

**UNIVERZA V LJUBLJANI
EKONOMSKA FAKULTETA**

DIPLOMSKO DELO

**ENERGETSKI IN EKONOMSKI POTENCIAL SOLARNE
ENERGIJE**

Ljubljana, julij 2009

JOŽE GERDEJ

IZJAVA

Študent Jože Gerdej izjavljam, da sem avtor tega diplomskega dela, ki sem ga napisal pod mentorstvom asistentke dr. Patricije Kotnik, in da dovolim njegovo objavo na fakultetnih spletnih straneh.

V Ljubljani, dne _____ Podpis: _____

KAZALO

UVOD	1
1 Zaostrovanje energetske krize v svetu	3
1.1 Svetovno povpraševanje po energiji in napoved	3
1.2 Evropa beleži visok delež svetovnega povpraševanja po energiji	4
1.3 Vrhunec črpanja nafte	5
1.4 Naraščanje cen nafte	7
1.5 Problemi odvisnosti držav od uvoza nafte	8
2 POSLEDICE DEGRADACIJE OKOLJA ZARADI ONESNAŽEVANJA	9
2.1 Začetki problemov zaradi onesnaževanja zraka	9
2.2 Ublažitev podnebnih sprememb je največji okoljski razvojni izziv	10
2.3 Od problema onesnaževanja do socialno ekonomskega učinka	12
2.3.1 Države v razvoju	13
2.3.2 Razvite države	14
2.3.3 Produktivna funkcija z dejavnikom kvalitete okolja	15
3 EU IN OSTALI SVET V BOJU PROTI ONESNAŽEVANJU TER POMANJKANJU ENERGIJE	16
3.1 Kjotski sporazum	16
3.2 Strateški okoljski plan Evropske unije	18
3.3 Slovenski strateški okoljski plan	20
3.4 Orodja za pospeševanje dosega ciljev z obnovljivimi viri energije	21
3.4.1 Obnovljivi viri energije	21
3.4.2 Strategije za razvoj OVE v obliki finančnih podpor investitorjem	23
3.4.3 Strategije, ki pospešujejo in zagotavljajo odkup določenih količin energije, pridobljene iz OVE	23
3.4.4 Prostovoljni pristopi	24
3.4.5 Indirektne strategije	24
3.4.6 Osnovni sistemi podpore proizvodnje elektrike v EU iz obnovljivih virov energije	25
4 VELIK POTENCIAL SONČNE ENERGIJE ZA BOJ PROTI ENERGETSKI IN EKOLOŠKI KRIZI	28
4.1 Sonce in energija, ki jo oddaja	28
4.2 Trenutna uporaba sončne energije	30
4.2.1 Pretvorba sončnega sevanja / energije v električno energijo	30
4.2.2 Direktna uporaba sončne energije	31
4.2.3 Hlajenje z uporabo sončnega sevanja	32
4.3 Visoke pričakovane rasti uporabe sončne energije	33

4.4	Milijardne vrednosti kapitala v solarnem sektorju	34
4.5	Padajoči stroški izdelave, nižanje cen in večja konkurenčnost	35
4.5.1	Konkurenčnost dodatkov sončnih celic v potrošniških dobrinah že v preteklosti.....	35
4.5.2	Konkurenčnost in rentabilnost PV-sistemov, ki niso priključeni na električno omrežje.....	35
4.5.3	Konkurenčnost PV-sistemov, priključenih na električno omrežje	36
4.5.4	Eksterni stroški pridobivanja konvencionalne energije	38
4.5.5	Dejavniki, ki znižujejo stroške proizvodnje sončne energije	38
4.6	Ustvarjanje novih delovnih mest	38
4.7	Okolju prijazna energija	39
4.8	Inovacije in nekateri večji načrti za prihodnost.....	40
SKLEP		42
LITERATURA IN VIRI		43
Priloga 1: Pomembni mejniki v zgodovini solarne tehnologije ter tedanji pomen za človeka in gospodarstvo		1

UVOD

Živimo v času vedno hitrejšega ekonomskega napredka. Ta napredek danes omogočajo viri energije, predvsem nafta, ki je glavno gorivo za napredek svetovnega gospodarstva. Druge industrijske revolucije si ne moremo predstavljati brez nahajališč nafte, saj je ta surovina prevzela glavno vlogo proizvodnje energije. Človeško energijo, ki je bila v preteklosti ključen vir za proizvodnjo, so tako zamenjala fosilna goriva in omogočila hitrejšo ter stroškovno učinkovitejšo masovno proizvodnjo. Pred približno 40 leti je bilo nafte v izobilju, trgovanje z nafto je bilo varno, tudi cene so bile nizke, kar je še pospešilo vsesplošno rabo nafte. Njenega vpliva na življenje ljudi ter na gospodarstvo smo se zavedli šele takrat, ko so nastopile večje naftne krize, ki so hudo prizadele gospodarstvo ter oslabile kupno moč potrošnikov.

Naftna industrija je bila v zgodovini izredno močna in je vplivala tudi na politične odločitve, zato jo je bilo nemogoče zatreti. Glas interesnih skupin, ki je opozarjal na nujen razvoj nekaterih drugih okolju prijaznih virov energije, je bil preslišan, saj je bil svet politično in ekonomsko naravnani v smeri izkoriščanja nafte. Črna industrija je prinašala bajne zasluške, poganjala ekonomijo ter hkrati onesnaževala okolje in zastrupljala ljudi, živali in rastline. Slednje zaradi velikih dobičkov, povezanih z nafto, ni prepričalo pomembnih političnih vodij, da bi preusmerili smer razmišljanja in podprli nove, čistejše tehnologije.

V 21. stoletju pa se svet počasi začne reformirati. Raziskave kažejo, da bo fizičnih količin nafte prej ali slej zmanjkalo in da bodo cene zaradi presežka povpraševanja po surovini na dolgi rok nedvomno naraščale. Skrb povzroča tudi prevelika odvisnost gospodarstva od uvoza nafte iz le peščice držav po svetu, ki še vedno razpolagajo z zalogami le-te. Pričakovati je tudi, da se bo v prihodnosti gospodarstvo še razvijalo ter da bomo za to rast nujno potrebovali vse več energije, ker pa je nafte za proizvodnjo energije vedno manj, smo že zaradi njene fizične omejitve prisiljeni poiskati druge vire energije. K sreči je svetovna politika vse bolj naravnana k razvoju čiste energije, pridobljene iz obnovljivih virov. V zadnjih desetletjih smo namreč zaradi uporabe nafte prekomerno onesnaževali okolje in zrak. Novejše raziskave znanstvenikov so potrdile, da je človek v veliki meri odgovoren za aktualne podnebne spremembe ter z njimi povezane vse bolj uničujoče naravne katastrofe. Ekonomska škoda, ki jo dandanes povzročajo viharji, poplave, suše ter druge naravne nesreče, je ogromna in se bo še stopnjevala v primeru, da ne bomo omejili oziroma zmanjšali emisije toplogrednih plinov v atmosferi. Močan dotok kapitala v zadnjih letih, namenjen za raziskave in razvoj v sektorju obnovljivih virov energije, je povzročil tehnološki napredek ter zniževanje stroškov proizvodnje čiste energije. Z nižjimi stroški ter cenami pa nekatere tehnologije za proizvodnjo čiste energije že lahko konkurirajo trenutno prevladujoči konvencionalni energiji.

Problema odvisnosti od naftnih derivatov in drugih fosilnih goriv, ki imajo močan vpliv tudi na degradacijo okolja, ne moramo spremeniti čez noč. Posegi za reševanje problematike, ki se je bomo lotili danes, bodo imeli pozitivne rezultate na dolgi rok.

Veliko raziskovalcev meni, da moramo vlagati v energetske učinkovitost ter fosilna goriva nadomestiti z obnovljivimi viri energije (v nadaljevanju tudi OVE). Ti viri energije pa za zagon in obstanek potrebujejo še več dodatnih denarnih sredstev oz. podporo države. Veliko vlogo ima pri tem politika, ki s podporo lahko doseže nadaljnji tehnološki razvoj in s tem prispeva k zmanjševanju stroškov proizvodnje alternativne energije ter njene uveljavitve v splošni rabi.

Namen diplomskega dela je preučiti tezo, da ima sončna energija (v nadaljevanju tudi solarna energija) velik potencial za prevzem pomembne vloge v gospodarstvu in politiki že v prihodnjih 30 letih, ter raziskati ugodne in potrebne okoliščine za hitrejši razvoj sončnega sektorja. Poleg tega želim odgovoriti na vprašanje, ali se že danes nahajamo v času, ki od nas zahteva temeljite spremembe v tehnologiji proizvodnje električne energije za nadaljnji uspešni razvoj gospodarstva

Diplomska naloga je potrditev, da se zavedam aktualnih in prihodnjih izzivov, s katerimi se bo naša generacija soočala v prihodnosti. Posredni cilj diplomske naloge je tudi, s pomočjo novjših analiz in raziskav o visoki perspektivi sončne energije spodbuditi bralce k zanimanju za to področje. Verjamem, da bi vsaka dodatna podpora čisti energiji sonca lahko pozitivno vplivala na še hitrejši razvoj tega sektorja.

Diplomsko delo je napisano z uporabo metode deskripcije in kompilacije ob pomoči monografskih publikacij ter revij in člankov. Obsežen je spletni vir publikacij v tuji in domači literaturi. Podatki so pridobljeni iz sekundarnih virov (objavljeni rezultati raziskav, statistični letopisi, bilteni, poročila, tisk, internet ipd.) ter na podlagi udeležb konferenc na to temo.

V začetnih poglavjih diplomskega dela so predstavljene zaostrene razmere na področju povpraševanja in proizvodnje energije. Hkrati je predstavljeno tudi aktualno stanje zalog naftnih derivatov in podatek, kdaj bi nam jih po nekaterih teorijah zmanjkalo. Skupaj s pretiranim onesnaževanjem okolja je omejenost fizičnih količin nafte eden izmed glavnih aktualnih svetovnih problemov.

Omenjam tudi globalno gibanje cen naftnih derivatov, ki imajo zaradi odvisnosti držav od uvoza nafte velik vpliv na državno in mednarodno gospodarstvo. Cene in hkrati načrt o varstvu okolja pa vodi svet v razmišljanje o alternativnih virih energije, ki bi lahko zmanjšali težave zaradi odvisnosti od uvoza naftnih derivatov in zavrli nadaljnjo degradacijo okolja. V diplomski nalogi je govora o aktualnem razmišljanju EU in sveta o prihodnosti razvoja gospodarstva. Predstavljeni so Kjotski sporazum in direktive, ki zahtevajo od gospodarstva skrb za sonaraven razvoj. Na podlagi vseh navedenih dejavnikov predstavim sončno energijo kot energijo, ki bi lahko na dolgi rok rešila omenjene glavne probleme.

1 ZAOSTROVANJE ENERGETSKE KRIZE V SVETU

Pojav nafte je tako pospešil gospodarski razvoj, da smo v zelo kratkem času postali povsem odvisni od surovine, ki je glavni vir proizvodnje energije. Ker pa nafta ni obnovljiv in neskončen vir energije, se vse pogosteje pojavljajo vprašanja, kaj bi se lahko zgodilo, če bi nafte zmanjkalo. Vedno več znanstvenikov, podjetij ter ostalih organizacij in družb se zato posveča temu problemu. Zaradi vse hitrejši gospodarske rasti držav v razvoju bi se nam lahko to pripetilo celo prej, kot je bilo pričakovati.

Pomanjkanje ponudbe nafte lahko resno ogrozi celotno gospodarstvo. Poleg višjih cen naftnih derivatov bi nam težave povzročala tudi nezadostna proizvodnja električne energije. Brez energije pa si le stežka predstavljamo sodobno življenje in nadaljnjo pozitivno ekonomsko rast.

1.1 Svetovno povpraševanje po energiji in napoved

Glede na projekcije v International Energy Outlook 2008 (v nadaljevanju IEO2008) se bo svetovna poraba energije do leta 2030 glede na izhodiščno leto 2005 povečala za 50 odstotkov (slika 1). Čeprav je možno, da bodo visoke cene nafte in zemeljskega plina zavirale rast povpraševanja po energiji na dolgi rok, bo poraba energije glede na projekcije strmo naraščala zaradi ekonomske rasti in širjenja prebivalstva v razvijajočih se državah. V članicah Organizacije za ekonomsko sodelovanje in razvoj (angl. *Organisation for Economic Co-operation and Development*, v nadaljevanju OECD), ki združuje države elitnih gospodarstev, je pričakovana počasnejša rast povpraševanja po energiji. V teh državah je predvideno, da se bo povpraševanje letno povečevalo za 0,7 odstotka, medtem ko se pričakuje 2,5-odstotna letna rast v nečlanicah OECD (International Energy Outlook., 2008)¹.

Slika 1: Svetovni trg porabe energije članic in nečlanic OECD, 1980–2030



Vir: International Energy Outlook, 2008.

¹ EIA je kratica za Energy Information Administration, ki je neodvisna statistično-analitična agencija ameriškega Department of Energy.

Nečlanici OECD, Kitajska in Indija, sta državi, kjer gospodarstvo najhitreje narašča in kjer bo povpraševanje po energiji vse višje tudi v prihodnosti. V zadnjih dvajsetih letih se je delež porabe energije teh dveh držav glede na celotno porabo energije v svetu občutno povečal. V letu 1980 sta Kitajska in Indija skupaj porabili nekaj manj kot 8 odstotkov celotne svetovne porabe energije; v letu 2005 pa je ta delež narasel na kar 18 odstotkov. Po predvidevanjih IEO2008 pa naj bi se poraba energije obeh držav do leta 2030 podvojila, kar bi posledično predstavljalo kar četrtino porabe vse energije v svetu (International Energy Outlook, 2008).

Tudi v ostalih nečlanicah OECD je predvidena strma rast porabe energije. Glede na analize se bo do leta 2030 glede na leto 2005 poraba povišala do 60 odstotkov. Tako visoka rast je predvidena za Bližnji vzhod ter Srednjo in Južno Ameriko. Malo manjša rast, okoli 36 odstotkov, pa bo v nečlanicah OECD v Evropi in Evraziji (vključno z Rusijo ter bivšimi članicami Sovjetske zveze) (International Energy Outlook, 2008).

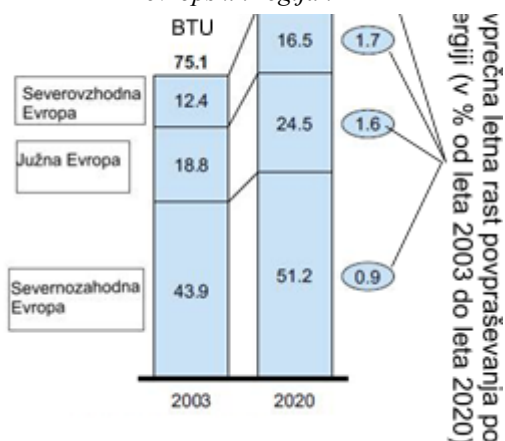
1.2 Evropa beleži visok delež svetovnega povpraševanja po energiji

V letu 2003 je bila celotna evropska poraba energije 75,1 bilijard BTU (slika 2), kar je enako 13 milijardam sodov nafte (17-odstotni delež svetovnega povpraševanja po energiji)^{2,3}. To je manj kot v ZDA, ki je z 22-odstotnim svetovnim deležem povpraševanja po nafti največja svetovna potrošnica te surovine. Več kot polovico evropske potrošnje pripisujemo severozahodni Evropi (43,9 bilijard BTU), 18,8 bilijard BTU južni Evropi ter 12,4 bilijard BTU severovzhodni Evropi. Glede na raziskave Mckinsey Global Instituta (v nadaljevanju MGI) je pričakovati, da se bo povpraševanje do leta 2020 povečevalo za povprečno 1,2 odstotka letno. Od tega bo 0,9 odstotka na leto pripadalo severozahodni Evropi, 1,6 odstotka južni Evropi in 1,7 odstotka severovzhodni Evropi. Najhitrejša rast povpraševanja po energiji in posledično tudi po nafti bo v sektorju zračnega transporta, kjer bo do leta 2020 povprečna rast kar okoli 3 odstotke letno (Hartmann, Farrell, Graubner & Remes, 2008).

