za pridobivanja bioplina v kmetijstvu. Proizvodnja bioplina v kmetijskem sektorju trenutno poteka na več bioplinskih napravah. V študiji, ki je bila pripravljena za naročnika Holding slovenskih elektrarn, je bil analiziran celoten potencial za pridobivanje bioplina v Sloveniji do leta 2012. Po podatkih iz prej omenjene študije je v fazi razvojne študije, priprave projektov,

pridobivanja soglasij ali gradbenih dovoljenj, 20 naprav s skupno instalirano električno močjo 23 MW; od tega največ v pomurski regiji – pet naprav skupne moči 8,5 MW.

2.4.5 Hidroelektrarne

Voda je eden izmed najstarejših virov energije, ki se jih je človek naučil izkoriščati. Je najpomembnejši obnovljivi vir energije. Hidroenergijo so začeli izkoriščati naši predniki že pred dvema tisočletjema. Več stoletij je hidroenergija namesto človeka opravljala fizično delo. Uporabljala se je v glavnem za direkten pogon mlinov, žag, črpalk in drugih podobnih naprav. Kasneje so ljudje ugotovili, da lahko hidroenergijo pretvorijo v električno energijo. Ljudje so izkoriščanje hidroenergije v energetske namene skozi vso zgodovino le izpopolnjevali in večali njen obseg. Rezultat tega razvoja so velike hidrocentrale, ki imajo moči od nekaj 100 MW pa do nekaj 1000 MW. Glavni del hidroelektrarne je turbina. Vodo dovajajo v turbine, te poganjajo generator, ki pretvarja hidroenergijo v električno. Za izkoriščanje vodne energije je potrebna dokaj enostavna tehnologija in velik energetski tok je lahko skoncentriran na majhnem prostoru. To omogoča ekonomično izgradnjo velikih hidroelektrarn. Razlikujemo različne tipe hidroelektrarn:

- pretočne elektrarne – vsa voda, ki doteka do elektrarne, se sprti porablja oziroma pretvarja v električno energijo, zato je moč te elektrarne odvisna od trenutnega dotoka oziroma pretoka reke; večina malih HE je pretočnega tipa;
- akumulacijske elektrarne – akumulacijske hidroelektrarne izkoriščajo manjše količine vode, ki pa ima velik višinski padec. Pri teh elektrarnah akumuliramo vodo z nasipi ali pa s poplavitvijo dolin in sotesk.; vodo shranimo zato, da imamo določen pretok, tudi ko je vode manj;
- pretočno-akumulacijske elektrarne – te sicer imajo za pregrado jezero, vendar pa je to manjše kot pri akumulacijskih in omogoča le shranjevanje vode v nočnem času, ko so potrebe po električni energiji manjše, ter porabo vode podnevi, ko so potrebe po večje.

Tabela 8: Prednosti in slabosti hidroenergije

Prednosti	Slabosti
enostavna tehnologija	velik poseg v okolje
dolga življenska doba	nihanje proizvodnje glede na razpoložljivost vode po različnih mesecih leta
nizki obratovalni stroški	visoka investicijska vrednost

Trenutno je hidroenergija najpomembnejši obnovljivi energetski vir v Sloveniji in tudi v svetu. V Sloveniji je bilo leta 2010 v hidroelektrarnah proizvedeno 34,2 % vse proizvedene električne energije (Javna agencija Republike Slovenije za energijo, 2011). Po mnenju strokovnjakov Slovenija ne izkorišča razpoložljivega vodnega potenciala za pridobivanje električne energije. Proizvodne zmogljivosti bi lahko skoraj podvojili. V Sloveniji imamo možnosti gradnje majhnih in srednje velikih hidroelektrarn. Za pridobivanje elektrike izkoriščamo reke: Savo, Dravo in Sočo. V prihodnje se med energetske zanimive reke umešča

tudi Mura, priprave na prvo hidroelektrarno že potekajo, zgrajena naj bi bila do leta 2020. Predvidene so t. i. pretočne elektrarne, ki imajo manjši vpliv na okolje in so družbeno sprejemljivejše. Investicije se načrtujejo na že znanih rekah, predvsem za novogradnje srednjih in manjših elektrarn, in tudi za posodobitev obstoječih elektrarn. Do leta 2020 je na reki Savi načrtovana izgradnja več hidroelektrarn. Gradnje se predvidevajo tudi na reki Soči in Idrijci, kjer bodo postavljene predvsem manjše hidroelektrarne. Na reki Dravi, na kateri se v Sloveniji proizvede največ elektrike iz vodne energije, potekajo obnovitvena dela na obstoječih hidroelektrarnah. Obnovitve pa bodo zagotovile nadaljnje delovanje elektrarn tudi za prihodnjih 60 let.

2.4.6 Fotovoltaična energija

Sonce, večni jedrski reaktor, je praktično neizčrpen vir obnovljive energije. Je čist in donosen vir, ki nam lahko zagotovi pomemben del energije za naše potrebe. Energija, ki jo sonce seva na Zemljo, je 15.000 krat večja od energije, kot jo porabi človek. To je energija, ki se obnavlja, ne onesnažuje okolja in je hkrati brezplačna. Izrabljanje sončne energije je odvisno predvsem od količine sončnega sevanja, na katero vplivajo predvsem geografski dejavniki (relief, vreme, letni ča idr.). Sončno energijo lahko izkoriščamo na več različnih načinov, in sicer za pridobivanje toplotne energije (ogrevanje) ali za pridobivanje električne energije.

Kadar gre za pridobivanje električne energije, ta proces imenujemo fotovoltaika. Gre za pretvorbo sončne energije neposredno v električno energijo prek sončnih celic. Proces pretvorbe je čist, zanesljiv in potrebuje le svetlobo kot edini vir energije. Sončne celice spreminjajo energijo svetlobe direktno v elektriko. Narejene so iz silicija, iz drugega po vrsti najbolj razširjenega elementa v Zemeljski skorji. To je material, ki ob izpostavljenosti sončni svetlobi sprošča elektrone, kar povzroča nastajanje električnega toka in s tem enosmerno napetost. Elektriko proizvajajo, dokler na njih seva sončna svetloba, vzdrževanja skoraj ne potrebujejo, ne onesnažujejo in ne povzročajo hrupa, zato je proizvodnja elektrike na ta način najčistejša in najvarnejša. Sončne celice so najrazličnejših velikosti, večina je velikih 10-krat 10 cm in generirajo približno 0,5 V napetosti. Te majhne celice nato povežejo skupaj v module in naprej še v velike površine, da dosežejo večje napetosti in moči. Velikost 50 W modula je približno 40-krat 100 cm. Sončne celice nimajo velikega izkoristka, saj pretvarjajo le 12–15 % sončne svetlobe v elektriko, toda laboratorijski prototipi dosegajo že 30-odstotni izkoristek (Boyle, 2004, str. 76-83). Sončne celice proizvajajo enosmerno (DC) napetost. Ker pa večina električnih naprav zahteva 220 V izmenične (AC) napetosti je treba to s konverterji pretvoriti v izmenično, z DC-AC konverterjem. Poznamo dve poglavni vrsti fotovoltaične tehnologije, kristalno in tanko plastno. Kristalno pa lahko razdelimo še na dve vrsti:

- Monokristalne celice – so narejene z uporabo odrezka celic enega silicijevega kristala valjaste oblike. Monokristalne celice ponujajo najvišjo učinkovitost (približno 18-odstotna pretvorba vpadne sončne svetlobe), vendar pa zapleten procesa njihove proizvodnje nekoliko podraži njihovo prodajno ceno.
- Polikristalne celice – so pridobljene z rezanjem mikrofinih ploskev iz mešanice topljenega in rekristaliziranega silicija. Polikristalne celice so cenejše za proizvodnjo, vendar pa je

tudi njihova učinkovitosti temu ustrezno nižja (približno 14-odstotna pretvorba vpadne sončne svetlobe).

Tankoplastna tehnologija temelji na polaganju ultratankih plasti fotovoltaičnega materiala na podlago. Najpogostejša vrsta tankoslojnega fotovoltaičnega materiala je amorfni silicij, vendar pa lahko uporabljamo tudi številne druge, kot so CIGS (baker indija / galijevega diselenida), CIS (bakrov indij selenid), CdTe (kadmijev telur), barvno občutljive celice in organske sončne celice (Boyle, 2004, str.76-77).

Tabela 9: Prednosti in slabosti fotovoltaike

Prednosti	Slabosti
Je neskončen energetski potencial.	Začetni investicijski stroški so visoki.
Izkoriščanje sonca ne onesnažuje okolja.	Proces je zelo odvisen od vremena, letnega časa.
Proizvodnja in poraba energije sta lahko na istem mestu (ni izgub pri prenosu energije).	Sončne celice imajo nizek izkoristek.
Fotovoltaika omogoča oskrbo na odročnih območjih.	

V Sloveniji se je količina proizvedene električne energije iz sonca v zadnjih nekaj letih močno povečala. To je posledica ugodnih državnih spodbud, zaradi katerih se je veliko zasebnih investitorjev odločilo za investicijo v sončno elektrarno. Republika Slovenija spodbuja investicije v sončne elektrarne z zagotovljenimi odkupnimi cenami. Višina odkupne cene je odvisna od tipa ter velikosti sončne elektrarne in nespremenjena velja za obdobje 15 let, zato je tovrstna naložba varnejša in donosnejša od državnih obveznic ali varčevanja v banki. Po preteku prvih 15 let lahko proizvedeno elektriko prodajamo po tržni ceni ali jo namenimo lastni porabi. V Sloveniji smo imeli do aprila 2012 registriranih 1650 sončnih elektrarn, katerih skupna nazivna moč že dosega 100 MW (Register deklaracij, 2012). Zaradi padajočih cen fotovoltaične opreme in poseđično visokih dobičkov investitorjev je država začela zniževati zagotovljene odkupne cene, kljub temu pa bodo investicije v sončne elektrarne tudi v prihodnje ostale ekonomsko zanimive.

3 PRIMERJAVA OBNOVLJIVIH VIROV V SLOVENIJI

Izbrane vrste obnovljivih virov bom sedaj skušal primerjati med seboj. Posametne energetske vire lahko primerjamo z več različnih vidikov. Razlikujejo se npr. po vplivu, ki ga imajo na okolje, po ceni po kateri proizvajajo energijo, po količini energije ki jo potencialno lahko proizvedejo. Da bi poskusil ugotoviti, kateri obnovljiv vir energije je za Slovenijo najboljši, sem se odločil izbrane obnovljive vire primerjati z ekonomskega, energetskega in okoljskega vidika. Da bi obnovljive vire lahko ustrezno primerjal, sem za vsakega izmed izbranih vidikov moral določiti kriterije, na podlagi katerih jih bom razvrstil.

3.1 Ekonomski vidik

Ekonomski vidik posameznih obnovljivih virov energije bom presojal predvsem po dveh glavnih kriterijih, in sicer po tem, kakšen je strošek postavitve enega kW nazivne moči posamezne vrste elektrarne, ter kakšna je stroškovna cena kilovatne ure električne energije iz posamezne vrste elektrarne. Pri tem moramo vedeti, da na strošek nazivne moči elektrarne vpliva velikost naprave: večja kot je moč elektrarne, nižji je strošek za 1 kW nazivne moči. Na stroškovno ceno proizvedene električne energije vplivajo obratovalni in vzdrževalni stroški, amortizacijska doba naprave ter število letnih obratovalnih ur naprave. Pri tem se bom opiral na Metodologijo določanja referenčnih stroškov električne energije, proizvedene iz obnovljivih virov energije, ki jo je za potrebe Ministrstva za gospodarstvo pripravil leta 2009 Inštitut Jožef Stefan.

Cena postavitve vetrne elektrarne je odvisna od moči vetrnice (večja nazivna moč vetrnice pomeni nižjo ceno na kW nazivne moči) in v povprečju znaša približno 1100 € za kW nazivne moči elektrarne. Obratovalni in vzdrževalni stroški znašajo v povprečju od 33 do 44 € na kW nazivne moči na leto oziroma okoli 2 c/kWh proizvedene električne energije. Življenjska doba vetrne elektrarne znaša povprečno okoli 30 let, amortizacijska doba strojne opreme pa okoli 10 let. Polne obratovalne ure vetrne elektrarne so odvisne predvsem od hitrosti vetra na lokaciji, kjer ta stoji. Proizvodni stroški kWh električne energije so zato odvisni od vetrnega potenciala območja na katerem je elektrarna postavljena. Na območjih z manj vetra je stroškovna cena električne energije več kot 10 c/kWh, na območjih z velikim potencialom za izkoriščanje vetrne energije pa cena pade proti 5 c/kWh (Inštitut Jožef Stefan, 2009).

Stroški gradnje geotermalne elektrarne vključujejo vrtanje vrtine, analizo pridobljenih podatkov o vrtini ter potem gradnjo primerne elektrarne z vso potrebno infrastrukturo. Cena se giblje med 3000 in 3500 € na kW nazivne moči. Obratovalni in vzdrževalni stroški se gibljejo od 100 do 170 € na kW oziroma v povprečju znašajo 3 c/kWh proizvedene električne energije. Življenjska doba geotermalne elektrarne znaša približno 30 let, amortizacijska doba strojne opreme pa približno 10 let. Polne obratovalne ure geotermalne elektrarne so odvisne predvsem od stalnosti pritiska in temperature. V geotermalnih elektrarnah lahko dosežemo približno 4500 polnih obratovalnih ur na leto. V takem primeru bi znašala stroškovna cena električne energije od 15 c/kWh (ob upoštevanju 7 % amortizacijske stopnje) do 18 c/kWh (ob upoštevanju 12 % amortizacijske stopnje) (Inštitut Jožef Stefan, 2009).

Višina investicije za elektrarno na biomaso je najprej odvisna od velikosti elektrarne oziroma toplotnega odjema. Ocenjuje se, da znašajo tipični investicijski stroški:

- za naprave do 50 kW okoli 7500 €/kW,
- za naprave do 1 MW okoli 5000 €/kW,
- za naprave do 5 MW okoli 3500 €/kW,
- za naprave nad 5 MW pa okoli 3000 €/kW.

Povprečni obratovalni in vzdrževalni stroški, vključno s stroški goriva, znašajo v povprečju od 80 do 165 €/kW na leto oziroma okoli 2 c/kWh proizvedene električne energije.

Življenjska doba biomasnih postrojenj znaša povprečno približno 25 let, amortizacijska doba strojne opreme pa 10 let. Za primer: 1 MW elektrarne na biomaso in ob upoštevanju 4000 obratovalnih ur letno bi znašala stroškovna cena električne energije od 22 c/kWh (ob upoštevanju 7 % amortizacijske stopnje) do 27 c/kWh (ob upoštevanju 12 % amortizacijske stopnje). Da pri procesu nastajajočo toploto izkoristimo in dosežemo polni izkoristek elektrarne na biomaso, pa potrebujemo še toplovodno omrežje in odjemalce toplote, kar pa investicijo še dodatno podraži (Inštitut Jožef Stefan, 2009).