² BTU je kratica za British Thermal Unit, ki nam pove, koliko toplote je potrebne, da se en funt vode segreje za eno stopinjo po Fahrenheitu. Je univerzalna mera za merjenje porabe energije. Ponavadi se meri v QBTU, kjer Q pomeni quadrillion, kar je ekvivalentno slovenskemu prevodu za bilijardo (1 bilijarda = 1000 bilijonov). V elektrotehniki 1 BTU = 0,29307257866267 Wh = 0,00029307257866267 kWh = 2,9307257866267E-7 MWh = 2,9307257866267E-10 GWh = 2,9307257866267E-13 TWh (Pretvornik merskih enot, 2008)

³ 1 sod = 1 Barrel = 42 U.S. galon = 159 litrov nafte.

Slika 2: Poraba energije (v bilijardah BTU) ter povprečna letna rast povpraševanja po energiji (v %) v evropskih regijah



Vir: Capturing the European energy productivity opportunity, 2008.

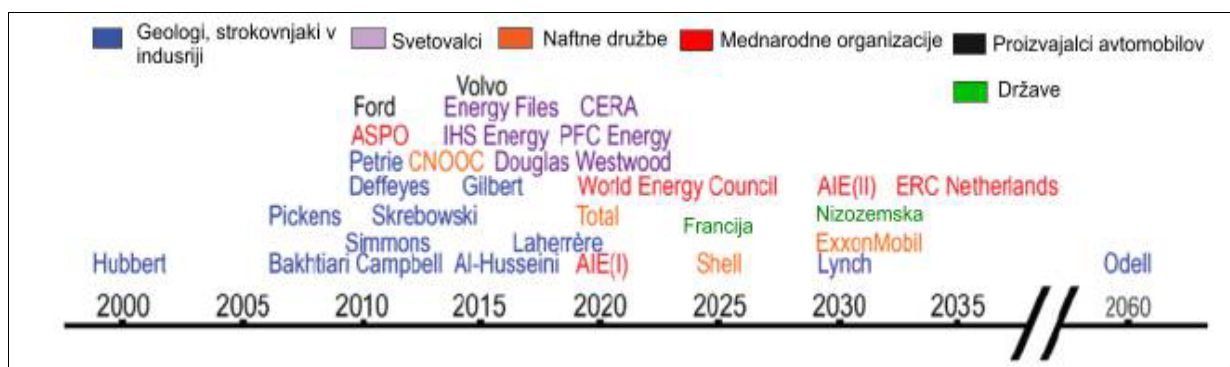
1.3 Vrhunec črpanja nafte

Geolog ter ustanovitelj Društva za študije vrhunca črpanja nafte (angl. *The Association for the Study of Peak Oil and Gas*, v nadaljevanju ASPO) Colin Campbell (ASPO VII Barcelona Conferences Dossier, 2008) pravi: »Vrhunec črpanja nafte (angl. *Peak Oil*) se navezuje na maksimalno količino proizvedene nafte v katerem koli kraju, z upoštevanjem, da je naravni vir omejen ter predmet izčrpanja.«

V svetu obstajajo različne ocene o vrhuncu črpanja nafte. Geolog Kenneth Deffeyes je mnenja, da smo dosegli vrh že v letu 2005, Francoski naftni inštitut napoveduje vrhunec leta 2015, Francoska naftna družba Total pa v letu 2020. Med bolj optimistične pa sodijo nekateri, kot so npr.: Energy Information Association, International Energy Agency, United States Geological Survey ter ameriška naftna družba ExxonMobil. US Department of Energy pravi, da četudi bo po nekaterih ocenah vrhunec črpanja nafte dosežen šele okoli leta 2030, je treba ukrepati že sedaj (ASPO VII Barcelona Conferences Dossier, 2008).

Na sliki 3 lahko nazorno vidimo različne napovedi določenih strokovnjakov, geologov pa vse do proizvajalcev avtomobilov glede njihovih dognanj, kdaj naj bi produkcija nafte dosegla svoj vrhunec.

Slika 3: Različne napovedi vrhunca črpanja nafte



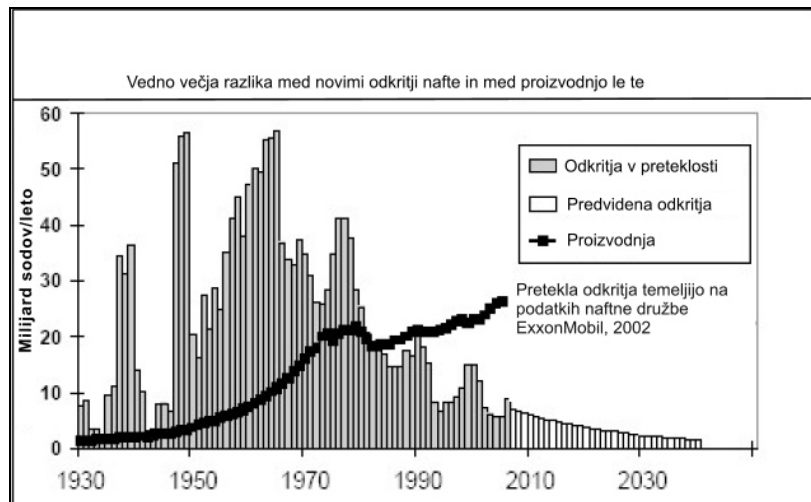
Vir: ASPO VII Barcelona Conferences Dossier, 2008.

Vrhunec črpanja nafte ne pomeni, da nam bo nafte kmalu zmanjkalo, saj imamo še rezerve. Pomeni pa, da ne bo več tolikšnega dotoka nafte, ki bi nadomestil izgubljeni tok zaradi izčrpanja naftnih jarkov. 20 odstotkov nafte, ki jo dandanes porabimo, izvira iz 40 let starih najdišč nafte. V teh najdiščih pa nafte počasi zmanjkuje, kar pomeni, da moramo to izgubljeno količino surovine nadomeščati z izdelovanjem novih naftnih vrtin. Nova tehnologija lahko sicer pri tem problemu pomaga, ne more pa ga zaustaviti. Priča temu, da nova tehnologija in investicije ne morejo ustvariti novih zalog, temveč omogočijo samo hitrejšo prečrpavanje nafte, sta Severno morje in Teksas. Upadanje novih odkritij nafte se je začelo že v 60. letih (slika 4). Sedanja odkritja v Mehiškem zalivu in v Braziliji so sicer velika, vendar pa ne bodo drastično spremenila stanja (ASPO VII Barcelona Conferences Dossier, 2008).

The US Geological Survey je pričakoval, da bi lahko odkrili še 939 milijard sodov nafte v letih med 1996 in 2030D. Do začetka leta 2006 pa je bilo odkritih le 131 milijard sodov nove nafte. Še več, nova najdišča, ki obljublajo nove zaloge za naftno industrijo, se nahajajo na politično nestabilnih območjih, v plasteh globoko pod morjem ali na drugih zelo težko dostopnih področjih (ASPO VII Barcelona Conferences Dossier, 2008).

Težja dosegljivost zalog nafte bo vplivala na višje stroške pridobivanja nafte. Nafta, pridobljena iz že skoraj izsušenih naftnih vrtin, pa bo vse slabše kvalitete.

Slika 4: Prikaz ene izmed študij o trendu rasti proizvodnje nafte ter vedno manjših odkritij novih zalog te surovine



Vir: Crisis Energetica, 2008.

1.4 Naraščanje cen nafte

V 70. letih 20. stoletja, je naftni trg veljal za enega najstabilnejših trgov. Cena in dobava nista predstavljali nikakršnega problema. Posamezniki in podjetja so nafto lahko brezskrbno trošili, saj je bilo v izobilju. Ponudba je presegala povpraševanje. Kasneje pa so se začele pojavljati večje krize tudi na tem trgu. Prvo naftno krizo je povzročila arabsko-izraelska vojna, drugo stavka naftnih delavcev med iransko revolucijo, sledila ji je večja kriza zaradi zalivske vojne. Proti koncu prejšnjega stoletja in v začetku današnjega pa nas je poleg nestabilnih političnih razmer na Bližnjem vzhodu prizadela tudi omejitev proizvodnje OPEC.⁴ Sedaj v začetku 21. tisočletja pa smo priča tudi vedno hitrejšemu gospodarskemu razvoju, ki pomika svetovno krivuljo povpraševanja po nafti navzgor, kar se je pokazalo tudi v višjih cenah (Matjažič, 2006).

V začetku leta 2008 so cene že prekoračile vse razumne meje. Cena je znašala kar 147 USD za sodček nafte. Ob koncu leta 2008, v času finančne krize, so se sicer cene za sod nafte po svetu spustile pod 40 USD/sod, kar pa nas ne sme prepričati, da se bodo cene na tej nizki ravni tudi ustalile.

Večina naftnih družb po svetu je v času finančne krize, v kateri se nahajamo sedaj, umaknila investicijske projekte. Po navedbah International Energy Agency (v nadaljevanju IEA) pa bi morala podjetja v naslednjih dvajsetih letih letno nameniti več kot 3 bilijone dolarjev za odkrivanje novih nahajališč nafte. Investicije so nujno potrebne za preprečitev energetske krize, ki bi lahko prizadela globalno ekonomijo. Obstaja tudi utemeljen strah visokega porasta cen energije zaradi znižanja cen nafte ter posledičnega umika investicij za raziskave in

⁴ OPEC je kratica za nevladno Organizacijo držav izvoznic nafte (angl. *The Organization of the Petroleum Exporting Countries*). Trenutno vključuje 13 članic, ki izhajajo iz Amerike, Azije in Afrike.

produkcijo te pomembne surovine za proizvodnjo energije (International Energy Agency warns of future oil "supply crunch", 2008).

Ameriški sekretar za energijo Spencer Abraham (International Energy Agency warns of future oil "supply crunch", 2008) pravi takole: »Že ko je bilo v poletnem času obdobje cen nafte s trimestnimi števili, ni bilo zadostne proizvodnje nafte. Torej bo sledil velik pritisk na sistem, ko si ekonomija opomore.«

V IEA 2008 lahko zasledimo približne napovedi rasti cen v prihodnosti. Glede na finančno krizo, ki je prisotna v tem obdobju, bi jih bilo smiselno nekoliko prilagoditi. Cena nafte je namreč padla pod raven, ki so jo analitiki predvidevali v času sestavljanja poročila. Vendar pa je študija za predstavitev na dolgi rok povsem primerna.

IEA 2008 tako zaradi težke predvidljivosti napoveduje tri različne scenarije glede prihodnje rasti cen. Prvi je priporočen oz. najbolj verjeten scenarij, ki pričakuje, da se bodo cene surove nafte v letu 2030 gibale na višini okoli 113 USD za sod. Naslednji scenarij je scenarij visokih cen, ki v letu 2030 naj ne bi predvideval cen, nižjih od 186 USD za sod. Zadnji scenarij je najbolj optimističen in domneva, da se bodo cene v četrtem desetletju 21. stoletja gibale pod 70 USD za sod (International Energy Outlook, 2008).

1.5 Problemi odvisnosti držav od uvoza nafte

Gospodarstva potrebujejo energijo in velik delež te energije še vedno prihaja iz surovine, ki so jo nekoč imenovali črno zlato. Ena izmed posledic te odvisnosti od nafte se pojavlja tudi na delovnih mizah političnih voditeljev po vsem svetu: naftni problemi, včasih tudi naftne krize. Nafta je pogosto tema pisanja novinarjev. V zadnjih časih je tema zelo pereča. Evropski in svetovni prevozniki, kmetovalci ter zasebni vozniki so zelo vezani na cene goriva, bencina in dizla. Hkrati jih prizadenejo tudi visoke davščine na gorivo, ki polnijo državne blagajne, posebej izdatno pri nas, v Britaniji, še bolj pa na Nizozemskem, kjer po cenah goriva in davka na gorivo v Evropi prednjačijo. Nafta je namreč vsesplošno prevladujoči vir energije in transporta. Tudi v cestnem, zračnem, pomorskem prometu, pa tudi velik del železniškega prometa "poganja" gorivo, pridobljeno iz surove nafte. Nafta je hkrati pomemben vir za ogrevanje in proizvodnjo elektrike (Ali naš svet vodi nafta?, 2005).

V zadnjih 50 letih se je svetovna trgovina zelo povečala, s tem pa tudi potreba po prevozu dobrin ter ljudi. Kmalu ugotovimo, da v primeru motene oskrbe z nafto zaradi naravnih katastrof, kot je bil orkan Katrina, ali zaradi političnih nestabilnosti krizo občutimo vsi. Motnjam v oskrbi kmalu sledi podražitev cen nafte, ki lahko ohromijo celotno gospodarstvo in s tem povzročijo velikansko škodo (Ali naš svet vodi nafta?, 2005).

Torej bomo v prihodnosti vedno bolj odvisni od le peščice držav, ki so neto izvoznice nafte. Neto izvoz izračunamo kot razliko med celotno proizvodnjo ter celotno porabo nafte v neki državi. Po poročilu analize EIA (Top Petroleum Net Exporters, 2003) so največje izvoznice nafte naslednje države: Savdska Arabija, ki je na prvem mestu, sledijo ji Rusija, Norveška,

Iran, Venezuela, Združeni arabski emigranti, Kuvajt, Nigerija, Mehika, Libija, Alžirija ter zadnja najpomembnejša država neto izvoznica Irak.

Profesor Andrew Oswald iz univerze Warwick (Ali naš svet vodi nafta?, 2005) pravi takole: »Svet je kljub odkrivanjem novih najdišč nafte postal še bolj odvisen od velikih izvoznic nafte. V desetih ali dvajsetih letih bo levji delež preostalih zalog nafte močno osredotočen na Bližnjem vzhodu. To povzroča skrbi zaradi najrazličnejših strateških in gospodarskih razlogov. Po mojem bi morala biti Amerika in Zahod zelo zainteresirana za to, da zmanjšata svojo odvisnost od nafte. V nasprotnem primeru utegne to svetovno neravnovesje zemljepisne porazdelitve naftnih zalog ustvariti probleme tako pri zagotavljanju napredka kot pri zagotavljanju miru.«

2 POSLEDICE DEGRADACIJE OKOLJA ZARADI ONESNAŽEVANJA

Onesnaževanje naravnega okolja predstavlja vedno večji problem po vsem svetu. Sodobne študije dokazujejo pozitivno povezavo med podnebnimi spremembami in pretiranim onesnaževanjem, ki ga povzroča človek. Z nepremišljenim ravnanjem z okoljem ne povzročamo le lokalnih posledic, temveč negativno vplivamo tudi na globalne spremembe v okolju. Poleg ogrožanja življenja rastlinstva in živalstva vedno bolj škodujemo tudi samim sebi ter sodobni ekonomiji. Sodobni generaciji grozi, da bo zaradi degradacije okolja ter posledičnega spreminjanja podnebja prikrajšana za možnost boljšega življenja, ki bi ga imela, če bi se degradacija okolja izvajala na razumnih ravneh.

2.1 Začetki problemov zaradi onesnaževanja zraka

V preteklosti, v času začetkov ekonomskega napredka mest in vasi, se nam je zdelo brezglavo zapravljanje naravnih virov ter uničevanje okolja zanemarljiv problem. Današnji pogled na preteklo ravnanje pa se zelo hitro spreminja. Na podlagi dokazov nam je vedno bolj jasno, da je ohranitev okolja povezana tudi s preživetjem človeštva. Medtem ko poznamo različne tipe onesnaževanja, je onesnaževanje zraka med mlajšimi pojavi. Vendar pa je za nekatere države postal zelo resen problem že v petdesetih letih dvajsetega stoletja, za večino ostalih držav pa se je problem pojavil okoli konca šestdesetih let. Pozimi leta 1952 so se Londončani zavedli resnosti onesnaževanja. Zaradi pet dni trajajoče prekomerne koncentracije strupenih plinov v zraku je namreč v mestu za posledicami zastrupitve umrlo več tisoč prebivalcev. Po tem nesrečnem dogodku se je hitro spremenilo splošno mnenje glede te vrste onesnaževanja in sprožilo vrsto gibanj, ki bi naj prispevala k zmanjšanju koncentracije strupenih plinov. Leta 1956 se je tako uveljavil zakon o čistem zraku (angl. *The Clean Air Act 1956*). V ZDA pa se je pojavil šele leta 1963 (Marcano, 2008).

Medtem ko so se pred nekaj leti čutile posledice onesnaževanja zraka le v območjih oz. državah, kjer je bilo le-to prekomerno, se zgodba sedaj spreminja. Z onesnaževanjem vse bolj

vplivamo na globalno spreminjanje podnebja, s čimer prizadenemo tudi vse tiste, ki pri onesnaževanju ne sodelujejo.

2.2 Ublažitev podnebnih sprememb je največji okoljski razvojni izziv

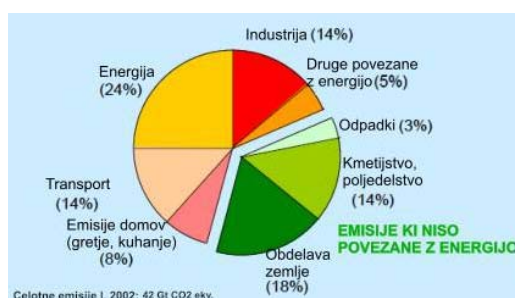
Veliko znanstvenih raziskav dokazuje, da so vse hitrejša podnebne spremembe plod človeških aktivnosti zaradi izpustov vse večjih količin toplogrednih plinov (v nadaljevanju TGP) v ozračje. Te aktivnosti namreč spreminjajo sestavo atmosfere in njene značilnosti. Okoli leta 1750 je bila koncentracija ogljikovega dioksida (v nadaljevanju CO₂) 280 ppm in je narasla na sedanjih 380 ppm kot rezultat gorenja fosilnih goriv, krčenja gozdov in drugih sprememb v rabi zemlje (Stern, 2006, str. 3).⁵ Narasla je tudi povprečna globalna temperatura, ki danes znaša 14,3 °C, pred sto leti pa je bila 13,7 °C (Operativni program zmanjševanja emisij toplogrednih plinov do leta 2012, 2006).

Hkrati pa je z rastjo CO₂ naraščala tudi koncentracija ostalih toplogrednih plinov. Vse to že ima in še bo imelo posledice na spreminjanje okolja in ustvarjanje učinka tople grede, ki se ustvari zaradi povečane sposobnosti Zemljine atmosfere, da absorbira infrardeče sevanje. To pa povzroča otoplitve ozračja. CO₂ skupaj z vsemi ostalimi toplogrednimi plini, ki so del teme Kjotskega sporazuma, predstavljajo 430 ppm v ekvivalentu emisij CO₂ (v nadaljevanju CO₂ ekv.). Emisije naraščajo za okoli 2,3 ppm letno. Trenutna količina toplogrednih plinov je namreč večja kot v katerem koli času v zadnjih 650.000 letih (Stern, 2006, str. 3).

Kar 57 % emisij povzročijo gorenje fosilnih goriv, proizvodnja električne energije, transport, stanovanja (zaradi ogrevanja in gospodinskih opravil) ter industrija. Agrikultura in spremembe obdelovanja zemlje (velikokrat zaradi krčenja gozdnih površin) prispevajo 41 % emisij (Stern, 2006, str. 177).

Slika 5 prikazuje delež emisij toplogrednih plinov po posameznih sektorjih. Jasno je razvidno, da ima neposredna proizvodnja energije res velik delež pri onesnaževanju zraka.

Slika 5: Emisije toplogrednih plinov glede na sektor v letu 2000



Vir: N. Stern, Stern Review on the Economics of Climate Change, 2006.

Emisije pri proizvodnji energije ter ogrevanju domov in drugih zgradb predstavljajo kar četrtno vseh TGP. To je bil najhitreje rastoči sektor emisij TGP od leta 1990 pa do leta 2002.

⁵ Ppm je kratica za angleško oznako parts per million in pomeni, koliko je delcev neke snovi na milijon delcev snovi, ki tvori večino, npr. delci onesnaževalca v zraku ali v vodi (Razlaga kratice Ppm, 2008).

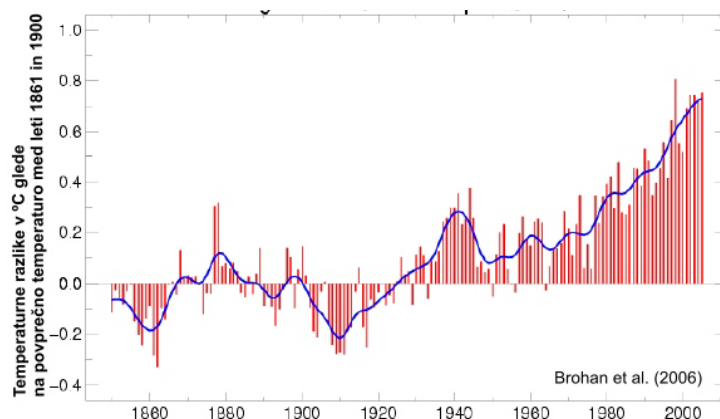
Emisije so v povprečju rasle za 2,2 % na leto. V državah v Aziji (vključno s Kitajsko in Indijo), na Srednjem vzhodu in v državah v ekonomski tranziciji so se emisije podvojile v obdobju med 1990 in 2000. Ta sektor vključuje tudi emisije, povzročene zaradi naftnih rafinerij, rabe plina ter predelave premoga v uporabo za prevoz, industrijo ter domove. Slednje emisije pa naj bi se glede na IEA **do leta 2050 povečale kar za štirikrat**. Celotni sektor energije pa naj bi do leta 2050 **prispeval trikrat več emisij** (Stern, 2006, str. 171).

V zadnjih tridesetih letih je globalna temperatura v povprečju naraščala za približno 0,2 °C na vsakih 10 let, vse skupaj do sedaj je narasla za več kot 0,7 °C. To je pripeljalo povprečno globalno temperaturo do najvišjih stopenj v celotni sedanji interglacialni dobi, ki se je začela pred okoli 12.000 leti. Zanimivo je tudi, da vseh 10 rekordnih najtoplejših let pripada dobi od leta 1990 naprej. Prvi fizični ter biološki znaki se tako že kažejo: v zadnjih 30 oz. 40 letih se je na vsakih 10 let veliko živalskih in rastlinskih vrst preselilo za povprečno 6 km bolj proti poloma. Preselilo se je cvetenje pa tudi valjenje ptic, ki se hkrati na severni polobli začne 2–3 dni prej, kot je veljalo za normalno (Stern, 2006, str. 5).

Nedavne raziskave skupine Ad hoc detection and attribution group (IDAG) glede segrevanja ozračja so pokazale, da je rast temperatur v 20. stoletju veliko višja kot pa je bila v preteklih 1000 letih (rezultati za severno poloblo). Tako je Koncil za nacionalno raziskovanje v ZDA (angl. *US National Research Council*) leta 2006 potrdil, da imajo zadostno število dokazov, da temperatura v zadnjih desetletjih narašča bolj kot pa v zadnjih štirih stoletjih (Stern, 2006, str. 6).

Slika 6 prikazuje spremembe povprečnih globalnih temperatur od leta 1850 pa do leta 2005. Rdeča črta prikazuje posamezne letne povprečne spremembe temperatur, z modro črto pa je prikazan trend sprememb temperatur. Temperature so prikazane relativno glede na povprečje od leta 1861 do 1900.

Slika 6: Temperaturne razlike blizu zemeljskega površja v obdobju od 1850 do 2005 glede na povprečne temperature med letoma 1861 in 1900



Vir: N. Stern, Stern Review on the Economics of Climate Change, 2006.

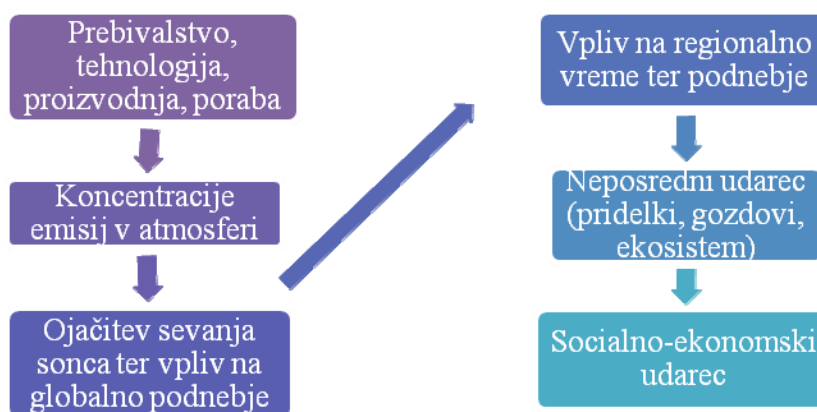
Tudi Mednarodna skupina Organizacije združenih narodov o podnebnih spremembah (angl. *Intergovernmental Panel on Climate Change* oz. na kratko *IPCC*) je leta 2001 zatrdila, da je

zadosti novih močnih dokazov, da prihaja do pretiranega segrevanja atmosfere v zadnjih 50 letih zaradi človeških aktivnosti. Trditve IPCC temeljijo na nekaj desetletnih naporih pridobitve dokazov glede človeškega vpliva na globalno temperaturo. Ugotovitve IPCC je leta 2005 podprlo tudi Skupno poročilo znanstvenih akademij (angl. *Joint Statement of Science Academies*) ter leta 2006 Znanstveni program za podnebne spremembe v ZDA (angl. *US Climate Change Science Programme*) (Stern, 2006, str. 5).

2.3 Od problema onesnaževanja do socialno ekonomskega učinka

Slika 7 opisuje preprosto posplošeno verigo povezave okolja in človeka. Človeške aktivnosti so pripeljale do spremembe sestave Zemljine atmosfere in s tem povzročile učinek tople grede in druge podnebne spremembe. Posledice se ne kažejo le v območjih, kjer je jedro onesnaževanja, temveč jih je možno zaznati tudi v najbolj odročnih predelih sveta. Mnogo ljudi je že moralo zapustiti svoje domove zaradi suš, poplav, orkanov ter drugih naravnih katastrof. Po eni strani smo s tehnologijo omogočili blaginjo nekaterih narodov, po drugi strani pa smo povzročili veliko škode, tako socialne kot tudi ekonomske.

Slika 7: Modeliranje podnebnih sprememb od emisij do posledic



Vir: N. Stern, Stern Review on the Economics of Climate Change, 2006.

Prepričljiva ponazoritev, kjer človeške aktivnosti negativno vplivajo na ekonomijo, je primer Kitajske. V zadnjih letih je cena, ki jo plača Kitajska zaradi prekomernega onesnaževanja okolja in je posledica ekonomskega razvoja, višja od koristi, zaradi katerih je bilo onesnaževanje povzročeno, je opozoril eden izmed raziskovalcev Akademije znanosti na Kitajskem (Coste por daños al medio ambiente excede beneficios económicos en China, 2008).

Po besedah Shi Mingjuna, ki je profesor v Centru za fiktivno ekonomijo ter na prej omenjeni Akademiji znanosti na Kitajskem, so stroški zaradi poškodovanja okolja v letu 2005 znašali okoli 401,7 milijarde dolarjev, medtem ko je bila rast BDP v istem letu le 327,2 milijarde dolarjev. V istem letu je glede na trditve Shija dnevni časopis v angleškem jeziku (China Daily) v petkovi izdaji izjavil, da so stroški uničevanja okolja zaradi pridobivanja naravnih bogastev, onesnaževanja zraka in vode ter drugih degradacij okolja predstavljali 13,9 % vse

ekonomske zmogljivosti (Coste por daños al medio ambiente excede beneficios económicos en China, 2008).

Profesor Shi zatrjuje, da so izgube večje od dobičkov, če upoštevamo denar, porabljen za okolje in naravna bogastva. Smernice razvoja pa se niso veliko spremenile, zato bi lahko Kitajska pričakovala podobne rezultate tudi v prihodnosti. Vse to naj ne bi bilo v skladu z sonaravnim razvojem (Coste por daños al medio ambiente excede beneficios económicos en China, 2008).

Zaradi potencialnih nevarnosti glede prihodnjega nesonaravnega gospodarskega razvoja države je vlada leta 2005 začela s projektom izračuna zelenega BDP, ki računa pristen ritem ekonomske rasti z upoštevanjem stroškov, ki nastajajo zaradi onesnaževanja okolja (Coste por daños al medio ambiente excede beneficios económicos en China, 2008).

2.3.1 Države v razvoju

Stern (2006, str. 92) poudarja, da podnebne spremembe predstavljajo veliko grožnjo za razvijajoči se svet. Če jo spregledamo, bo predstavljala veliko oviro na poti k cilju doseganja nižje stopnje revščine.

Posebej ranljive glede klimatskih sprememb so države v razvoju, in sicer zaradi geografske izpostavljenosti, nižjih dohodkov ter večje odvisnosti od podnebno občutljivih sektorjev, kot sta npr. poljedelstvo in živinoreja. Veliko držav v razvoju se že srečuje s problemi podnebnih sprememb. Za države z nizkim dohodkom stroški zaradi naravnih katastrof predstavljajo v povprečju 5 % BDP.

Zdravju ter poljedelstvu in živinoreji se obetajo grožnje, kot so:

- Upad prihodkov kmetij bo povišal revščino in zmanjšal možnost gospodinjstvom investirati v boljšo prihodnost, kar jih bo prisililo, da bodo prihodke porabljali samo za preživetje.
- Več milijonov ljudi bo izpostavljen tveganju vročinskih valov, poplavam, nezadostni prehrani, boleznim, povezanim s slabšo kvaliteto vode ter večjemu obolevanju zaradi različnih bakterij. V Južni Ameriki je do leta 2050 možno od 2 do 5-krat višje obolevanje zaradi tropskih bolezni.
- Stroški podnebnih sprememb v Indiji ter jugovzhodni Aziji bodo lahko vzrok za 9–13 % izgubo BDP do leta 2100, če primerjamo BDP, ki bi bil dosežen brez vpliva podnebnih sprememb. 145–220 milijonov dodatnih ljudi bo verjetno živel za manj kot 2 USD na dan. Smrtnost dojenčkov na letni ravni bi do leta 2100 kot posledica zmanjšanja prihodkov lahko narasla za dodatnih 165.000 ali celo do 250.000 umrlih dojenčkov v južni Aziji in Podsaharski Afriki.

Močno poslabšanje lokalnega podnebja v nekaterih razvijajočih se državah lahko vodi do masivnih preseljevanj in konfliktov.

Višji nivo morske gladine, dodatno širjenje puščav ter drugi dejavniki kot posledica podnebnih sprememb bi tudi lahko vodili k milijonskim migracijam ljudi. Dobro se je zavedati, da bi npr. dvig gladine morja za 1 meter v Bangladešu, poplavlil več kot petino celotnega mesta (Bangladeš je ena najrevnejših in najgostejše naseljenih držav sveta). Dvig morja za 1 meter bi se lahko zgodil do konca tega stoletja.

Suša ter drugi podnebni šoki bodo lahko povzročili konflikte in drugo nasilje z zahodno Afriko ter z državami ob porečju Nila za večjo neodvisnost od vode.

2.3.2 Razvite države

Medtem ko bodo zaradi podnebnih sprememb najbolj prizadete revnejše države, tudi razvite države ne bodo ostale imune. Manj pa bodo prizadete zaradi (Stern, 2006, str. 122):

- manjšega deleža v sektorju agrikulture, ki je tudi najobčutljivejši sektor za podnebne spremembe;
- večinoma se nahajajo v višjih in hladnejših območjih, zato dvig temperatur ne bo tako zelo prizadel človeka in pridelkov;
- hitrejša možne prilagoditve – bogate države bodo imele več virov za investiranje v prilagoditev, imajo tudi bolj prilagodljivo ekonomijo ter bolj tekoč finančni trg, ki bo v neki meri zajezil probleme podnebnih sprememb.

Kakor koli že, najnovejše raziskave kažejo, da obstaja velika možnost dviga temperatur za več kot 2 oz. 3 °C, kot je bilo predvideno pred nekaj leti. Novi potencialni dvig temperature za 4 do 5 °C oz. več bi imel resne posledice tako za revnejše države kot tudi za vse bogate (Stern, 2006, str. 123).

Stroški sanacije posledic ekstremnih dogodkov, kot so nevihte, poplave, suše ter vročinski vali, se bodo v primeru nadaljnjega višanja globalnih temperatur zelo hitro povišali. Lahko bi dosegli 0,5–1 % vsega svetovnega BDP do sredine tega stoletja in bodo naraščali, če bo pretiran učinek tople grede še vedno prisoten (Stern, 2006, str. 131).

Ekstremni pojavi lahko vodijo do velikih poškodb v infrastrukturi in do hitrejšega razvrednotenja premoženja, kot pa je načrtovano. Za razvijajoče se ekonomije, ki vsako leto velik del investicij vlagajo v fiksni kapital, bodo stroški zaradi ekstremnih pojavov znatno višji (približno 20 % vsega bruto BDP v članicah OECD oz. 5,5 bilijonov dolarjev se vsako leto investira v fiksni kapital). Le ena četrtnina teh investicij pripada konstrukciji (1,5 milijarde dolarjev gre v večini za infrastrukturo in zgradbe) (Stern, 2006, str. 417).