Pri elektrarnah na bioplin ločimo elektrarne do 1 MWe, večje do 5 MW ter z močjo nad 5 MW. Stroški investicije so tako za bioplinske elektrarne do 1 MWe 4500 €/kW, od 1 MW do 5 MW 4000 €/kW ter nad 5 MW 3800 €/kW. Obratovalni in vzdrževalni stroški se gibljejo od 120 do 145 €/kW oziroma v povprečju znašajo 2,5 c/kWh proizvedene električne energije. Življenjska doba elektrarn na bioplin znaša povprečno okoli 30 let, amortizacijska doba strojne opreme pa okoli 10 let. Polne obratovalne ure elektrarn na bioplin so odvisne predvsem od proizvodnje bioplina. V primeru bioplinskih naprav lahko dosežemo okoli 6000 polnih obratovalnih ur na leto, kar bi za bioplinsko elektrarno moči 1 MW pomenilo stroškovno ceno električne energije 15 c/kWh (ob upoštevanju 7 % amortizacijske stopnje) oziroma 18 c/kWh (ob upoštevanju 12 % amortizacijske stopnje). Pri tem ni upoštevan še dodaten dohodek investitorju, ki ga predstavlja prodaja organskega gnojila, ki je končni produkt procesa anareobnega proizvodnje organskega plina (Inštitut Jožef Stefan, 2009).

Stroški investicije v hidroelektrarne so v prvi vrsti odvisni od velikosti hidroelektrarne ter načina postavitve v prostor (npr. gradnja jezua zelo podraži investicijo). Ocenjuje se, da znašajo tipični investicijski stroški za hidroelektrarno do 50 kW okoli 2500 €/kW, za večje elektrarne do 1 MW okoli 2200 €/kW ter za elektrarne do 10 MW okoli 1800 €/kW. Sami obratovalni in vzdrževalni stroški znašajo v povprečju od 0,9 do 1,25 c/kWh – brez upoštevanja koncesnine – in se gibljejo na nivoju od 1,5 do 5 % investicijskih stroškov. Sami stroški pa bistven varirajo med različnimi velikostmi elektrarn. Življenska doba hidroelektrarne znaša med 40 in 60 let, amortizacijska doba strojne opreme pa je okoli 10 let. Ob upoštevanju 4000 ur letnega obratovanja znašajo stroški električne energije od 10 c/kWh (amortizacijska stopnja 7 %) pa do 13 c/kWh (ob upoštevanju 12 % amortizacijske stopnje) (Inštitut Jožef Stefan, 2009).

Stroški investicije v sončne elektrarne so najbolj odvisni od vrste modulov, ki jih nameravamo uporabiti. Za monokristalne module se cena giblje okoli 2000 €/kW do 3000 €/kW, skupaj s pripadajočo opremo (razsmerniki, nosilci idr.) pa cena naraste na okoli 3000 €/kW do 4000 €/kW za celoten sistem. Polikristalni in amorfni moduli so cenejši, a tudi njihov izkoristek je manjši. Ob tem se moramo zavedati, da cena modulom pada, vsako leto za približno 20 %. Obratovalni in vzdrževalni stroški znašajo približno 2 c/kWh, življenska doba sončne elektrarne pa je približno 25 let. Proizvodni stroški električne energije iz sončnih elektrarn znašajo od 15 c/kWh pa tja do 33 c/kWh, nanje pa bolj kot amortizacijska stopnja vpliva lokacija, kamor je sončna elektrarna postavljena. Če je na legi z veliko sonca, je cena nižja kot v primeru, da je zaradi podnebnih razmer izpostavljena manjši količini sončnih žarkov (Inštitut Jožef Stefan, 2009).

3.2 Energetski vidik

Z energetskega vidika je ključen kriterij, kakšen energetski potencial ima posamezen obnovljiv vir energije v Sloveniji, torej kakšna bi bila največja možna letna količina proizvedene električne energije.

Energetski potencial za postavitev vetrnih elektrarn v Sloveniji določajo primerna območja za postavitev polj vetrnih elektrarn. Primerna območja so odvisna od dveh kriterijev, in sicer razvojnega kriterija ter okoljevarstvenega kriterija. Razvojni kriterij se nanaša na zadostne količine vetra. Med območja z zadostnimi količinami vetra uvrščamo tista, kjer povprečna letna hitrost vetra 50 m nad tlemi presega 4,5 m/s. Okoljevarstveni kriterij pa opredeljuje varstvena, zavarovana, ogrožena in druga območja, na katerih je na podlagi predpisov vzpostavljen poseben pravni režim in je zato gradnja otežena ali pa sploh ni mogoča. Za potrebe Nacionalnega energetskega programa je bil leta 2010 izveden projekt Celovit pregled potencialno ustreznih območij za izkoriščanje vetrne energije, s katerim so ugotovili, da je na podlagi obeh kriterijev v Sloveniji moč opredeliti 14 potencialnih območij za postavitev vetrnih elektrarn moči nad 10 MW: Porezen, Rogatec–Črnivec–Ojstri vrh, Špitalič–Trojane–Motnik, Knezdol–Mrzlica, Golte, Črni vrh–Zaloška planina, Slivniško pohorje, Velika gora, Novokrajski vrhi, Hrpelje–Slope, Senožeška brda–Vremščica, Grgar–Trnovo, Banjšice–Lokovec in Avče. Na analiziranih potencialnih območjih so ocenjene skupne zmogljivosti med 242 MW in 768 MW električne moči vetrnic ter letna proizvodnja električne energije med 436 GWh in 1382 GWh (Mlakar, 2010).

Dosedanje geološke in hidrogeološke raziskave razen visoke temperature še niso identificirale dovolj izdatnega vodonosnika, zato je o možnosti postavitve in kapaciteti potencialne geotermalne elektrarne v Sloveniji neutemeljeno razpredati. Morebitni visokotemperaturni geotermalni vir je treba najprej dokazati, kar omogočajo le nove raziskave, ki jih na žalost spremljajo visoki investicijski stroški. Dosedanje raziskave so pokazale da je primerna zgolj prekmurska regija, pa še tam je potencial za postavitev elektrarne z zgolj nekaj deset GWh letne proizvodnje električne energije.

Potencial lesne biomase je količina lesa, ki je na nekem območju trajno razpoložljiva v energetske namene. Energetski potencial biomase lahko ocenimo iz podatkov o površini gozdov, letnem prirastku, najvišjem možnem poseku ter vrsti lesa v gozdu. Na Gozdarskem inštitutu Slovenije so leta 1998 v okviru mednarodnega projekta Removing Barriers to Biomass District Heating Projects in Slovenia ocenili potencialne lesne biomase uporabne v energetske namene na nivoju države in na nivoju posameznih občin. Z analizo podatkov Statističnega urada za statistiko o lesnopredelovalni industriji, podatkov Zavoda za gozdove in podatkov Kmetijskega inštituta Slovenije so ocenili potencialne iz gozdov, kmetijskih površin v zaraščanju in iz lesno predelovalne industrije. Ocenili so, da je skupni letni potencial lesne biomase 600.000 t suhe snovi oziroma 3 TWh energije. Skoraj polovico teh potencialov so ostanki predelave lesa (46 %), sledijo potenciali iz gozdov (33 %) ter potenciali iz zaraščajočih površin (21 %) (Medved, Robek, Žgajnar, Kranjc & Bitenc, 1998, str.1-5).