Stroški zaradi ekstremnih vremenskih razmer so že zelo visoki in še naprej rastejo. Od leta 1990 nas vsako leto stanejo okoli 60 milijard dolarjev (to je 0,2 % svetovnega BDP). V letu 2005 pa so stroški znašali kar rekordnih 200 milijard dolarjev (kar je več kot 0,5 % svetovnega BDP). Nove analize, temelječe na zavarovalniškem sektorju, nakazujejo, da

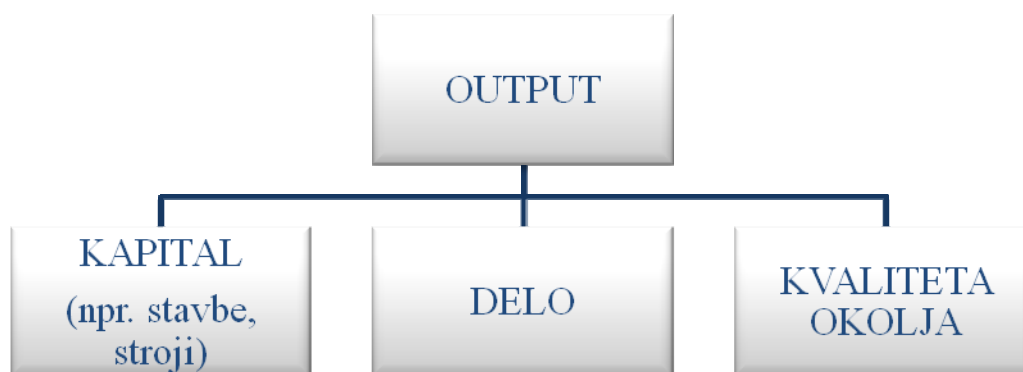
izgube zaradi ekstremnih vremenskih razmer od leta 1970 vsako leto narastejo za povprečno 2 %. Če se bo ta trend nadaljeval ali celo stopnjeval, bodo lahko izgube zaradi višjih globalnih temperatur in s tem povezanimi ekstremnimi vremenskimi pojavi do sredine tega stoletja znašale tudi do 1 % svetovnega BDP. Še več, če se bodo temperature dvigovale tudi v naslednji polovici stoletja, bodo lahko izgube predstavljale tudi do več odstotkov svetovnega BDP. Škode namreč rastejo nesorazmerno z višanjem temperatur (Stern, 2006, str. 132).

Indijski zagovornik varstva narave Pachauri (2008) svari politične vodje ter vodje mednarodne ekonomije, da bi lahko stroški zaradi podnebnih sprememb že do leta 2030 narasli na 5 % svetovnega BDP v primeru, da ne bomo ukrepali takoj.

2.3.3 Produkcijska funkcija z dejavnikom kvalitete okolja

Vpliv podnebnih sprememb na ekonomsko rast lahko prikažemo s preprosto teoretično strukturo. Začnemo s splošno neoklasično produkcijsko funkcijo, v kateri je ekonomski output (Y) v določenem letu (t) odvisen od kapitala (K), dela (kratica L od angl. *labour*) ter od dodatnega dejavnika produkcije E (slika 8), ki je kratica za kvaliteto okolja (angl. *environmental quality*). V tem primeru E predstavlja (naravno) premoženje, ki zagotavlja storitve. Od teh storitev je odvisen tudi output ($Y(t) = (K, L, E)$).

Slika 8: Preprosta produkcijska funkcija z dejavnikom kvalitete okolja



Vir: N. Stern, Review on the Economics of Climate Change, 2006.

Če bodo neto vplivi podnebnih sprememb negativni, potem bo tudi okoljski dejavnik E nižji. To bo zmanjšalo output, dosežen z ostalima dvema produkcijskima dejavnikoma, delom in kapitalom, saj je output odvisen od vseh treh dejavnikov. Torej se bo output znižal zaradi nižje produktivnosti dela in kapitala kot tudi zaradi negativnih ekstremnih vremenskih razmer. Seveda velja tudi obratno. Če je neto okoljski dejavnik E pozitiven, sledi pozitiven učinek na output (Stern, 2006, str. 124).

Prilagoditev na podnebne spremembe skupaj z zmanjšanjem vzrokov, ki vplivajo na te spremembe, je zelo pomembna strategija za prihodnost. Brez zgodnjega in močnega zmanjšanja teh vzrokov bodo stroški prilagoditve ekstremnim razmeram naraščali, kar pa bo oviralo posameznike in države, da se uspešno prilagodijo (Stern, 2006, str. 405).

3 EU IN OSTALI SVET V BOJU PROTI ONESNAŽEVANJU TER POMANJKANJU ENERGIJE

Močan gospodarski razvoj, ki smo ga živeli v zadnjih 50 letih je ogrožen. Na nafto, ki poganja svetovno ekonomijo, na dolgi rok ne moremo več računati. Živimo v obdobju, kjer se je potrebno odločati o novih strategijah razvoja. Četudi bi bilo nafte še v izobilju in ne bi obstajal nikakršen strah o pomanjkanju surovine, bi bili prisiljeni poiskati nove, čistejše alternativne vire energije. Novejši dokazi, da z izkoriščanje nafte prekomerno škodimo tako okolju kot tudi sodobni ekonomiji, so ključnega pomena za prilagoditev smernic razvoja gospodarstva.

Svetovna politika je že začela sprejemati ukrepe, ki bi nam pomagali pri razreševanju aktualnih problemov z nafto ter onesnaževanjem okolja. Prioritete, kako se lotiti problemov, so določene znotraj posamezne skupnosti oz. države. Zelo pomembni so sporazumi med posameznimi državami, ki jih zavezujejo k izpolnitvi dogovorov. Oblikujejo se nova inovativna orodja ter strategije, ki bi pospešile sonaraven razvoj, zagotovile dolgoročno svetovno gospodarsko rast in izboljšale blaginjo v posamezni državi oz. v celotni skupnosti.

3.1 Kjotski sporazum

Začetki kjotskega sporazuma segajo v leto 1988, ko sta se zgodila dva pomembna dogodka. V znanstvenih krogih je junija istega leta strokovnjak NASE potrdil razmerje med izpusti emisij toplogrednih plinov zaradi človeških aktivnosti ter med višjimi temperaturami, ki so bile v poletnem obdobju 1988. Istega leta so politični krogi na konferenci v Torontu na temo Spremembe v atmosferi pozvali industrializirane države k prostovoljnim ukrepom za zmanjšanje emisij CO₂ (Qué es el Protocolo de Kyoto, 2008).

V letu 1992 je bila organizirana konferenca Združenih narodov v Rio de Janeiru, imenovana Earth Summit. Bilo je govora o znanstvenih dokazih glede učinka tople grede zaradi človeških dejavnosti. Predstavljen je bil pomemben poziv znanstvenika Heidelberga, ki vabi ostale znanstvenike k pomembnosti odkrivanja dejanskega stanja onesnaženja in zavrača kriva pričanja o onesnaževanju v prid političnim in gospodarskim ciljem. Ta poziv je bil takrat podpisan s strani 425 znanstvenikov, do danes pa ga je podpisalo že okoli 4.000 znanstvenikov iz več kot 100 držav, med katerimi je tudi 72 Nobelovih nagrajencev (The Heidelberg Appeal, 2008).

Tri leta kasneje, ko je bila na temo podnebja konferenca v Berlinu, se je vložila pobuda za izoblikovanje mednarodnega protokola, ki bi obvezal razvite države zmanjšati emisije CO₂. Na podlagi tega predloga se tako v decembru leta 1997 oblikuje protokol, ki je bil podpisan v japonskem mestu Kyoto (Qué es el Protocolo de Kyoto, 2008).

Kjotski protokol je doslej najbolj ambiciozen globalni načrt za zmanjševanje izpustov toplogrednih plinov. Veljati je začel šele 16. februarja 2005, saj se je vse od sklenitve leta 1997 slabo uveljavljal, ker so se ga po zavrnitvi ZDA izogibale vse največje onesnaževalke okolja s toplogrednimi plini. Prelomnico na področju uveljavitve je omogočila Rusija, ki je sporazum ratificirala novembra 2004. Sporazum naj bi ratificiralo najmanj 55 držav, ki so skupaj odgovorne za najmanj 55 odstotkov globalnih izpustov toplogrednih plinov (Kjotski protokol praznuje deseto obletnico, 2007). Do 16. oktobra 2008 pa ga je ratificiralo 183 držav (Kyoto Protocol: Status of Ratification, 2008).

V japonskem Kjotu so se leta 1997 prisotne države zavezale, da bodo v obdobju med letoma 2008 in 2012 znižale izpuste toplogrednih plinov za najmanj pet odstotkov v primerjavi z letom 1990. EU si bo prizadevala za 8 % zmanjšanje, ZDA za 7 %, Japonska za 6 %, Rusija pa se bo zavzemala za stabilizacijo emisij. Pogodba dovoli večje izpuste toplogrednih plinov nekaterim državam, kot je Avstralija, ki emisije lahko poveča za 8 %, ter npr. Islandija, ki ji je dovoljen 10 % dvig emisij (Industrialized countries to cut greenhouse gas emissions by 5.2%, 2007).

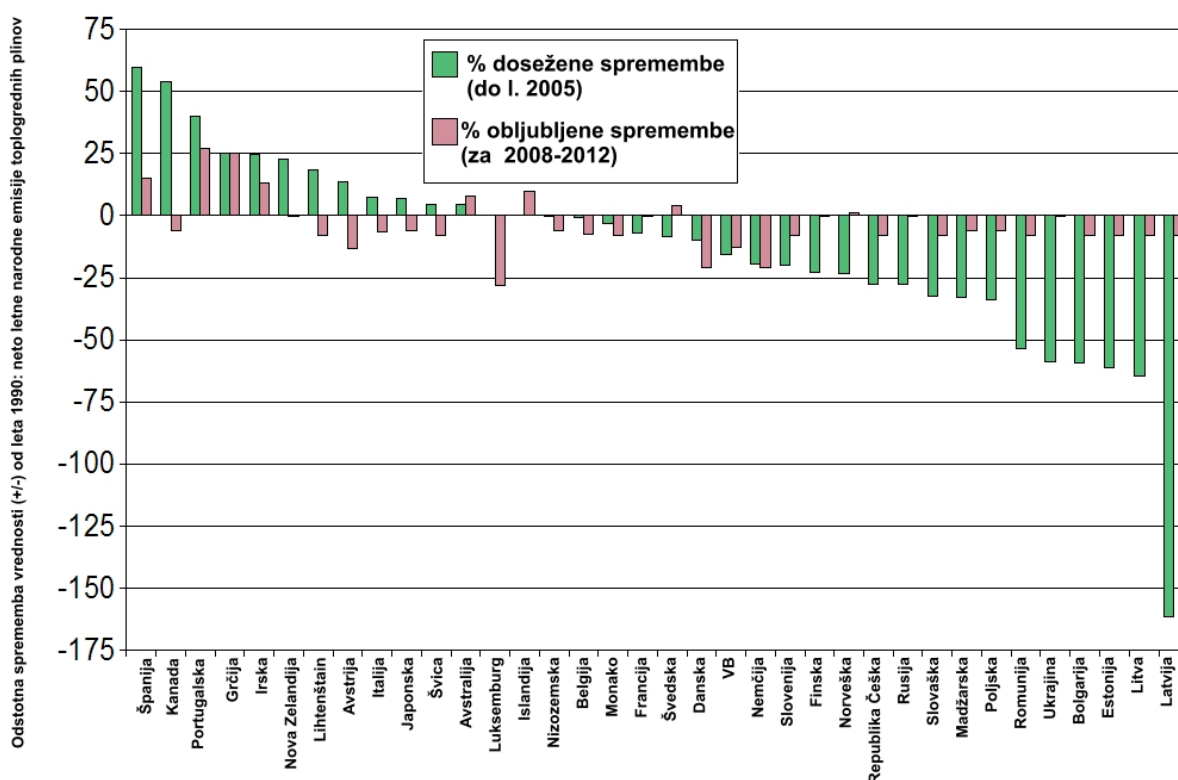
Kjotski sporazum vključuje tudi definirane »fleksibilne mehanizme« kot so *Trgovanje z emisijami*, *mehanizem čistega razvoja*, projekt, ki omogoča industrializiranim državam alternativno možnost. Za izpolnitev pogojev iz Kjotskega sporazuma lahko zmanjšajo emisije v drugih razvijajočih se državah, če menijo, da bodo stroški manjši, kot pa če bi se podobnega projekta lotili v matični državi. Mehanizem *Skupno izvajanje* pa je prisoten v 6. členu Kjotskega protokola in se nanaša na projekte, ki imajo za posledico zmanjšanje emisij toplogrednih plinov. Projekti se izvajajo med dvema državama aneksa I.⁶ V projektih Skupnega izvajanja nastajajo enote zmanjšanja emisij ali ERU-ji, ki pomenijo, da ena država pridobi dobroimetje, ker je naredila projekt za zmanjšanje emisij v drugi državi (Podnebne spremembe: slovarček uporabnih izrazov, 2005).

Na sliki 9 so prikazane odstotne spremembe emisij toplogrednih plinov v zraku od začetnega leta 1990 do leta 2005 po posameznih državah ter obljubljene spremembe emisij, ki jih nameravajo države doseči od leta 2008 pa do leta 2012. Iz grafa na sliki se da ugotoviti, da si bo večina držav prizadevala zmanjšati rast toplogrednih plinov, kar je tudi namen Kjotskega protokola.

⁶ Aneks I predstavljajo naslednje razvite države: Avstralija, Avstrija, Belorusija, Belgija, Bolgarija, Kanada, Hrvaška, Češka, Danska, Estonija, Finska, Francija, Nemčija, Grčija, Madžarska, Islandija, Irska, Italija, Japonska, Latvija, Liechtenstein, Litva, Luksemburg, Monako, Nizozemska, Nova Zelandija, Norveška, Poljska, Portugalska, Romunija, Rusija, Slovaška, Slovenija, Španija, Švedska, Švica, Turčija, Ukrajina, Velika Britanija, Združene države Amerike.

Po poročilu Evropske agencije za okolje (Climate change: Commission welcomes fall in 2007 greenhouse gas emissions for third consecutive year, 2009) bodo članice EU-15, ki so se leta 1997 zavezale zmanjšati emisije, zmožne doseči cilje Kjotskega protokola do leta 2012. Za EU-27 v Kjotskem protokolu ni določenih posebnih kriterijev, saj 12 držav takrat še ni bilo članic EU. Vsaka od 12 novih držav članic EU (razen Cipra in Malte) pa se je vseeno zavezala in sprejela potrebne ukrepe za doseg kjotskih kriterijev. Celotna EU-27 naj bi bila zmožna uresničiti cilje in tako prispevati k zmanjševanju toplogrednih plinov v ozračju.

Slika 9: Odstotni prikaz sprememb emisij toplogrednih plinov (1990–2005) ter napovedi o odstotni spremembi emisij od leta 2008 do 2012 za 36 držav podpisnic Kjotskega sporazuma



Vir: Kyoto Protocol, 2008.

3.2 Strateški okoljski plan Evropske unije

Predsednik Komisije José Manuel Barroso (Spodbujanje rasti in ustvarjanje novih delovnih mest z roko v roki z izpolnjevanjem naših obveznosti glede podnebnih sprememb, 2008) pravi takole: »Soočenje z izzivi podnebnih sprememb je temeljni preizkus politike naše generacije. Naše poslanstvo, pravzaprav naša dolžnost je, da zagotovimo pravi politični okvir za preoblikovanje v do okolja prijazno evropsko gospodarstvo in da ostanemo na čelu mednarodnega ukrepanja za varstvo našega planeta. Ne samo, da se naš sveženj sooča s tem izzivom, ponuja tudi pravi odgovor na vprašanje energetske varnosti, obenem pa je to priložnost, ki naj bi ustvarila na tisoče novih podjetij in milijone delovnih mest v Evropi. To priložnost moramo izkoristiti.«

Evropska komisija je na podlagi zasedanja Evropskega sveta, ki je potekalo spomladi leta 2007, v letu 2008 pripravila podnebno-energetski sveženj predlogov o zakonodaji. Sveženj naj bi zagotovil 20-odstotno zmanjšanje emisij toplogrednih plinov do leta 2020 glede na izhodiščno leto 1990, povečanje rabe obnovljivih virov na 20 % končne rabe energije (v prometu naj bi dosegli 10-odstotni delež vozil, ki jih bo poganjalo okolju prijazno gorivo) in 20 % povečanje energetske učinkovitosti do omenjenega leta 2020. Kot dolgoročni cilj Evrope je postati družba z nizko porabo ogljika, ki izvira iz fosilnih goriv oz. t. i. nizkoogljična družba (UMAR, 2008).

Trgovanje s pravicami do izpuščanja toplogrednih plinov bo služilo kot ključni instrument pri doseganju omenjenih ciljev. Evropska shema trgovanja vključuje skoraj celotni energetski sektor (v nadaljevanju ETS) in večje industrijske naprave. ETS skupaj zajema okoli 40 % vseh emisij EU. Sektorji, ki niso vključeni vanjo (neenergetski sektor oz. ne-ETS v nadaljevanju), do sedaj proizvedejo okoli 60 % vseh emisij v EU in so večinoma sektorji z več majhnimi viri emisij, kakršni so na primer promet (avtomobili, tovorna vozila), upravljanje zgradb (ogrevanje), storitve, kmetijstvo, ravnanje z odpadki in male industrijske naprave. Tudi emisije iz teh virov ureja posebna zakonodaja EU, npr. standardi energetske učinkovitosti, skupna kmetijska politika EU in zakonodaja glede ravnanja z odpadki (UMAR, 2008).

Zmanjševanje emisij bo večje v tistih sektorjih, ki so vključeni v evropsko shemo trgovanja z njimi (EU ETS). V letu 2005 je EU zmanjšala emisije za skoraj 8 % v primerjavi z letom 1990 in bo glede na ocene modela PRIMES z izvajanjem trenutnih ukrepov v letu 2020 dosegla zmanjšanje za okoli 6 % glede na leto 1990. Tako je potrebno za doseg 20-odstotnega zmanjšanja do 2020 z dodatnimi ukrepi energetske-podnebnega svežnja zmanjšati emisije še za 14 %. Sveženj predvideva, da se te naloge razdelijo med sektorjema ETS in ne-ETS tako, da prvi zmanjša emisije za 21 %, drugi pa za 12 % (UMAR, 2008).

Sveženj po načelu pravičnosti predvideva delitev bremen zmanjševanja po državah glede na stopnjo razvitosti posameznih držav. Ker je za EU ETS omejitev emisij določena na evropski ravni, je delitev obveznosti med posameznimi državami članicami EU mogoča le za sektorje, ki niso znotraj evropske sheme trgovanja. Predlog svežnja tako breme zmanjševanja izpustov razdeli glede na stopnjo razvitosti oz. glede na BDP na prebivalca. V tem primeru bi države, ki imajo manjši BDP na prebivalca od povprečnega v EU, zmanjšale emisije ne-ETS do leta 2020 za manj odstotkov kakor EU v povprečju (12 %) oz. jih lahko tudi povečajo, vendar ne za več kakor 20 % glede na leto 2005. Države članice, ki imajo nadpovprečni BDP na prebivalca, pa bodo morale zmanjšati izpuste ne-ETS za več odstotkov, kakor je povprečno zmanjšanje v EU, to je do 20 % glede na leto 2005 (UMAR, 2008).

V podnebno-energetskem svežnju so porazdeljena tudi bremena za doseganje ciljev iz obnovljivih virov energije. Porazdelitev bo potekala glede na stopnjo razvitosti države članice EU. Dogovorjeno je, da mora EU sedanja 8,5 % delež obnovljivih virov energije (v nadaljevanju OVE) v njeni končni porabi do leta 2020 povečati za 11,5 o. t. Polovica tega

povišanja je dodeljena vsem državam, razdelitev druge polovice pa je odvisna od BDP na prebivalca. Poleg tega se je upoštevalo tudi zgodnje akcije, in sicer se je tistim državam članicam EU, ki so v obdobju od leta 2001 do leta 2005 zvišale delež OVE vsaj za 2 o. t., za tretjino tega povišanja znižalo izhodišče za leto 2005. Za Slovenijo slednje ni prišlo v poštev.

3.3 Slovenski strateški okoljski plan

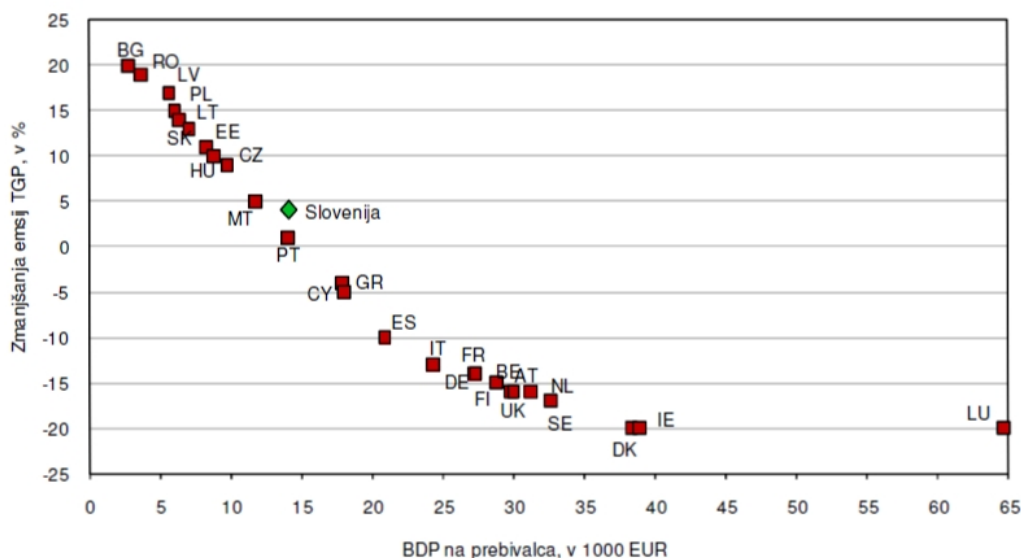
V predlogu podnebno-energetskega svežnja je Komisija navedla, da **bo morala Slovenija do leta 2020 povečati rabo obnovljivih virov energije z današnjih 16 % končne energije na 25 % končne energije v letu 2020** (Predlog podnebno-energetskega svežnja predpisov, 2008). To pomeni porast OVE za 9 o. t. oz. za nekoliko več kot 56 %. Način izbora obnovljivih virov je prepuščen državi članici.

Slovenija bo morala do leta 2020 glede na predlog Komisije v podnebno-energetskem svežnju za 6 % zmanjšati tudi emisije toplogrednih plinov. To lahko stori na sledeč način (Predlog podnebno-energetskega svežnja predpisov, 2008):

- zmanjša emisije iz sektorjev, ki so vključeni v evropsko shemo trgovanja z emisijskimi pravicami, za 21 %. Ker ti sektorji, tako imenovani EU ETS sektorji, povzročajo za okoli 40 % vseh slovenskih emisij toplogrednih plinov, zahtevani ukrep pomeni 8,4 % zmanjšanje celotnih slovenskih emisij ($21 \% \times 0,4$);
- lahko poveča emisije iz sektorjev, ki niso vključeni v evropsko shemo trgovanja z emisijskimi pravicami. BDP na prebivalca v Sloveniji je bil leta 2005 enak 14.100 evrov, kar je predstavljalo 62 % takratnega povprečnega BDP v EU. Enako kot Portugalska ima tudi Slovenija zato dano možnost, da emisije toplogrednih plinov v ne-ETS sektorjih do leta 2020 poveča, in sicer v primeru Slovenije za največ 4 % (slika 10) glede na emisije iz teh sektorjev v letu 2005. Ker ti sektorji, tako imenovani ne-ETS sektorji, povzročajo za okoli 60 % vseh slovenskih emisij toplogrednih plinov, taka možnost dopušča povečanje celotnih slovenskih emisij za okoli 2,4 %. S tem je omogočeno, predvsem glede rabe fosilnih goriv, nemoteno razvijanje malih ter srednje velikih podjetij. Dana je tudi možnost, da pokrije pospešeno naraščanje emisij zaradi povečanega prometa, predvsem tovarnega, ki pa ni samo tranzitni, temveč je tudi posledica slovenske gospodarske rasti.

Delitev med EU ETS sektorji in ne ETS sektorji je v Sloveniji podobna, kot to velja za povprečje v EU: približno 40 % emisij oz. okoli 8,2 milijona ton CO₂ emisij povzročajo naprave iz EU ETS sektorjev, ostalih 12 milijonov ton CO₂ emisij pa prispevajo viri iz ne-ETS sektorjev (Predlog podnebno-energetskega svežnja predpisov, 2008).

Slika 10: Obveznosti zmanjšanja oz. možnost povečanja izpustov toplogrednih plinov do leta 2020 v ne-ETS sektorju, prilagojene glede na stopnjo razvitosti, v % glede na leto 2005



Vir: Evropska komisija, Package of Implementation measures for the EU's objectives on climate change and renewable energy for 2020, 2008.

3.4 Orodja za pospeševanje doseganja ciljev z obnovljivimi viri energije

OVE so v začetni fazi razvoja in zato večinoma potrebujejo dodatne podporne programe, ki jim zagotavljajo preživetje in uveljavitev na trgu. Katere vrste OVE poznamo ter na kakšen način se lahko spodbuja njihov razvoj, je obrazloženo v nadaljevanju.

3.4.1 Obnovljivi viri energije

Definicija: OVE so viri energije, ki se obnavljajo iz tokov energije naravnih procesov, pri čemer njihova obnovljivost sledi njihovi potrošnji. Nasprotje obnovljivim virom energije so fosilna goriva, iz katerih v kratkem času izčrpamo energijo, ki se je shranjevala tisoče ali milijone let (Obnovljivi viri energije, 2008).

Vrste obnovljivih virov energij (Obnovljivi viri energije, 2008):

- **Sončna energija**

Sončna energija izvira iz nuklearnih reakcij, ki se dogajajo v središču nam najbližje zvezde. Prosta energija se v obliki svetlobe in toplote širi po vesolju in samo z majhnim delom ta energija prihaja do našega planeta in nam omogoča življenje.

Obstajata dva najbolj pomembna načina izkoriščanja sončne energije:

- sončne elektrarne (proizvodnja elektrike)
- termosolarni sistemi

- ***Energija vetra***

Vetrna elektrarna je elektroenergetski objekt, s katerim pretvarjamo energijo vetra v električno energijo.

- ***Bioenergija (biomasa)***

Energetika obravnava biomaso kot organsko snov, ki jo lahko uporabimo kot vir energije. V to skupino uvrščamo les in lesne ostanke (lesna biomasa), ostanke iz kmetijstva, nelesnate rastline, uporabne za proizvodnjo energije, ostanke pri proizvodnji industrijskih rastlin, sortirane odpadke iz gospodinjstev, odpadne gošče oz. usedline, organsko frakcijo mestnih komunalnih odpadkov in odpadne vode živilske industrije.

Izgorevanje biomase se koristi za pridobivanje vodne pare za gretje in za potrebe industrijskih procesov. Uporablja se v termoelektrarnah kot zamenjava za delež fosilnega goriva. V elektrarnah na biomaso je električna učinkovitost povečana tudi za 35 %.

- ***Vodna energija***

Sončna energija je vzrok za gibanje vode v naravi, ki daje energijo vodotokom (reka, potok) in valovanju, ki se stoletja koristijo za pridobivanje mehanskega dela.

- ***Geotermalna energija (toplota zemljine notranjosti)***
- ***Soproizvodnja in učinkovita raba energije***

Soproizvodnja električne in toplotne energije se pogosto imenuje tudi kogeneracija. Pri tem procesu se sočasno pretvarja energijo goriva v toplotno in električno energijo preko električnega generatorja, ki ga poganjajo motorji z notranjim izgorevanjem ali turbine (parne ali plinske). S pretvorbo notranje energije v mehansko se sprosti velika količina toplote, ki nam skupaj z proizvedeno električno energijo omogoča prihranke primarne energije in zmanjšuje energetske oskrbo.

- ***Gorivne celice***

Gorivna celica je energijska celica in po mnenju mnogih le konvertor oz. shranjevalec energije v prihodnosti. S pomočjo energijske celice lahko spremenimo vodik in kisik v električno energijo, toploto ter vodo. Tako lahko pridobivamo energijo na ekološko neoporečen način.

Energijska celica je naprava, ki vodik in kisik elektrokemično spreminja v toploto ter električno energijo. Je zelo podobna bateriji, ki jo lahko polnimo tudi med obratovanjem. Polnimo pa je ne z el. energijo, temveč s kisikom in z vodikom.

- ***Toplotne črpalke***

Ogrevanje s toplotno črpalko predstavlja energetske učinkovit in okolju prijazen način ogrevanja. Toplotne črpalke so naprave, ki izkoriščajo toploto iz okolice ter jo pretvarjajo v

uporabno toploto za ogrevanje prostorov in segrevanje sanitarne vode samostojno ali v kombinaciji z ostalimi sistemi. Pridobljena toplota je rezultat termodinamičnega procesa in ne izgorevanja goriva kot pri klasičnih ogrevalnih sistemih. Toplota, ki jo iz okolice črpajo toplotne črpalke, je v različne snovi akumulirana sončna energija, zato predstavlja obnovljivi vir energije. Toplotne črpalke izkoriščajo toploto zraka, podtalne in površinske vode, toploto akumulirano v zemlji in kamnitih masivih, lahko pa izkoriščajo tudi odpadno toploto, ki se sprošča pri različnih tehnoloških procesih.

3.4.2 Strategije za razvoj OVE v obliki finančnih podpor investitorjem

Proizvajalci OVE dobijo finančno podporo v obliki subvencij na kilovat (kW) instalirane kapacitete ali plačilo za proizvedeno in prodano kilovatno uro (kWh). Najpomembnejše strategije so (Analiza spodbujanja skozi »feed-in« sisteme, 2007):

- strategije s poudarkom na investiciji – finančne podpore so podane kot subvencije pri realizaciji investicije, davčni ali okoljski krediti pa z znižanimi obrestnimi merami (večinoma na enoto proizvodne kapacitete);
- strategije s poudarkom na proizvodnji – finančna podpora je fiksno določena zagotovljena odkupna cena ali premija (plačilo na enoto proizvedene energije), ki jo mora vladna organizacija, dobavitelj elektrike ali distributer zakonsko plačati za zeleno energijo, ko jo odkupi od upravičenih proizvajalcev.

Fiksna cena je zagotovljena in v celoti stalna, premija pa je le količina, ki se doda tržni ceni elektrike. Za tistega, ki proizvaja zeleno elektriko, je celotna cena na kWh v sistemu premije manj predvidljiva od fiksne zagotovljene cene, in sicer zaradi odvisnosti od spreminjanja tržne cene elektrike. Tovrstni mehanizem, ki odseva eksterne stroške konvencionalne proizvodnje energije, lahko vzpostavi pravično trgovanje in konkurenco na konkurenčnem trgu elektrike med obnovljivimi in konvencionalnimi viri energije. Te sheme omogočajo OVE tudi hitrejšo konkuriranje na trgu, če njihovi produkcijski stroški padejo pod ceno elektrike in premijo (Analiza spodbujanja skozi »feed-in« sisteme, 2007).

Skupaj z obdavčenjem konvencionalnih virov energije v skladu z njihovim vplivom na okolje je skrbno osnovan sistem fiksnih premij teoretično najučinkovitejši pri internalizaciji eksternih stroškov. V praksi zelo težko ocenimo pravo višino premije, saj temeljijo na ocenjenih produkcijskih stroških, političnih odločitvah, različnih pogledih in državnih preferencah (Analiza spodbujanja skozi »feed-in« sisteme, 2007).

3.4.3 Strategije, ki pospešujejo in zagotavljajo odkup določenih količin energije, pridobljene iz OVE

Koliko naj bi se proizvedlo OVE in njihov tržni preboj (kvota ali obnovljivi portfolio standard) določi vlada. Najpomembnejše točke so (Analiza spodbujanja skozi »feed-in« sisteme, 2007):

- ponudbeni sistemi – izdajajo se razpisi za ponudbe določenih količin kapacitet. Konkurenca med ponudniki pripelje do pogodb, ki bodo prejemale zagotovljeno tarifo za neko določeno obdobje;
- sistemi trgovanja s certifikati – v Evropi jih imenujejo »Tradable green certificates (RPS)«, na japonskem in ZDA pa imenujejo sistem »Renewable portfolio standards« (RPS). Deluje na sledeč način: proizvajalci, distributerji so zadolženi za dobavo oz. nakup določenega odstotka zelene elektrike. Na dan posla morajo oddati zahtevano število certifikatov in s tem dokažejo, da so ravnali po določenih predpisih. Certifikate pridobijo na tri načine:
 - iz lastne proizvodnje elektrike,
 - z nakupom zelene elektrike in z njo povezanih certifikatov od drugih proizvajalcev,
 - z nakupi certifikatov brez vnaprejšnjega nakupa dejansko proizvedene zelene elektrike, torej z nakupi certifikatov, s katerimi se trguje neodvisno od elektrike.