Da bi ugotovili, kakšen potencial predstavljajo živalska gnojila, ki nastajajo v reji domačih živali, in koliko kmetijskih površin bi lahko namenili za pridelavo rastlinske biomase za proizvodnjo bioplina, so na Kmetijsko gozdarski zbornici Slovenije izdelali študijo z naslovom Kmetijski potencial za proizvodnjo bioplina v Sloveniji. Z modeliranjem so ocenili potencial bioplina iz živalskih gnojil, predvsem gnojevke govedi, prašičev, kokošjega gnoja in gnoja, ki nastaja pri pitanju piščancev in puranov na tistih kmetijskih gospodarstvih, ki imajo za slovenske razmere večji stalež živali. Količino rastlinske biomase so na njivskih površinah in travinju ocenili na večjih poljedelskih kmetijah, ki pridelujejo poljščine izključno za trg, in na manjših kmetijah, ki se z rejo živali zaradi ekonomskih razlogov ne ukvarjajo več, površine pa še vedno obdelujejo in pridelke prodajo na trgu. V analizi so upoštevali tri možne scenarije: prvi najmanj posega v primarno kmetijsko pridelavo ter zajema 10 % njivskih površin in travinja na izbranih kmetijskih gospodarstvih, tretji pa najbolj posega v primarno kmetijsko pridelavo in je mogoč takrat, ko bi bilo za kmetijsko gospodarstvo ugodneje prodati rastlinsko biomaso za proizvodnjo bioplina kot pa hrano za ljudi ali krmo za živali, ter zajema 30 % njivskih površin in travinja na izbranih kmetijskih gospodarstvih. Po analizi Kmetijsko gozdarske zbornice je v Sloveniji dovolj potenciala, da bi lahko postavili vsaj za 86 MW bioplinskih elektrarn (trenutno jih je postavljenih za 14 MW). Po tretjem scenariju je kmetijske biomase za proizvodnjo bioplina dovolj celo za 147 MW, ne da bi pri tem bistveno posegali v primarno kmetijsko pridelavo hrane. Količina potencialno proizvedene električne energije se giblje od 689 GWh do 1179 GWh. Tako bi lahko z električno energijo oskrbovali več kot 319 tisoč gospodinjstev. Največji kmetijski potencial za proizvodnjo bioplina v Sloveniji imata pomurska in podravska regija, sledita ji osrednjeslovenska, gorenjska in savinjska regija. Najmanjši kmetijski potencial za proizvodnjo bioplina je trenutno na področju zasavske, koroške in notranjskokraške regije (Pšaker, 2011, str.1-5).

V Sloveniji so energetska najpomembnejša porečja velikih vodotokov – Drave, Save, Soče in Mure, ki se napajajo predvsem iz alpskega pogorja. Ob tem pa je tudi možna energetska raba na manjših vodotokih predalpskega področja. Hidrološke značilnosti slovenskih rek so zelo različne: Drava in Mura imata snežni režim; Sava in Soča snežno-dežni režim; pri ostalih manjših vodotokih predalpskega področja pa prevladuje dežni režim. Delež izkoriščenosti je po glavnih vodotokih naslednji: Drava 98 %, Soča 34 % in Sava 18 % (prevladujejo pretežno velike HE), pri manjših vodotokih pa je izrabljenega 25 % potenciala, pretežno z malimi HE. Energetski bruto potencial slovenskih vodotokov je po raziskavi mag. Djordja Žebeljana z naslovom Pomen in potencial hidroenergije v Sloveniji ocenjen na 19.440 GWh na leto. Od tega je tehnično izkoristljivega potenciala 9145 GWh, ekonomsko pa je možno izkoristiti med 7000 in 8500 GWh. Trenutno je izkoriščenih 4115 GWh, kar predstavlja 45 % celotnega tehničnega razpoložljivega potenciala. Količina proizvedene energije je odvisna od nivoja gladine rek in zato lahko tudi precej varira v odvisnosti od količine padavin v posameznem letu (Žebeljan, 2010, str. 3-12).

Sončna energija je energetski vir, ki teoretično lahko pokrije vse potrebe po energiji v Sloveniji. S postavitvijo enega milijona elektrarn s površino po 100 m², ki bi imele moč 12 kW in letno proizvodnjo 12.000 kWh, bi pokrili celotno porabo električne energije v

Sloveniji, ki znaša 12.000 GWh. Zdaj so visoka cena tehnologije in proizvedene energije glavna ovira za to, so pa sončne elektrarne zanimive za zelo veliko število investorjev, saj jih lahko postavi skoraj vsakdo, poleg tega imajo zaradi proizvodnje v velikih serijah tudi največji potencial za znižanje stroškov. Ker sta proizvodnja in poraba energije lahko na istem mestu, tako ne prihaja do izgub pri prenosu energije. Proizvodnja energije je odvisna od sončne obsevanosti – ob oblačnem vremenu je le te manj, zato je proizvodnja energije takrat nižja. Prav tako je proizvodnja električne energije v primerjavi s poletjem manjša pozimi, saj zaradi manjšega vpadnega kota sončnih žarkov Zemlja takrat prejme manj Sončeve energije.

3.3 Okoljski vidik

V tem poglavju bom poskušal ugotoviti, kakšen je vpliv uporabe posameznih vrst obnovljivih virov energije na okolje oziroma, natančneje, njihov vpliv na zrak, tla ter na živali in rastline.

Vetrna energija je ena izmed okolju bolj prijaznih oblik pridobivanja energije. Med samim delovanjem ni emisij zraka s toplogrednimi plini, zato ni vpliva na zrak. Med delovanjem ni odpadkov ali nevarnih kemičnih snovi, ki bi onesnaževala tla. Potencialno nevarnost predstavljajo zgolj olja v turbinah, ki bi v primeru mehanske poškodbe lahko iztekla v okolico. Moderne vetrne turbine obratujejo z majhnimi količinami hrupa in rotirajo tako počasi, da so redko nevarne za ptice. Slaba stran vetrnih polj je, da kazijo krajinsko podobo pokrajine in predstavljajo poseg v naravno okolje. V primeru umeščanja vetrnih elektrarn v varovana območja je potrebna celovita presoja potencialnih vplivov na habitatne živalske in rastlinske vrste območja.

Izraba geotermalne energije ima manjši okoljski vpliv od konvencionalnih virov energije in lahko prispeva k zmanjšanju emisij toplogrednih plinov. Pri proizvodnji elektrike v geotermalni elektrarni lahko pride tudi do onesnaževanja zraka, ker geotermalna para vsebuje škodljive pline CO₂, H₂S, NH₃, CH₄, N₂. Največji problem predstavlja H₂S, ki oksidira v žveplov dioksid, ta pa v žvepleno kislino, ki povzroča kisel dež. Lahko povzroči kemično in/ali termično onesnaženje vode in zraka, bistveno spremeni lastnosti rezervoarja in s tem vzorce površinskih pojavov (topli izviri, gejziri), pospešuje pa celo ugrezanje in nabrekanje tal ter potresno aktivnost. Ugrezanje tal lahko preprečimo z reinjektiranjem energijsko osiromašene vode, s čimer preprečimo tudi onesnaženje površinskih vod, saj se te zaradi spuščanja odpadne termalne vode v površinske ogrevajo, poleg tega pa se v njih poveča vsebnost škodljivih snovi. Para iz geotermalnih nahajališč povzroča tudi hrup, ki pri prostem izpustu pare znaša tudi do 120 dB, zato je treba na geotermalno elektrarno vgraditi dušilnike zvoka (Aquarius d.o.o., 2011, str.1-18).

Lesna biomasa je obnovljiv vir energije, saj je ob pravilni uporabi (posekamo manj kot je letni prirastek gozdov) ne zmanjka in nima vplivov na okolje, saj je CO₂ nevtralna. CO₂, ki se pri proizvodnji energije sprošča pri zgorevanju lesa, bi se v naravi namreč emitiral v okolje z gnitjem. Prav tako uporaba lesne biomase nima negativnega vpliva na tla. Izkoriščanje lesne biomase gozdov v energetskih sistemih na lesno biomaso lahko vpliva na značilnost gozdne krajine in uvajanje novih kmetijskih kultur z višjo energetsko vrednostjo. Uporaba lesne biomase bi kot alternativa fosilnim gorivom povzročila tudi boljšo skrb za gozdove, s čimer bi

bili zagotovljeni nega in kakovost gozdov, poleg tega pa bi lahko opuščene kmetijske površine zopet gospodarno uporabili. Energetsko izkoriščanje lesne biomase pomeni manjšo rabo fosilnih virov energije in s tem čistejše okolje (Aquarius d.o.o., 2011, str. 1-18).