3.4.4 Prostovoljni pristopi

Gre za eno izmed strategij, kjer so končni odjemalci pripravljeni plačevati dodatne premije za čisto energijo. K prostovoljnemu plačevanju jih lahko vodi skrb zaradi globalnega segrevanja ipd. Obstajata dva osnovni kategoriji (Analiza spodbujanja skozi »feed-in« sisteme, 2007):

- na osnovi investicij: najpomembnejši so programi za delničarje, donatorski projekti in etični vnos;
- na osnovi proizvodnje: tarife zelene elektrike z različnimi označevanji ali brez njih.

3.4.5 Indirektne strategije

Poleg strategij, ki direktno naslavljaajo promocijo enega ali več specifičnih tehnologij pridobivanja obnovljive energije, obstajajo tudi take, ki imajo posreden vpliv na razširitev OVE (Analiza spodbujanja skozi »feed-in« sisteme, 2007):

- ekodavki na elektriko, proizvedeno z neobnovljivimi viri energije,
- davki in dovoljenja za CO₂ emisije,
- ukinitve subvencij, podeljenih proizvajalcem elektrike iz fosilnih goriv in jedrske energije.

Pri promociji OVE preko energetske ali okoljske davkov obstajata dve možnosti (Analiza spodbujanja skozi »feed-in« sisteme, 2007):

- oprostitev davka (energetski davki, žveplovi davki itd.),
- če ni možnosti oprostitve za OVE proizvajalce, so davki lahko delno ali v celoti povrnjeni.

Obe možnosti vodita k izboljšani konkurenčnosti OVE na trgu in veljata tako za že obstoječe OVE kapacitete kot novogradnje. Posredne strategije vključujejo tudi institucionalno promocijo razvoja OVE, prostorsko planiranje, enostavne priklope na omrežje, operativne pogoje dobavljanja elektrike v sistem, kar je še posebej pomembno pri nestalni proizvodnji. Namestitvene in planske zahteve lahko znižajo potencialna nasprotovanja elektrarnam iz obnovljivih virov, če se nanašajo na izpostavljene probleme, kot so hrup in vizualni ali okoljski vpliv. Zakone se lahko uporabi za izločitev posebnih lokacij za razvoj ali v izognitev področjem, ki predstavljajo visoko tveganje okoljskega uničevanja ali poškodb ptic (Analiza spodbujanja skozi »feed-in« sisteme, 2007).

3.4.6 Osnovni sistemi podpore proizvodnje elektrike v EU iz obnovljivih virov energije

Osnovni sistemi podpore OVE v Evropski uniji so (Analiza spodbujanja skozi »feed-in« sisteme, 2007):

- ***Sistemi fiksni cen (feed-in tarif; v nadaljevanju tudi FIT)***

V sistemu fiksni cen država predpiše odkupne cene elektrike za posamezen obnovljiv vir in soproizvodnjo. V večini primerov zagotavlja proizvajalcem celoten odkup proizvedene »zelen« elektrike v določenem pogodbenem obdobju. Obstaja tudi možnost, da se fiksna cena obračunava kot premija (pribitek) na tržno ceno elektrike. Višina odkupnih cen je v veliki večini odvisna od proizvodnih stroškov elektrike iz raznovrstnih virov energije. Količina elektrike se določi na trgu in je odvisna od možnosti zniževanja proizvodnih stroškov elektrike pod določeno višino fiksne odkupne cene. Ta sistem naj bi proizvajalcem v primeru učinkovitega delovanja omogočal, **da poslujejo z dobičkom** in uspešno konkurirajo velikim javnim podjetjem in proizvajalcem elektrike iz konvencionalnih virov. To je možno, če so višine fiksni odkupni cen postavljene na razumen nivo, ki je prilagojen posameznim tehnologijam. Omogočal naj bi tudi varnost pri investicijah, to pa naj bi spodbudilo domačo industrijo obnovljive energije, pritok kapitala v nastajajoči sektor in povečalo zmogljivosti obnovljive energije. Naloga države je letno spreminjanje oz. zniževanje višine fiksni določenih cen glede na stopnjo tehnološkega razvoja tega sektorja.

Sistem je popularen, ker ga je možno hitro vzpostaviti in odpraviti, omogoča promocijo posameznih specifičnih tehnologij.

Pomembne prednosti FIT (Success story: Feed-In Tariffs Support renewable energy in Germany, 2008):

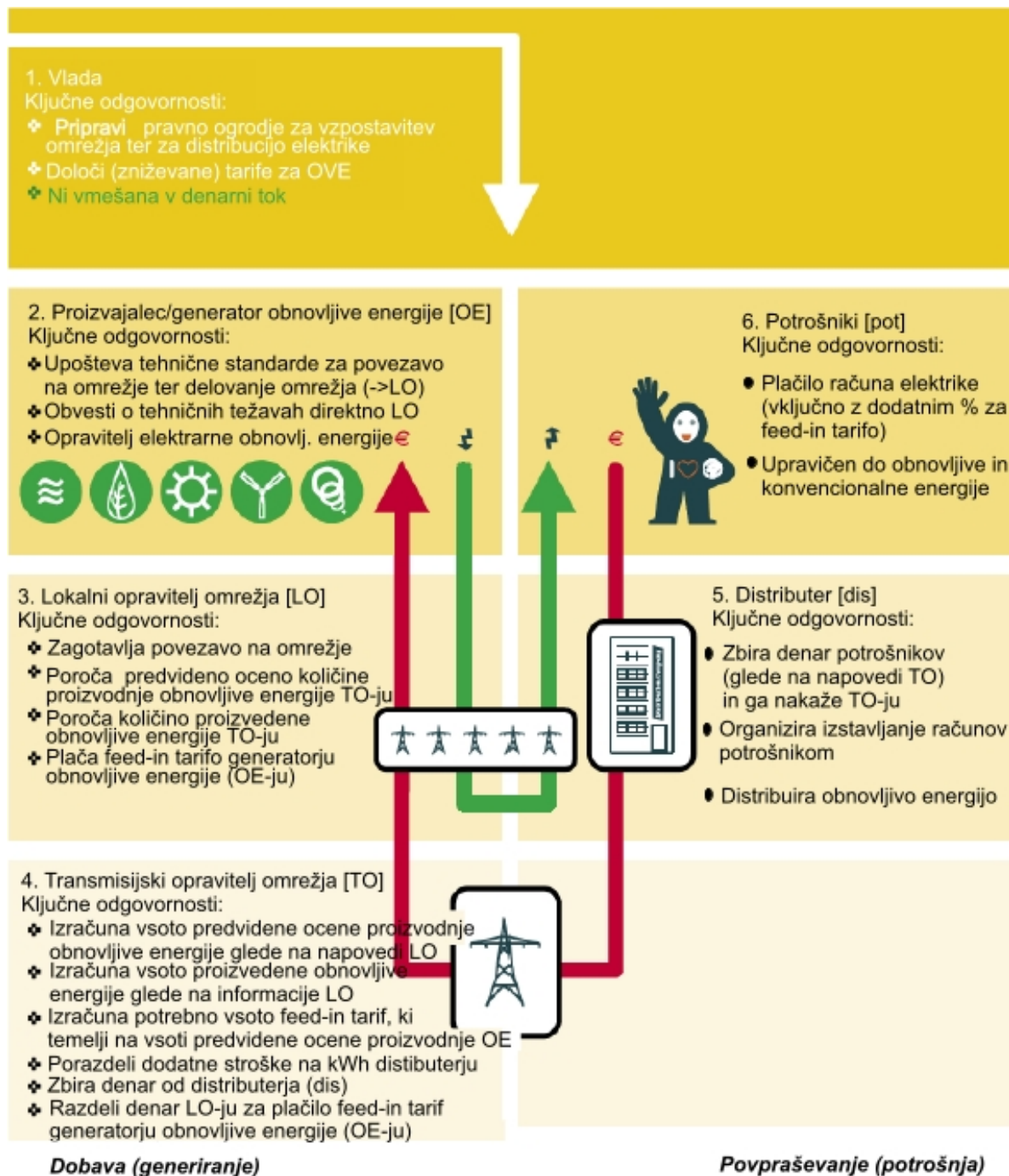
- zmanjšanje emisij CO₂ (dobro pripravljeni in preračunani FIT zakon lahko poveča delež obnovljive energije na trgu in s tem počasi nadomešča proizvodnjo energije iz fosilnih goriv);
- ustvarjanje delovnih mest (rast OVE bo ustvaril zaposlitev tisočim delavcem. V Nemčiji na primer industrija OVE zaposluje okoli 234.000 ljudi. Skoraj 60 % zaposlitev je direkten rezultat uspešnega nemškega FIT-zakona, ki je zelo nazorno predstavljen na sliki 11);

- večja varnost domače dobave elektrike (s povečanjem tržnega deleža domače proizvodnje obnovljive energije bo država postala manj odvisna od fosilnih goriv);
- pospešen tehnološki napredek (dobro pripravljene feed-in tarife povečajo tehnološke inovacije v sektorjih, kot sta vetrni in solarni sektor);
- ustvarjanje pravičnih tržnih pogojev za OVE (v preteklosti OVE niso mogli tekmovati s konvencionalnimi viri energije, ki niso internalizirali okoljske škode, ki jo povzročijo, po drugi strani pa so bili tudi visoko subvencionirani; FIT zakon tako pomaga OVE lažje uveljavitev ter tekmovanje na trgu energije).

Pomanjkljivosti naj bi bile (Analiza spodbujanja skozi »feed-in« sisteme, 2007):

- previsoke cene obnovljive energije;
- neučinkovite investicije (učinkoviti investitorji poberejo presežen dobiček);
- velika stopnja političnega tveganja (država lahko namreč kadar zamenja ta sistem s katerim koli drugim);
- ne ustvarja spodbud zniževanja stroškov na enoto proizvedene elektrike;
- omejevanja pri trgovanju, saj se ne more pričakovati, da bodo fiksne cene elektrike izplačane tudi proizvajalcem drugih držav;
- sistem spodbuja tudi razvoj OVE na področjih, ki sicer niso ugodno obdarjena s temi viri (npr. veter, sonce).

Slika 11: Zakon o obnovljivi energiji (EEG) v Nemčiji – kako v praksi poteka izredno uspešen feed-in tarifni sistem



Vir: Renewable Energy Law (EEG) in Germany – How does it work in practice?, 2008.

• Sistem kvot z zelenimi certifikati (TGC)

Obveza kvote na osnovi trgovanja z zelenimi certifikati je količinsko orientirana spodbuda na osnovi proizvodnje. Je relativno nova spodbuda, ki je zamenjala nekatere starejše instrumente spodbujanja OVE v državah Evrope (Belgija, Italija, Švedska, Velika Britanija in Poljska).

Osnova sistema je obveza določenih udeležencev (proizvajalcev, dobaviteljev ali porabnikov) v verigi oskrbe z elektriko, da zagotovijo točno določen minimalni delež energije, izvirajoče iz obnovljivih virov v celotni porabi elektrike. Poleg kvot se vzpostavi tudi trg za certifikate obnovljive energije. Njihova cena se oblikuje na podlagi ponudbe in povpraševanja. Z možnostjo, da proizvajalci elektrike iz OVE lahko prodajajo certifikate na trgu, pridobijo finančno podporo poleg samega prodajanja elektrike na trgu po enaki tržni ceni kot proizvajalci elektrike iz konvencionalnih goriv. Glavni podporni sistemi so:

- sistem zelenih certifikatov (*green certificate trading mechanism*)
- izjeme od plačila davka
- namensko obdavčenje konvencionalne energije, ki se uporablja kot finančna pomoč za nadaljnji razvoj OVE

Nacionalni programi so večinoma osnovani na enem izmed prvih dveh izmed zgoraj naštetih podpornih sistemov, pri čemer so nedavno združili instrumenta sistema kvot in zelenih certifikatov. Ostali instrumenti pa služijo kot dopolnilo (Analiza spodbujanja skozi »feed-in« sisteme, 2007).

4 VELIK POTENCIAL SONČNE ENERGIJE ZA BOJ PROTI ENERGETSKI IN EKOLOŠKI KRIZI

Sonce je najmočnejši vir energije, ki ga lahko izkoriščamo na Zemlji. Tehnologija, ki spreminja sončno sevanje v nam uporabno energijo, je še zelo v povojih in zato posledično še ni povsem konkurenčna konvencionalnim virom energije. Napovedi o rasti solarnega sektorja so optimistične. Zaradi podpore, ki jo obljublajo državni organi, se bo konkurenčnost povišala. Nekateri primerjajo razvoj solarne tehnologije z razvojem računalniške tehnologije. Sonce bi lahko postal eden izmed glavnih virov pri reševanju energetske krize v svetu, pri omejitvi onesnaževanja ter pri ustvarjanju številnih novih delovnih mest.

4.1 Sonce in energija, ki jo oddaja

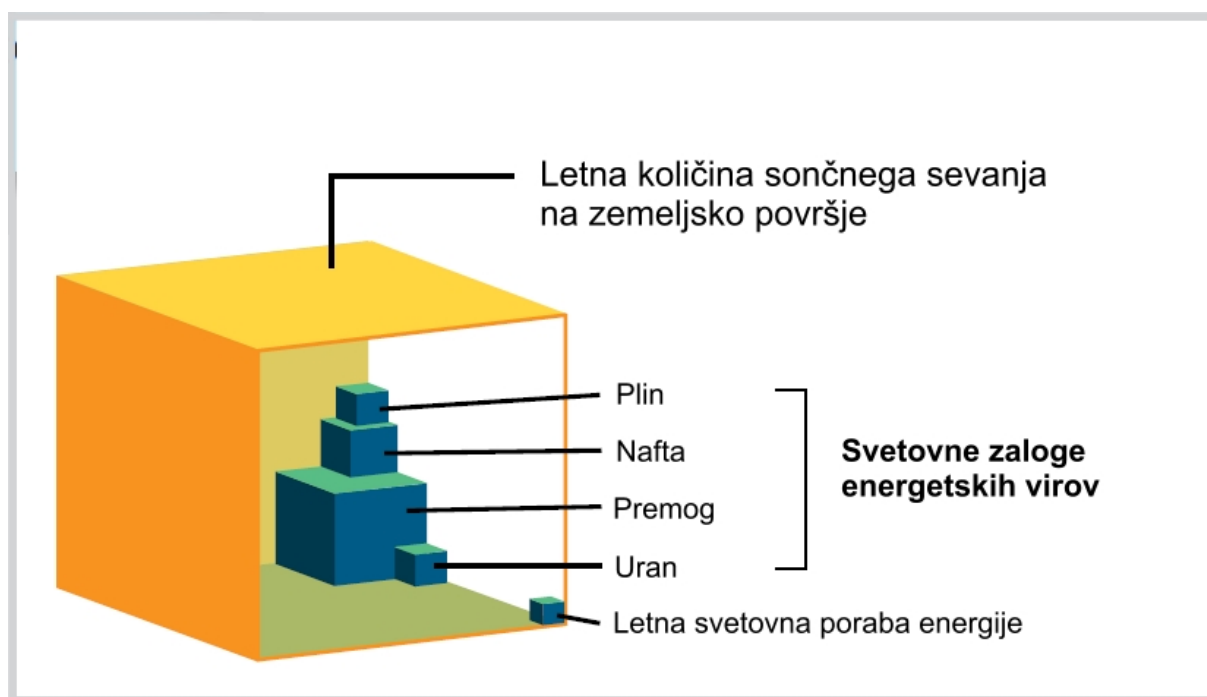
Sonce je zvezda, sestavljena v glavnem iz plina, vodika in helija. V njegovem središču je ogromen jedrski reaktor, kjer temperatura dosega najmanj 14 milijonov stopinj Celzija. Sonce proizvaja energijo z zlivanjem jeder, kjer se vodik pretvarja v helij (Če nas zanima kaj več o soncu, 2007). Sonce predstavlja vir skoraj vse energije na Zemlji. Je vir energije tovarnam, povzročitelj vodnih in zračnih tokov (vir vetrni in vodni energiji, energiji oceanov itd.), ogreva Zemljo in s tem zagotavlja možnost življenja, ki brez sonca ne bi obstajalo. V nekaterih predelih sveta je sonce prisotno v religiji in ga celo častijo kot božanstvo.