Bioplin lahko pridobivamo pri biološki razgradnji iz trdnih komunalnih odpadkov, odpadnih vod, organskih odpadkov iz kmetijstva in kmetij, živilskopredelovalnih odpadkov ter odpadkov iz gozdarstva. Te snovi nastajajo večinoma kot odpadni proizvod v kmetijstvu, industriji, komunalni ter čistilnih napravah, zato je njihovo koriščenje z okoljskega vidika zelo upravičeno. Emisije CO₂ veljajo za nevtralne, ker iste količine CO₂, ki nastanejo z izgorevanjem, pred tem med rastjo, vsrkajo zelene rastline, namenjene proizvodnji bioplina. Torej so, če izgorevanje bioplina poteka pod optimalnimi pogoji, splošni učinki emisij, ki nastajajo ob pretvorbi organske biomase v bioplin z uporabo anaerobne presnove, v celoti pozitivni. Ne gre namreč samo za zmanjšanje emisij CO₂, ki jih povzroča uporaba fosilnih goriv, temveč tudi za znatno zmanjšanje drugih emisij, npr. metana iz živinskega gnoja, ki bi se sproščal, če bi gnoj prepustili naravnemu procesu gnitja. Uporaba bioplina ima številne okoljske prednosti, saj poleg zmanjševanja emisij metana in CO₂ tudi zmanjšuje emisije trdnih delcev in dušikovih oksidov, za okolico bioplinarne je moteč zgolj neprijeten vonj. Pri proizvodnji bioplina nastane kot stranski produkt naravno organsko gnojilo, čigar uporaba zmanjšuje uporabo umetnih gnojil in s tem pripomore k manjšemu onesnaževanju prsti. Uporaba bioplina kot energetskega vira spodbuja smotrno izrabo opuščeni kmetijskih površin, ki jih lahko potencialno uporabimo za pridelavo zelene biomase, ki je uporabna za proizvodnjo bioplina. Vse glasnejši so zagovorniki teze, da se zaradi proizvodnje surovin za biogoriva povečujejo cene hrane, ker se zmanjšuje delež razpoložljive zemlje za proizvodnjo hrane (Aquarius d.o.o., 2011, str. 1-18).

Gradnja hidroelektrarn vpliva na okolje na več načinov. Hidroelektrarne nimajo nikakršnega vpliva na zrak. Vplivi so vidni v spremenjeni pokrajini in spremenjeni gladini talne vode, odražajo pa se tudi na značilnostih vodotoka ter življenjskega prostora v reki in ob njej. Vodne elektrarne so objekti, zgrajeni neposredno ob in na vodni površini. Nekateri strojni deli vsebujejo za okolje nevarne snovi. Nevarnost za tla povzročajo predvsem velike količine turbinskih in transformatorskih olj. Izlive v reko in v podtalnico ob primerih okvar preprečujemo z ustreznimi lovilci olj, ki onemogočajo nekontrolirano onesnaženje. Tudi analize rečnega sedimenta so pokazale, da vsebuje mulj visoke koncentracije toksičnih snovi, kot so spojine žvepla in toksičnih kovin (svinec, kadmij) ter visoke koncentracije evtrofikacijskih snovi, kot so spojine fosforja in dušika. Zaradi navedenih lastnosti se odloženi mulj šteje za odpadek s povečano vsebnostjo škodljivih snovi. Najbolj viden vpliv izgradnje in obratovanja hidroelektrarn je predvsem spremenjen življenjski prostor ob reki in ovirana izraba vodne površine za rekreacijske namene. Problem nastane tudi pri zajezevanju, ker je nevarnost, da voda poruši jez, poleg tega pa je treba iz območja pred jezom, ki ga poplavi akumulirana voda izseliti morebitne prebivalce. Hidroelektrarne tudi zmanjšujejo količino kisika v vodi, zaradi česar lahko pride do zadušitve rib; na splošno odločilno vplivajo na rečni ekosistem (Aquarius d.o.o., 2011, str.1-18).

Sončne elektrarne neposredno pretvarjajo sončno sevanje v enosmerno električno napetost brez onesnaževanja okolja, brez izpustov toplogrednih plinov, škodljivih snovi ali odpadkov, ki bi onesnaževali zrak ali tla. Samostojno stoječe elektrarne sicer predstavljajo določen poseg v okolje, ki ga minimaliziramo s preiščanim umeščanjem v prostor, medtem ko sončne elektrarne na strehah ali fasadah stavb ne predstavljajo nikakršnega posega v rastlinsko ali živalsko življensko okolje. Proizvodnja energije je odvisna zgolj od intenzitete svetlobe. Nekaj emisij CO₂ sicer nastane pri sami izdelavi elektrarne, a so te emisije veliko manjše od tistih, ki bi nastale ob pridobivanju električne energije iz konvencionalnih virov. Slabo stran fotovoltaike predstavlja zgolj relativno velika količina energije, ki je potrebna za izdelavo fotovoltaičnih modulov. Elektrarno je mogoče tudi razgraditi, module reciklirati in nekatere materiale znova uporabiti.

3.4 Primerjalna analiza obnovljivih virov energije v Sloveniji

V tem poglavju bom skušal pridobljene ugotovitve strniti in izbrane obnovljive vire energije primerjati z ekonomskega, energetskega in okoljskega vidika. Namen je razvrstiti obnovljive vire energije – od tistih, ki bi jih po mojem mnenju Slovenija morala najbolj spodbujati, do tistih, za katere bi bilo to najmanj smiselno.

Tabela 10: Primerjava obnovljivih virov energije z ekonomskega, energetskega in okoljskega vidika

	Ekonomski vidik	Energetski vidik	Okoljski vidik
Vetna	investicija: 1100 €/kW stroškovna cena: 5–10 c/kWh	energetski potencial: 436–1382 GWh	- ni emisij - ne onesnažuje tal - vpliv na ptice - hrup
Geotermalna	investicija: 3000–3500 €/kW stroškovna cena: 15–18 c/kWh	energetski potencial: nekaj deset GWh	- v primeru da iz pare ne odstranimo plinov onesnažuje zrak - v primeru da izrabljene vode ne reinjektiramo možno sesedanje tal in onesnaženje površinskih voda - povzroča hrup
Biomasa	investicija: 3000–7500€/kW stroškovna cena: 22–27c/kWh	energetski potencial: 3000 GWh	- ne povečuje emisij - omogoča ponovno uporabo opuščanih kmetijskih površin - nove kmetijske kulture, prispeva k čiščenju gozdov
Bioplin	investicija 3800–4500 €/kW stroškovna cena: 15–18 c/kWh	energetski potencial: 689–1179 GWh	- ni emisij - organska gnojila zmanjšujejo uporabo umetnih gnojil - omogoča smotrno uporabo opuščanih kmetijskih površin - smrad
Hydroenergija	investicija: 1800–2500 €/kW stroškovna cena: 10–13 c/kWh	energetski potencial: 9145 GWh, od tega 45 % že izkoriščeno	- ni emisij - vpliv na vodotok in rečni ekosistem - spremenjen življenski prostor
Fotovoltaika	investicija: 3000–4000 €/kW stroškovna cena: 15–33 c/kWh	energetski potencial: močno presega energetske potrebe	- ni emisij - ni vpliva na tla

Primerjava izbranih obnovljivih virov energije z ekonomskega vidika oziroma vidika njihove cenovne konkurenčnosti nam pokaže, da je najboljša (to je najcenejša) vetrna energija, na drugem mestu je hidroenergija, na tretjem geotermalna energija, sledijo pa fotovoltaika ter bioplin in lesna biomasa. Najnižja cena za vetrno in hidroenergijo je posledica relativno preproste in že dobro razvite tehnologije, saj gre v obeh primerih zgolj za pretvarjanje mehanske energije vetra oziroma vode v električno energijo s pomočjo vetrnice oziroma turbine, ki poganja generator. Najvišja stroškovna cena za lesno biomaso in bioplin pa je posledica visoke investicijske vrednosti zaradi relativno drage opreme, ki omogoča učinkovito izgorevanje, ter zaradi izgradnje toplovodnega omrežja.

Primerjava z energetskega vidika, pri katerem igra ključno vlogo njihova razpoložljivost oziroma energetski potencial, nam pokaže, da ima največji potencial fotovoltaika, na drugem mestu je hidroenergija, na tretjem je lesna biomasa, sledijo pa vetrna energija, bioplin ter geotermalna energija. Slabost fotovoltaike je odvisnost od vremena (ob oblačnem ali deževnem vremenu zemljo doseže manjša količina sončne energije), odvisnost od letnih časov (pozimi manj sončne energije kot poleti), prav tako je na voljo zgolj podnevi, ko so sicer tudi energetske potrebe zaradi gospodarske aktivnosti precej večje kot ponoči. Kljub vsem tem slabostim pa še vedno zaseda prvo mesto, saj na površino Slovenije vsak dan pade tolikšna količina sončne energije, ki za več tisočkrat presega naše energetske potrebe. Najslabše se odreže geotermalna energija, saj temperatura in izdatnost vodonosnikov pod slovenskim površjem omogočata njihovo izrabo zgolj za potrebe ogrevanja ter zdraviliškega turizma.

Primerjava iz okoljskega vidika predstavlja vpliv, ki ga ima uporaba izbranih obnovljivih virov energije na okolje. S tega vidika je najboljša izraba bioplina, na drugem mestu je lesna biomasa, na tretjem mestu fotovoltaika, sledijo pa vetrna energija, hidroenergija ter geotermalna energija. Na prvo mesto sem postavil bioplin zato, ker je ta način proizvodnje energije ne samo brez negativnih učinkov na okolje, temveč ima na okolje celo nekaj pozitivnih učinkov, npr. spodbuja uporabo organskih gnojil ter rešuje problem snovi, ki nastajajo kot odpadni proizvodi v kmetijstvu, industriji, komunalni in čistilnih napravah. Tudi ostale vrste obnovljivih virov nimajo posebej velikega negativnega vpliva na okolje; še največjega ima hidroenergija, ki dodobra vpliva na rečni ekosistem, ter geotermalna energija, ki lahko povzroča onesnaženje zraka in tal, hrup ter sesedanje tal.

Da bi zbrane obnovljive vire razvrstil, jih bom glede na posamezni vidik rangiral, najboljšemu bom dodelil rang 1, najslabšemu pa rang 6. Tako bo tisti z najmanjšim povprečnim rangom najboljši, tisti z najvišjim pa najslabši. Za potrebe primerjalne analize naredil tri različne scenarije.

V prvem scenariju (uravnoveženi pristop) bom ekonomskemu, energetskega in okoljskega vidiku dodelil enake uteži. V drugem scenariju (okoljski pristop) bom zaradi dejstva, da obnovljivi viri predstavljajo okolju prijazen način pridobivanja energije brez močnega negativnega vpliva na okolje, okoljskega vidiku zmanjšal vpliv na skupno razvrstitev (utež: 0,2), ekonomskemu in energetskega pa ustrezno povečal vpliv na skupno razvrstitev (utež: 0,4). V tretjem scenariju (dolgoročni pristop) bom ublažil vpliv stroškovne cene na razvrstitev, zato sem ekonomskemu vidiku zmanjšal utež na 0,3, okoljskega vidiku pa

ohranil utež v višini 0,2, medtem ko se je energetskega vidiku posledično utež povečala na 0,5.

Tabela 11: Scenarij 1: Rangiranje obnovljivih virov energije – uravnoteženi pristop

	RANG					
	Vetrna	Geotermalna	Lesna biomasa	Bioplin	Hidroenergija	Fotovoltaika
Ekonomski vidik	1	3	6	5	2	4
Energetski vidik	4	6	3	5	2	1
Okoljski vidik	4	6	2	1	5	3
POVPREČNI RANG	3	5	3,67	3,67	3	2,67

Primerjava v tabeli 11 (scenarij 1) nam pokaže, da je v primeru enakih uteži za državo najprimernejše čim izdatnejše spodbujanje fotovoltaične energije. Iz okoljevarstvenega vidika le ta ne povzroča onesnaževanja, kar pa sicer v večji meri velja za vse vrste obnovljivih virov. Z energetskega vidika je njen potencial neomejen, saj pogosto presega naše energetske potrebe. Vprašljiv je le njen ekonomski vidik, saj je njena cena zaenkrat še vedno relativno visoka, zato tukaj dosega četrto mesto na lestvici obnovljivih virov energije. Če vsakemu od treh izbranih vidikov pripišemo enako utež, vidimo, da je najboljša fotovoltaika, sledita pa ji na drugem mestu vetrna in hidroenergija.

Poglejmo, kaj se zgodi, če okoljskemu vidiku dodelimo manjši pomen od ekonomskega in energetskega, saj za nobenega od obnovljivih virov ne moremo trditi, da ima v primerjavi s fosilnimi gorivi velik negativen vpliv na okolje.

Tabela 12: Scenarij 2: Rangiranje obnovljivih virov energije – okoljski pristop

	RANG					
	Vetrna	Geotermalna	Lesna biomasa	Bioplin	Hidroenergija	Fotovoltaika
Ekonomski vidik (ponder 0,4)	1	3	6	5	2	4
Energetski vidik (ponder 0,4)	4	6	3	5	2	1
Okoljski vidik (ponder 0,2)	4	6	2	1	5	3
POVPREČNI RANG	2,8	4,8	4	4,2	2,6	2,6

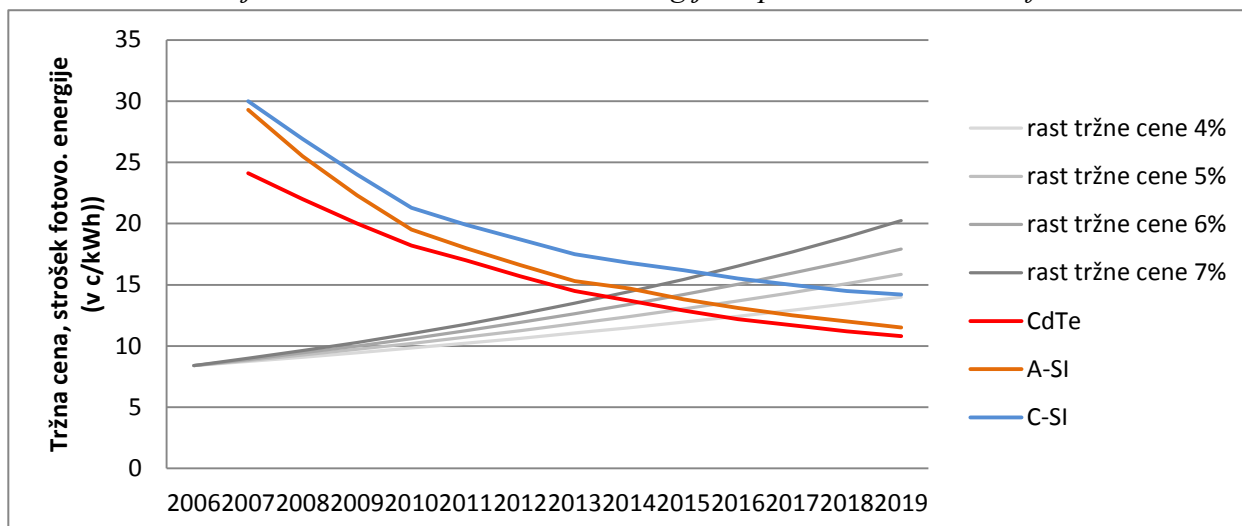
Kot je razvidno iz tabele 12 (scenarij 2), se v primeru, da dodelimo okoljskemu vidiku enkrat manjši vpliv kot ekonomskemu in energetskega, na prvem mestu skupaj najdeta fotovoltaična in hidroenergija. Na tretjem mestu je vetrna energija, ki si je v primeru uravnoteženega pristopa delila drugo mesto skupaj s hidroenergijo. Četrta je lesna biomasa, ki si je v primeru uravnoteženega pristopa to mesto delila z bioplinom, sledi bioplin in na zadnjem mestu zopet geotermalna energija.