Človeštvo sončno energijo uporablja že od vsega začetka svojega razvoja, sonce je večni jedrski reaktor in praktično neizčrpen vir obnovljive energije (Energija sonca, 2006). Sveti že okoli 4,5 milijarde let in naj bi sijalo še naslednjih 4,5 milijarde let (Lehoucq, 2005). Sonce je

donosen in čist vir, ki lahko zadosti našim potrebam po energiji. Energija, ki jo sonce seva na Zemljo je 15.000-krat večja od energije, ki jo porabi človek. Tudi za Slovenijo je celoten potencial sončnega sevanja zelo velik in znaša približno 23.000 teravatnih ur (TWh), kar je nad 300-krat več, kot znaša raba energije (Sončna energija, 2000).⁷ Sončna energija je skupen izraz za vrsto postopkov pridobivanja energije iz sončne svetlobe. **Ima največjo gostoto moči med vsemi OVE.** Je energija, ki ne onesnažuje okolja, se hkrati obnavlja in je tudi brezplačna (Energija sonca, 2006).

Sonce pošlje na Zemljo v približno treh urah toliko energije, kot jo človeštvo porabi v enem letu (Energija sonca, 2006). V 12 urah pa naj bi na Zemljo prišla tolikšna količina sončne energije, kolikor je imajo po oceni svetovne zaloge nafte (Če nas zanima kaj več o soncu, 2007). Na sliki 12 lahko vidimo poenostavljen prikaz, ki primerja letno količino sončnega sevanja na zemeljsko površje z zalogami posameznih neobnovljivih virov energije. Iz slike se lahko razbere, da količina vseh zalog neobnovljivih virov na Zemlji ne proizvede tolikšne količine energije kot jo sonce pošlje na Zemljo v enem letu.

Slika 12: Primerjava letne količine oddane energije sonca s končnimi zalogami neobnovljivih energetskih virov



Vir: Photovoltaic energy electricity from the sun, 2008.

Ta ilustracija količine energije sonca je poenostavljena, vendar pa nam nakazuje, da bi bila lahko to energija prihodnosti oz. da je smiselno usmeriti raziskave in razvoj v to področje. Nove tehnologije bi znižale stroške proizvodnje, kar je z ekonomskega vidika izjemno pomemben dejavnik za uveljavitev solarnega sektorja.

⁷ TW*h je kratica za teravatno uro in je enota za elektriko ($\text{kW}\cdot\text{h} = 10^3\text{W}\cdot\text{h}$, $\text{MW}\cdot\text{h} = 10^6\text{W}\cdot\text{h}$, $\text{GW}\cdot\text{h} = 10^9\text{W}\cdot\text{h}$, $\text{TW}\cdot\text{h} = 10^{12}\text{W}\cdot\text{h}$).

Gostota svetlobnega toka Sonca znaša ob vstopu v Zemljino atmosfero povprečno 1367 W/m^2 , na površini Zemlje pa znaša opoldne ob jasnem vremenu in ob vpadu svetlobe pod pravim kotom okoli 1000 W/m^2 (del sončnega sevanja absorbirajo plini, del pa se odbije). Ob ostalih urah je vrednost manjša zaradi podaljšane poti po atmosferi ob malih višinah Sonca in zaradi kosinusa vpadnega kota, če sončni žarki ne vpadajo pravokotno. Tudi oblaki so vzrok za nadaljnje zmanjšanje sprejete sončne energije (Energija sonca, 2006).

Celotna letna energija, sprejeta s sevanjem (na površini zemlje z upoštevanjem senčnih strani) dosega v povprečju 3000-kratno vrednost današnje svetovne rabe energije. Za vsako območje pa je seveda pomembno »sončno razmerje« (vstopna energija sonca / poraba energije v območju), ki niha od manj kot 100 v nekaterih energetsko intenzivnih državah do več kot 10.000 za nekatere države v razvoju) (Energija sonca, 2006). Glede na te podatke res ne moremo zanikati ogromnega potenciala za izkoriščanje energije, ki nam jo ponuja sonce.

4.2 Trenutna uporaba sončne energije

4.2.1 Pretvorba sončnega sevanja / energije v električno energijo

Sistemi in pripomočki, ki jih v ta namen uporabljamo, so (Sončna energija, 2008):

- ***Sončne celice, fotovoltaični oz. solarni sistemi***

Sončne celice so naprave, ki **energijo svetlobe** pretvarjajo direktno v električno energijo. Pretvorbo omogočajo fizikalno-kemijske lastnosti polprevodniških materialov, npr. silicij (Si), germanij (Ge), kadmijev sulfid (CdS), kadmijev telurid (CdTe) in drugi. Za zagotavljanje večjih količin električne energije in njeno skladiščenje se sončne celice združuje v module, slednje pa skupaj z akumulatorji, regulatorji polnjenja in razsmerniki v celovite fotovoltaične sisteme (v nadaljevanju tudi PV-sistemi).

Najbolj razširjene vrste sončnih celic (Lenardic, 2007):

- *monokristalne sončne celice*; celotna celica je izdelana iz enega bloka kristalnega silicija, ki ga izvlečemo iz taline kremenčevega peska (SiO_2) v obliki ingota;
- *polikristalne sončne celice* so silicijeve celice, pri katerih vsebuje iz taline izvlečen ingot več kristalov. Lahko pa tudi iz taline neprekinjeno izvlečemo tanek trak silicijevih kristalov. Izdelava polikristalnih sončnih celic je cenejša;
- *amorfne sončne celice* izdelujemo s podobnimi postopki kot integrirana vezja. Zaradi tovrstnega postopka module imenujemo tudi tankoplastni moduli (angl. *thin-film modules*). V primerjavi s kristalnimi imajo neurejeno strukturo. Na fosilno snov (steklo, nerjavečo pločevino, polimere ...) polprevodniški material nanašamo v tanki plasti. Za delovanje zadošča zelo tanka plast silicija, zato so med vsemi silicijevimi celicami te najcenejše. Pomanjkljivost je trenutno najnižja učinkovitost.

Uporaba sončnih celic je razširjena pri zagotavljanju električne energije v vikendih, gorskih kočah, v prometu (cestna in železniška signalizacija), na jadronicah, v avtomodih in pri manjših porabnikih (kalkulatorji, svetilke, polnilci baterij ipd.).

- ***Refleksna zrcala***

S pomočjo različnih nastavitev zrcal skušamo koncentrirati sončno energijo in jo pri visokih temperaturah pretvoriti v toplotno energijo. Toplotna energija je lahko s pomočjo parnih turbin pretvorjena v električno energijo.

- ***Solarni stolpi oz. dimniki***

Gre za zelo visok stolp oz. dimnik, okoli katerega je v obliki tople grede pokrita zadostna površina tal. V topli gredi se zrak ogreva in dviga skozi dimnik, kar poganja turbine za proizvodnjo električne energije.

4.2.2 Direktna uporaba sončne energije

Direktno pretvorbo sončnega obsevanja v toploto lahko zagotovimo s pomočjo sistemov, ki jih razdelimo v naslednje temperaturne razrede (Sončna energija, 2008):

- ***Nizkotemperaturni sistemi (25–45 °C)***

- *Ogrevanje stavb*

Pomemben del sistema za ogrevanje stavb so hranilniki toplote, v katerih čez dan shranjujemo viške akumulirane toplote. Poznamo senzibilne hranilnike toplote (uporaba gradbene konstrukcije) in latentne hranilnike toplote (uporaba snovi s tališčem 30–40 °C).

Prenos toplote v stavbah se zagotavlja z naravnim ali prisilnim kroženjem zraka. S sistemom prisilnega kroženja zraka je regulacija temperature v prostoru enostavnejša. V sisteme za ogrevanje stavb spadajo okna (povzročijo efekt tople grede s pomočjo sevanja sonca skozi šipe in s tem ogrevajo prostor), zastekljeni zidovi (sončni zid, Tromb–Michelov zid, zid s prosojno toplotno izolacijo), stekleniki, prezračevalni fasadni elementi ter solarni dimniki za ogrevanje ali hlajenje.

- *Solarni dimniki za ogrevanje ali hlajenje*

Sonce ogreva črno pobarvan dimnik, kar povzroča dvigovanje toplega zraka. Če je dovod svežega zraka v dimnik napeljan skozi spodnje prostore zgradbe, lahko na ta način spodnji del zgradbe prezračujemo in s tem tudi hladimo. To je zelo uporabno v brezvetrnih vročih poletnih dneh. Če vgradimo tudi kolektorje oz. akumulatorje toplote, lahko toploto zraka izkoristimo tudi za ogrevanje sanitarne vode.

- *Kozolec*

Je tradicionalna naprava za sušenje žita, detelje, sena ter drugih poljskih pridelkov, ki izkorišča direktno sončno energijo.

- ***Srednjetermaturni sistemi (45–120 °C)***

- *Sprejemniki sončne energije (v nadaljevanju SSE)*

SSE so trenutno ena najbolj razširjenih oblik izkoriščanja sončnega sevanja. Imenujejo se tudi sončni kolektorji, katerih osnovni sestavni elementi so absorber (izkorišča efekt tople grede), prenosniki toplote (voda, mešanica voda/glikol, zrak), črpalka ali ventilator, hranilniki toplote ter merilno-regulacijski sistem.

Sistemi SSE se lahko uporabljajo za pripravo sanitarne vode, ogrevanje stavb in bazenov ter razsoljevanje.

- *Izkoriščanje ogretega zraka s pomočjo toplotnih črpalk*

Je posredni način, s katerim lahko izkoriščamo toploto zraka pri proizvodnji sanitarne vode. So vedno bolj ekonomični ter pogosti v gospodinjstvih.

- **Visokotemperaturni sistemi (nad 120 °C)**

Visoke temperature se lahko dosežejo s koncentriranjem sončnega sevanja z različnimi kombinacijami sistema (kot npr. s paraboličnimi zrcali in heliostati, ki so vrtljiva zrcala, s katerimi preusmerimo sončne žarke na predmet, ki ga želimo osvetliti).

Takšni sistemi se večinoma uporabljajo v gospodarske namene:

- sončne elektrarne
- metalurške sončne peči
- uparjalniki v procesni tehniki

Njihov princip se uporablja tudi v nekaterih gospodinjstvih za peko ali kuhanje s pomočjo sonca. Pečice so izdelane v obliki zabojnika, kamor postavimo posodo s hrano. S tem lahko dosežemo temperaturo do 175 °C, kar zadostuje tako za pripravo hrane kot tudi za peko kruha.

4.2.3 Hlajenje z uporabo sončnega sevanja

Na svetu se vse več energije porabi za hlajenje prostorov v vročih poletnih mesecih. Tudi v ta namen lahko uspešno izkoristimo sončno sevanje, hkrati pa izpolnimo tudi ekološke zahteve. Nekatere hladilne naprave, ki delujejo na podlagi fizikalnih principov, so (Sončna energija, 2008):

- naprave z uporabo Peltierjevih elementov – hladilnih termogeneratorjev, ki proizvajajo električni tok iz toplote in mraza. Ta tok pa lahko poganja motor s propelerjem, ki se vrti hitreje ob višji temperaturni razliki;
- naprave s parno-hladilnim procesom – ena izmed možnosti je na vročo streho pritrjena mreža cevi, iz katerih prši voda. Z izparevanjem vode (hlajenjem) se zmanjšuje temperatura zraka v notranjosti objekta. Sistemi so računalniško vodeni;
- naprave z absorpcijsko-hladilnim procesom – osnovni princip hlajenja je enak klasičnemu hlajenju s kompresorskimi hladilnimi sistemi, le da se pri absorpcijskem procesu za svoje delovanje izkorišča toploto. Za hladilno sredstvo se uporablja

navadno vodo namesto freonov, ki so odgovorni za uničevanje ozonske plasti v ozračju.

4.3 Visoke pričakovane rasti uporabe sončne energije

V 7. stoletju pr. Kr. se je za koncentriranje sončnih žarkov uporabljalo povečevalno steklo, s čimer je bil mogoč tako vžig ognja kot tudi požig termitov (The History of Solar, 2005). Od takrat pa do danes je sončna energija konstantno pridobivala na priljubljenosti ter razširila svojo uporabnost na najrazličnejša področja. Več o zanimivi zgodovini sončnega sektorja ter o njegovem takratnem pomenu za človeka in gospodarstvo si lahko preberete v prilogi. Odkritje nafte je sicer zasenčilo pomen alternativnih virov energije, kar pa se že spreminja.

Od leta 1990 smo priča nastanku novih večjih podjetij. Projekti sončne energije so dobili zagon tudi v Indiji z ustanovitvijo prvega Mednarodnega fonda za pospeševanje komercializacije PV-sistemov (Lenardic, 2008).

Po letu 2000 so že nastale večje delniške družbe v Evropi, predvsem v Nemčiji. Združevanje kapitala v tej državi vodi do nastanka velikih podjetij s področja fotovoltaike. Kot zanimivost velja omeniti, da je denar v solarni sektor že tedaj vlagal tudi ustanovitelj Microsofta Bill Gates (Lenardic, 2008).

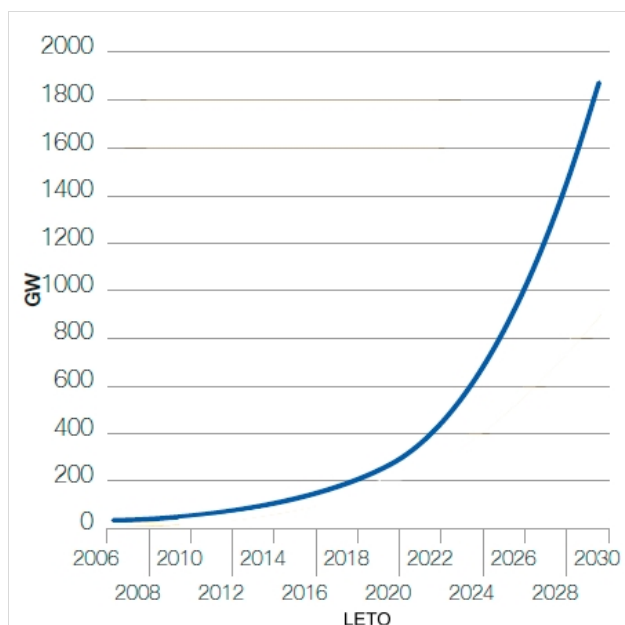
V zadnjih dvajsetih letih je povpraševanje po sončni energiji konstantno naraščalo, in sicer za okoli 20 do 25 % na leto. To rast pripisujemo vedno nižjim stroškom in cenam. Stroški ter cene so se znižali zaradi nove tehnologije proizvodnje, povečanja učinkovitosti sončnih celic ter zaradi ekonomije obsega (Solar Energy Growth, 2007).

Konec leta 2007 je akumulirana vrednost instaliranih PV-sistemov na svetu presegla mejo 9.200 MW. Evropska unija (Photovoltaic energy electricity from the sun, 2008) prispeva okoli 50 % svetovne akumulirane vrednosti ter s sončno energijo zadovoljuje približno 1,5 milijona gospodinjstev. Številka je zelo narasla glede na leto 2000, ko je bilo instaliranih 1.200 MW. Od leta 1998 je bila letna povprečna stopnja rasti instalacij PV-sistemov kar 35 %. K tem razcvetu rasti sončne energije v zadnjih obdobjih je večinoma prispevala uvedba feed-in tarif, ki je ena najbolj uspešnih spodbujevalnih politik pri rasti solarne energije v svetu (lep zgled je Nemčija). Analitiki zagotavljajo, da se bo ta visoki trend rasti nadaljeval (Solar Generation V, 2008).

V prihodnosti bo sončna energija lahko pokrivala ogromne količine potreb po elektriki. Do leta 2030 bi lahko bilo po manj optimističnih napovedih instaliranih za več kot 900 GW PV-sistemov, glede na optimistične napovedi analitikov pa bi lahko instalirali do 1800 GW PV-sistemov po vsem svetu, kar predstavlja proizvodnjo več kot 2600 TWh elektrike na leto. S to količino bi lahko pokrivala potrebe dveh tretjin svetovnega prebivalstva vključno s tistimi, ki živijo v odročnih krajih. To bi predstavljalo pokrivanje energetskega potreb za 4 milijarde ljudi na svetu v primeru, da se **že sedaj v praksi začnejo izvajati ustrezni politični programi** (Solar Generation V, 2008).