Poskusimo na primerjavo med obnovljivimi viri energije pogledati še z dolgoročnega vidika. Hidroenergija je že razmeroma poznan in uveljavljen način pridobivanja energije, fotovoltaika, ki je sicer poznana že od petdesetih let prejšnjega stoletja, pa svoj razvoj doživlja šele v zadnjih nekaj desetletjih. Ker gre torej za razmeroma novo tehnologijo, je v primerjavi s konvencionalnimi viri zaenkrat še stroškovno nekonkurenčna, a to se bo spremenilo zaradi izrazitega trend padanja cen v fotovoltaični industriji. Po navedbah Uroša Merca iz podjetja

Bisol v publikaciji *Obnovljivi viri energije v Sloveniji (2009)* pri vsakokratni podvojitvi svetovne proizvodnje cena fotonapetostnih modulov upade za 20 odstotkov. Pri trenutni rasti panoge to pomeni, da stroškovna cena električne energije iz sonca vsako leto upade za 7 do 9 odstotkov. Prav to pa povečuje konkurenčnost fotovoltaike v primerjavi z danes prevladujočimi fosilnimi energetske viri, katerih cena bo v prihodnje še naraščala zaradi naraščajočega trenda povpraševanja po električni energiji. Stroškovna cena fotovoltaične elektrike pa je danes še višja od tržne cene električne energije, zato je za njeno uveljavitev potrebna subvencija s strani države v obliki zagotovljene odkupne cene, kar pa zaradi padajočih cen v fotovoltaiki kmalu ne bo več potrebno (Merc, 2012, str. 61-71).

Spodnji graf prikazuje pričakovanja glede prihodnje rasti tržne cene električne energije na eni strani (sive krivulje) ter padanje proizvodnih stroškov fotovoltaične opreme. Rdeča črta na grafu (CdTe) prikazuje pričakovano gibanje proizvodnih stroškov kadmij-telurjevih fotovoltaičnih celic, oranžna (A-Si) iz amorfnega silicija in modra (C-Si) iz kristalnega silicija.

Slika 3: Razmerje med tržno ceno električne energije in proizvodnimi stroški fotovoltaike



Vir: U. Merc, *Fotovoltaika – Najsodobnejši energetski vir*, 2012, str. 66

Poglejmo sedaj (scenarij 3) primerjavo med hidroenergijo in fotovoltaiko, ob upoštevanju, da je hidroenergija že uveljavljena in razvita tehnologija in torej stroškovne cene v prihodnosti ne bodo padale, ter da je fotovoltaika še razmeroma nova tehnologija, ki se še prebija in bodo stroškovne cene zato v prihodnosti nižje. Zato sem, z namenom zmanjšanja vpliva gibanja stroškovnih cen, v tretjem scenariju zmanjšal utež pri ekonomskem vidiku.

Tabela 13: Scenarij 3: Rangiranje obnovljivih virov energije - dolgoročni pristop

	RANG					
	Vetrna	Geotermalna	Lesna biomasa	Bioplin	Hidroenergija	Fotovoltaika
Ekonomski vidik (ponder 0,3)	1	3	6	5	2	4
Energetski vidik (ponder 0,5)	4	6	3	5	2	1
Okoljski vidik (ponder 0,2)	4	6	2	1	5	3
Σ RANG	3,1	5,1	3,7	4,2	2,6	2,3

V tem primeru je na prvem mestu fotovoltaika, tik za njo je hidroenergija, na tretjem pa sledi vetrna energija. Sledijo lesna biomasa, bioplin ter geotermalna energija. Zaradi izrazito padajočega trenda stroškovnih cen v fotovoltaični industriji je torej dolgoročno gledano za državo najbolj smiselno čim izdatnejše spodbujanje fotovoltaike.

SKLEP

Globalne potrebe po fosilnih virih energije so vedno večje, zlasti v novih industrializiranih državah in nekaterih državah v razvoju. Velik del energije se dobavlja iz območij, kjer običajna tržna ali politična pravila ne veljajo, energija pa vse bolj postaja politična tema. Cene so nestabilne in rastejo, s pohajanjem zalog fosilnih goriv pa se bo v prihodnje njihova cena le še zviševala.

Ker so obnovljivi viri že po definiciji trajnostni, jim bo morala v prihodnosti pripadati osrednja vloga. Pridobivajo se lahko lokalno, ne proizvajajo toplogrednih plinov in prispevajo k zanesljivosti oskrbe ter boju proti podnebnim spremembam. V diplomski nalogi sem pokazal, da je v Republiki Sloveniji prisoten trend naraščajoče porabe električne energije, poleg tega pa so obstoječe proizvodne zmogljivosti po večini že precej zastarele, zato se bo v prihodnosti pojavila potreba po obsežnih investicijah v proizvodne zmogljivosti. Poleg tega se je Slovenija zavezala – skladno z evropsko direktivo, sprejeto aprila 2009, ki je za EU določila zavezujoč cilj 20 % deleža obnovljivih virov v končni porabi energije –, da bo do leta 2020 dosegla kar 25 % delež obnovljivih virov v končni porabi energije.

Zato je za državo smiselno, da skuša ustvariti ugodne investicijske pogoje, ki bodo tudi zasebne investitorje pritegnili k investicijam v obnovljive vire energije, saj le ti brez državnih spodbud zaenkrat še niso konkurenčni tradicionalnim, že uveljavljenim energetskega virom. Po pregledu vseh poznanih vrst obnovljivih virov sem se osredotočil zgolj na tiste, katerih izraba bi bila možna tudi v Sloveniji. Izbral sem vetrno, hidro- in geotermalno energijo, biomaso, bioplin ter fotovoltaično energijo. Za vsak vir sem predstavil način delovanja in raširjenost v Sloveniji ter skušal ugotoviti njihove prednosti in slabosti.

V tretjem poglavju sem jih skušal med seboj primerjati z ekonomskega, energetskega in okoljskega vidika. Z ekonomskega vidika sem jih razvrstil glede na stroškovno ceno proizvedene električne energije in velikost začetne investicije, z energetskega vidika sem jih razvrstil glede na njihov energetski potencial, z okoljskega vidika pa sem jih razvrstil glede na vpliv, ki ga ima posamezna vrsta energetskega vira na okolje. Z ekonomskega vidika sta najzanimivejši vetrna in hidroenergija, saj sta izmed vseh izbranih obnovljivih virov energije najcenejši in s tem najbolj cenovno konkurenčni fosilnim gorivom. Z energetskega vidika je najzanimivejša fotovoltaika, katere energetski potencial mnogokrat presega naše potrebe. Glede na vpliv na okolje pa je najzanimivejša izraba bioplina, saj gre za način pridobivanja energije, ki razen smradu nima negativnih vplivov na okolje.

Nato sem glede na vpliv, ki ga ima posamezni vidik na skupno razvrstitev, pripravil tri različne scenarije. Najprej sem vsem trem vidikom dodelil enake uteži in na prvem mestu se

je kot najboljša izkazala fotovoltaika, sledili sta skupaj hidroenergija in vetrna energija, na četrtem mestu skupaj biomasa in bioplin in na zadnjem mestu geotermalna energija. V dugem scenariju sem okoljskemu vidiku dodelil manjši vpliv, saj so vsi obnovljivi viri okolju prijazni, še posebej v primerjavi s konvencionalnimi energetske viri. V tem primeru sta bili najboljši fotovoltaika in hidroenergija, na tretjem mestu je bila vetrna, sledile pa so biomasa, bioplin in na zadnjem mestu zopet geotermalna energija. V tretjem scenariju pa sem zaradi trenda padanja cen v fotovoltaiki skušal dobiti bolj dolgoročen vidik in zmanjšati vpliv stroškovne cene na končno uvrstitev, zato sem ekonomskemu vidiku zmanjšal vpliv. Tudi v tem primeru je bila na prvem mestu fotovoltaika, druga je bila hidroenergija in tretja vetrna energija. Sledile so biomasa, bioplin in na zadnjem mestu zopet geotermalna energija.

Ob upoštevanju vseh treh naštetih vidikov sem prišel do zaključka, da je za zagotavljanje zanesljive oskrbe z električno energijo in povečevanje izrabe obnovljivih energetskih virov za državo najbolj smotrno čim izdatnejše spodbujanje fotovoltaike.

LITERATURA IN VIRI

1. Agencija za prestrukturiranje energetike. (2007). *Pregled tehnologij in stroškov proizvodnje električne energije iz OVE ter ocena potrebnih stroškov spodbujanja*. Ljubljana: Agencija za prestrukturiranje energetike.
2. Agencija za prestrukturiranje energetike. (2012). Geotermalna. Najdeno 17. maja 2012 na spletnem naslovu <http://www.ape.si>
3. Aquarius d.o.o. (2011). *Okoljsko poročilo za celovito presojo vplivov na okolje za Nacionalni energetski program (obdobje 2010–2030)*. Ljubljana: Ministrstvo za gospodarstvo Republike Slovenije.
4. Boyle G.(2004). *Renewable Energy: power for a sustainable future*. Založba: Oxford.
5. Eles. (2010). Ocena zadostnosti proizvodnih virov električne energije in zadostnosti prenosnega omrežja v Republiki Sloveniji za obdobje 2007–2011. Najdeno 13. oktobra 2010 na spletnem naslovu http://www.mgrt.gov.si/fileadmin/mgrt.gov.si/pageuploads/Energetika/Porocila/ELES_Zadostnost-2007-2011.pdf
6. Grobovšek, B. (2004). Možnosti koriščenja geotermalne energije. Najdeno 13. junija 2011 na spletnem naslovu <http://gcs.gi-zrmk.si/Svetovanje/Clanki/Grobovsek/PT228.htm>
7. Inštitut Jožef Stefan. (2009). Metodologija določanja referenčnih stroškov električne energije proizvedene iz obnovljivih virov energije. Najdeno 8. oktobra 2011 na spletnem naslovu http://www.mg.gov.si/si/zakonodaja_in_dokumenti/energetika/veljavni_predpisi/#c8859
8. Javna agencija Republike Slovenije za energijo. (2011). Poročilo o stanju na področju energetike v Sloveniji v letu 2010. Najdeno 23. decembra 2011 na spletnem naslovu http://www.agen-rs.si/dokumenti/36/2/2011/Porocilo_o_stanju_na_podrocju_energetike_v_Sloveniji_v_letu_2010_ver15-7-2011_1596.pdf
9. Javna agencija Republike Slovenije za energijo. (2012). Register deklaracij. Najdeno 14. julija 2012 na spletnem naslovu <http://www.agen-rs.si/porocila/RegisterDeklaracij.aspx>
10. Klemenc, A. , Kvac, B., & Živčič, L. (2003). Lesna biomasa – staro kurivo v sodobni in prijazni preobleki. Najdeno 16 januarja 2012 na spletnem naslovu <http://www.focus.si/files/Publikacije/biomasa.pdf>
11. Medved, M., Robek, R., Žgajnar, L., Kranjc, N., & Bitenc, B. (1998). *Removing Barriers to Biomass District Heating Projects in Slovenia*. Ljubljana: Gozdarski Inštitut Slovenije.
12. Merc, U., (2012) Fotovoltaika – najsodobnejši energetski vir. Najdeno 27. februarja 2012 na spletnem naslovu http://www.zelenaslovenija.si/images/stories/pdf_dokumenti/Obnovljivi-viri-energije-v-Sloveniji.pdf
13. Ministrstvo za gospodarstvo Republike Slovenije. (2010). *Akcijski načrt za obnovljive vire energije za obdobje 2010–2020*. Ljubljana: Ministrstvo za gospodarstvo Republike Slovenije.
14. Ministrstvo za gospodarstvo Republike Slovenije. (2011). *Energetska bilanca Republike Slovenije za leto 2011*. Ljubljana: Ministrstvo za gospodarstvo Republike Slovenije.
15. Ministrstvo za okolje in prostor. (2007). *Operativni program rabe lesne biomase kot vira energije*. Ljubljana: Ministrstvo za okolje in prostor.
16. Mlakar, A. (2010). Celovit pregled potencialno ustreznih območij za izkoriščanje vetrne energije. Najdeno 16. februarja 2012 na spletnem naslovu <http://www.mzip.gov.si/fileadmin/>

mzip.gov.si/pageuploads/Energetika/Zelena_knjiga_NEP_2009/NEP_2010_2030/Vetrni_potencial_2011.pdf

17. Nemač, F., Pipan, M., & Pogačnik, J. (2004). *Zbirka informativnih listov »ZA UČINKOVITO RABO ENERGIJE«*. Veter. Ljubljana: Ministrstvo za gospodarstvo.
18. Nemač, F., Pipan, M. & Pogačnik, J. (2005). *Zbirka informativnih listov »ZA UČINKOVITO RABO ENERGIJE«*. Lesna biomasa. Ljubljana: Ministrstvo za gospodarstvo.
19. Pšaker, P. (2011). *Analiza kmetijskega potenciala za proizvodnjo bioplina v Sloveniji*. Celje: Kmetijsko gozdarski zavod Slovenije.
20. Scheer, H. (2007). *Energy autonomy. The Economic, Social and Technological Case for renewable energy*. London: Earthscan.
21. Statistični urad Republike Slovenije. (2012). Energetika, Slovenija, 2010 Končni podatki. Najdeno 3. februarja 2012 na spletnem naslovu http://www.stat.si/novica_prikazi.aspx?id=4238
22. Urbančič, A., Sučič, B., & Merše, S. (2011). *Osnutek predloga Nacionalnega energetskega programa Republike Slovenije za obdobje do leta 2030: »aktivno ravnanje z energijo«*. Ljubljana: Inštitut Jožef Stefan.
23. Uredbe o izdaji deklaracij za proizvodne naprave in potrdil o izvoru električne energije. *Uradni list RS* št. 8/2009.
24. Uredbe o podporah električni energiji, proizvedene iz obnovljivih virov energije. *Uradni list RS* št. 37/2009, št. 53/2009, št. 68/2009, št. 76/2009.
25. *Viri in proizvodnja električne energije*. Najdeno 13. decembra 2011 na spletnem naslovu http://www.agen-rs.si/sl/informacija.asp?id_informacija=722&id_meta_type=29&type_informacij=
26. Žebeljan, D. (2010). Pomen in potencial hidroenergije v Sloveniji. Najdeno 27. februarja 2012 na spletnem naslovu [http://www.gzs.si/AA/Potencial_hidroenergije_v_RS_\(jan2010\).ppt](http://www.gzs.si/AA/Potencial_hidroenergije_v_RS_(jan2010).ppt)