Na sliki 13 je prikazana optimistična napoved analitikov o rasti uporabe sončne energije, ki naj bi v obdobju med letoma 2007 in 2010 znašala 40 % na leto, med 2011 in 2020 bi znašala 28 %, od leta 2021 do 2030 pa bi se rast nekoliko umirila in je predvidena na povprečno 18 % na leto.

Slika 13: Optimistične napovedi za rast uporabe sončne energije do leta 2030



Vir: Solar Generation V, 2008.

4.4 Milijardne vrednosti kapitala v solarnem sektorju

Javna podjetja, ki proizvajajo solarne proizvode ali v povezavi z njimi ponujajo različne storitve, privabljajo vse večje število zasebnih in institucionalnih vlagateljev. Leta 2007 je priteklo v celotni sektor obnovljive energije ter v sektor, ki se ukvarja z učinkovitostjo energije, več kot 148 milijard ameriških dolarjev (102 milijardi evrov) novega kapitala po vsem svetu.⁸ Od leta 2006 je številka narasla za kar 60 % kljub začetku kreditne krize, ki je začela močneje najedati finančni trg ob koncu leta 2007. Vlaganje v sektor solarne energije je naraščalo najhitreje in je ob koncu leta 2007 doseglo vrednost 28,6 milijarde ameriških dolarjev (19,7 milijarde evrov), kar je pomenilo 19 % vsega dotoka novega kapitala. Letna povprečna stopnja rasti novega dotoka kapitala od leta 2004 je bila višja od 250 % letno. Ta rast je bila posledica nujnih financiranj večjih projektov. Zanimiv je tudi podatek, da se je vsota tveganega kapitala v ZDA povišala z 1,4 milijarde ameriških dolarjev (0,9 milijarde evrov) v letu 2006 na 3,2 milijarde ameriških dolarjev (2,2 milijarde evrov) v letu 2007 (Jäger-Waldau, 2008).

Na trgu se je v zadnjih nekaj letih pojavilo vse več svetovalnih podjetij in finančnih institucij, ki ponujajo tržne raziskave ter ocenjujejo investicije v solarni sektor kot varne naložbe (Jäger-Waldau, 2008).

⁸ Menjalno razmerje: 1 EUR = 1,45 USD.

Analitiki so prepričani (Solar Generation V, 2008), da bo trg PV-sistemov do leta 2030 vreden več kot 170 milijard evrov na leto, glede na optimistične napovedi pa lahko doseže celo mejo 454 milijard evrov na leto. Da bi lahko dosegli takšno vrednost, se morajo podjetja z dodatnimi investicijami prilagoditi predvidenemu visokemu povpraševanju. Največje dodatne investicije se predvidevajo za zagotovitev nemotene proizvodnje in dobave silicija (v obdobju od leta 2008 do konca leta 2010 bi lahko investicije za zagotovitev pridobivanja omenjenega kemijskega elementa znašale več kot 13 milijard evrov) ter v razširitev proizvodnih zmoglosti za izdelavo učinkovitih tankoplastnih sončnih celic.

4.5 Padajoči stroški izdelave, nižanje cen in večja konkurenčnost

Kritiki in nasprotniki sončne energije večkrat radi izpostavljajo, da cene tovrstne energije še vedno niso konkurenčne konvencionalni energiji (energija, ki se pridobi na tradicionalen način, npr. s premogom, lesom, plinom itd.). To je po eni strani tudi res, vendar pa je pri oceni konkurenčnosti PV-sistemov treba upoštevati tudi (Solar Generation V, 2008):

- način uporabe PV-sistemov (ali je PV-sistem priključen na električno omrežje ali ne; v slednjem primeru PV-sistem proizvaja električno energijo samostojno);
- s čim sploh tekmuje sončna energija;
- geografsko lego, stroške začetne investicije ter predvideno življenjsko dobo sistema;
- realne stroške proizvodnje energije, pri čemer ne smemo pozabiti, da so konvencionalni viri energije deležni visokih subvencij in da povzročajo eksterne stroške, povezane z onesnaževanjem, ter druge posledice;
- tehnološki napredek pri proizvodnji sončne energije, ki znižuje stroške in cene.

Torej, če uporabimo pravilne pristope pri presoji oz. izračunu konkurenčnosti solarnega pristopa, bomo ugotovili, da konvencionalna energija na nekaterih področjih že izgublja prednost. Trend upadanja popularnosti le-te pa naj bi se v prihodnjih letih konstantno nadaljeval.

4.5.1 Konkurenčnost dodatkov sončnih celic v potrošniških dobrinah že v preteklosti

Kljub temu da fotovoltaični dodatki v potrošniških dobrinah (v kalkulatorjih, urah, električnih instrumentih itd.) niso deležni nikakršnih subvencij, so že vrsto let prisotni na trgu dobrin in so s tem že dokazali svojo konkurenčnost. Dodatki sončnih celic ne predstavljajo le udobnosti uporabe dobrin, temveč tudi nadomeščajo nekatere nevarne baterijske vložke in s tem pozitivno vplivajo na okolje (Solar Generation V, 2008).

4.5.2 Konkurenčnost in rentabilnost PV-sistemov, ki niso priključeni na električno omrežje

Večina PV-sistemov, ki niso priključeni na električno omrežje, je že sedaj rentabilnih glede na primerjavo z drugimi alternativami proizvodnje energije. Ima konkurenčno prednost pred dizelskimi generatorji ter pred potencialno možnostjo priključitve potrošnika energije na

električno omrežje, če se potrošnik nahaja v oddaljenih krajih. Stroški dizelskega goriva za uporabo električnih generatorjev so zelo visoki, medtem ko je »gorivo« za uporabo PV-sistemov zastoj in neizčrpno. Visoki začetni investicijski stroški instalacije sistemov za pridobivanje energije iz obnovljivih virov se velikokrat napačno primerjajo s stroški, ki nastanejo pri konvencionalnih virih. Posebno v odročnih krajih se kombinacija nizkih stroškov pridobivanja sončne energije, nizkih stroškov vzdrževanja, odsotnost stroškov fosilnega goriva, višja zanesljivost in vse daljša življenjska doba PV-sistemov pozitivno nadoknadijo z začetnimi stroški investicij v PV-sisteme (Solar Generation V, 2008).

Stroški izkoriščanja energije v celotni življenjski dobi PV-sistemov (življenjska doba PV-sistemov je trenutno zagotovljena za okoli 25 let) so v odročnih krajih veliko manjši od ostalih alternativ. Res pa je, da začetni stroški, ki se bodo z napredno tehnologijo zmanjšali, zaenkrat še odvrčajo porabnike elektrike od odločitve za nakup PV-sistemov.

4.5.3 Konkurenčnost PV-sistemov, priključenih na električno omrežje

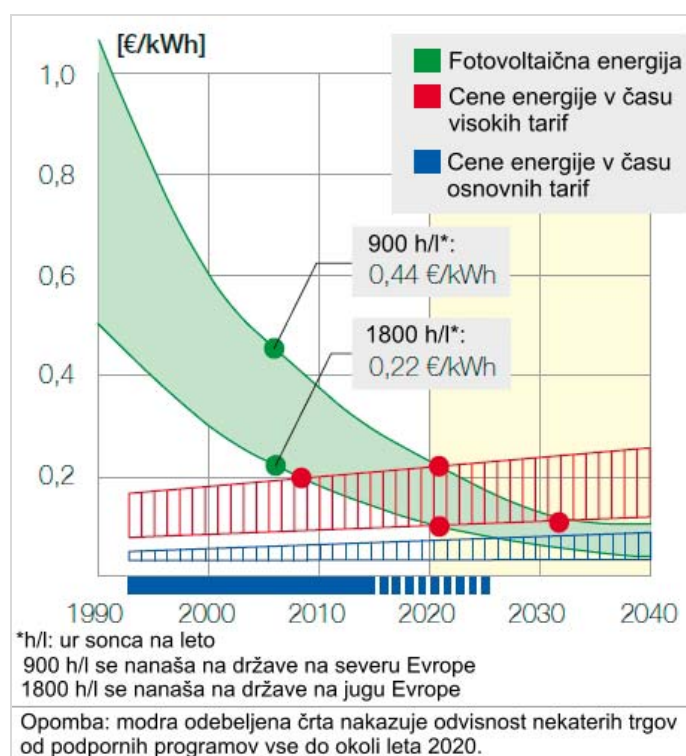
PV-sistemi, priključeni na omrežje, so najbolj razširjeni, kar je predvideno tudi za prihodnost. Kljub temu da obstajajo programi pomoči za tovrstne sisteme, energija, pridobljena iz PV-sistemov v nekaterih vaseh, predvsem pa v naseljih in mestih, še ni konkurenčna konvencionalni energiji. Cene konvencionalne energije se od države do države zelo razlikujejo, tudi v 27 državah EU, kjer so cene po podatkih evropskega statističnega urada Eurostat v letu 2007 znašale med 7 in 26 centov za kWh (vključeni vsi davki). Električna se je v 27 državah EU konstantno dražila. V letih med 2005 in 2007 se je povprečno povišala za 16 %, medtem ko so se stroški pridobivanja energije iz PV-sistemov zniževali in se bodo tudi v prihodnosti. Najlažji izračun stroškov PV-sistemov na kWh je izračunati z deljenjem cene vzpostavitve PV-sistema s številom kWh, ki jih ta sistem proizvede v času svoje življenjske dobe. Pri nekaterih izračunih je treba upoštevati tudi druge spremenljivke, kot je na primer strošek financiranja. Številke stroškov PV-sistemov na kWh se pogosto razlikujejo, te razlike pa nastajajo ravno zaradi vključevanja in razlik nekaterih ostalih spremenljivk, vključenih v izračun stroškov na kWh (med dodatne spremenljivke za izračun stroškov se vključi tudi razpoložljivost sončne svetlobe, življenjska doba PV-sistemov ter vrsta financiranja) (Solar Generation V, 2008).

Na sliki 14 so prikazani zneski stroškov za pridobivanje električne energije iz manjših PV-sistemov, instaliranih v nekaterih glavnih mestih po svetu, skozi določeno dobo. Predpostavka je, da stroški financiranja znašajo 5 % na leto, da življenjska doba sistemov znaša 25 let (povprečna doba, ki jo danes zagotavljajo proizvajalci) ter da se bodo uresničile optimistične napovedi analitikov o razcvetu sončne energije, kar bi pomenilo zniževanje cen. Do leta 2020 je tako predvideno, da se bodo stroški energije iz PV-sistemov zmanjšali za več kot polovico. To bi pomenilo konkurenčnost normalnim cenam elektrike, ki bi se zaračunavale gospodinjstvom (analitiki so prepričani, da se bodo splošne cene elektrike skozi čas zviševale). Enakopravnost cen v omrežju se bo dosegla, ko se bodo stroški PV-sistemov izenačili s splošnimi cenami električne energije. Pričakovati je, da se bo to zgodilo najprej v

južnih državah, nato pa počasi tudi v severnih, kjer je sevanje sončnih žarkov manjše (Solar Generation V, 2008).

Na sliki 14 lahko vidimo tudi zgodovinski razvoj stroškov PV-sistemov ter predvidevanja za prihodnost. Padajoče krivulje prikazujejo zniževanje stroškov PV-sistemov med centralno Evropo, v katero spada npr. Nemčija (nižja padajoča krivulja), ter med državami na jugu Evrope (višje ležeča padajoča krivulja). V nasprotju s padajočimi stroški solarne energije je na sliki 14 prikazan tudi predviden dvig cen konvencionalne energije. Te cene energije so razdeljene na cene v času višje tarife (okoli poldneva) ter na cene v času osnovnih, praviloma nižjih tarif. Na jugu Evrope bo solarna energija konkurenčna cenam konvencionalne energije v času višjih tarif že v bližnji prihodnosti. Območja z manjšim obsevanjem s soncem, kot je npr. centralna Evropa, pa bodo postala rentabilna za solarno energijo v obdobju do leta 2020 (Solar Generation V, 2008).

Slika 14: Razvoj cen konvencionalne energije in razvoj stroškov energije, pridobljene iz PV-sistemov



Vir: Solar Generation V, 2008.

Na nekaterih trgih (Japonska, Kalifornija) je v poletnih mesecih, v času cen energije z višjimi tarifami (okoli poldneva, ko je najvišje povpraševanje), energija, pridobljena iz PV-sistemov, že konkurenčna konvencionalni energiji. V Kaliforniji se najvišje tarife v vročih mesecih povzpnejo na okoli 50 dolarskih centov (Solar Generation V, 2008).

4.5.4 Eksterni stroški pridobivanja konvencionalne energije

Zavedati se moramo, da večina cen energije, pridobljene iz konvencionalnih virov, ne vključuje eksternih stroškov, ki jih povzroča zgorevanje fosilnih goriv, ali eksternih stroškov jedrske energije. Ti stroški nastajajo na lokalni in globalni ravni. Slednje se navezuje na podnebne spremembe. Sternovo poročilo glede podnebnih sprememb, ki ga je vlada Velike Britanije izdala leta 2006, zaključuje, da se bodo vse investicije, namenjene za zmanjševanje toplogrednih plinov v zraku zlahka povrnila v prihodnosti, saj se bomo izognili uničujočim eksternim stroškom zaradi izgorevanja fosilnih goriv (Solar Generation V, 2008).

4.5.5 Dejavniki, ki znižujejo stroške proizvodnje sončne energije

Stroški proizvodnje PV-sistemov in ostalih komponent v solarnem sektorju so se glede na začetne stroške proizvodnje v preteklosti drastično znižali. Najbolj pomembni dejavniki so bili in še bodo (Solar Generation V, 2008):

- inovacije in tehnološki napredek (proizvajalci vidijo ogromno priložnosti za nadaljnji razvoj PV-sistemov s pomočjo nanotehnologije),
- povišanje učinkovitosti solarnih modulov,
- daljša življenjska doba PV-sistemov,
- masovna proizvodnja.

Zelo velik pomen za rast solarnega sektorja, ki prispeva k zniževanju stroškov proizvodnje, ima tudi politika s svojimi podpornimi programi.

4.6 Ustvarjanje novih delovnih mest

Glede na priznane študije organizacije EPIA in organizacije Greenpeace (Solar Generation V, 2008) sončna energija ponuja velike možnosti novih zaposlitev, kar povečuje blaginjo v državi. Največ delovnih mest v tem sektorju se ustvari pri instalaciji sistemov (monterji, trgovci na drobno in vzdrževalci sistemov). Ta dela izboljšujejo lokalno ekonomijo. Glede na informacije znotraj same industrije se predvidi 10 delovnih mest za vsak MW med procesom proizvodnje ter 33 delovnih mest za vsak MW med samim procesom instalacije PV-sistemov. Prodaja na veliko in indirektna dobava oz. oskrba (npr. v procesu produkcije) bi lahko ustvarili vsaka zase od 3 do 4 nova delovna mesta za MW proizvedenih PV-sistemov. Raziskave bi ustvarile od 1 do 2 novi delovni mesti na MW. V kasnejših obdobjih je potrebno upoštevati avtomatizacijo nekaterih procesov, zato bi se število novih delovnih mest zmanjšalo (predvsem v procesu produkcije).

V zadnjih letih je industrija sončne energije ustvarila več kot 75.000 delovnih mest po Evropi. V letu 2007 je samo fotovoltaična industrija v Nemčiji zaposlovala več kot 40.000 ljudi, kar pomeni izreden porast glede na leto 1999, ko je bilo v industriji zaposlenih le 1.500 ljudi (About Solarjobs, 2008). Solarna industrija sedaj v Nemčiji zaposluje več ljudi kot pa industrija proizvodnje jedrske energije (Solar Generation V, 2008). Fotovoltaična industrija je

do leta 2007 v Španiji ustvarila 23.000 delovnih mest, v Franciji 2.100 ter v Italiji okoli 1.700 novih delovnih mest. Do leta 2020 pa naj bi industrija proizvodnje PV-sistemov v Evropi nudila delo okoli 200.000 ljudem (About Solarjobs, 2008). Po vsem svetu ima PV-industrija do leta 2030 glede na optimistične napovedi analitikov organizacije EPIA ter organizacije Greenpeace (Solar Generation V, 2008) potencial ustvariti do 10 milijonov delovnih mest (več kot polovica teh delovnih mest je predvidenih pri montaži in komercializaciji PV-sistemov).

4.7 Okolju prijazna energija

Solarna tehnologija za svoje delovanje potrebuje le sončno svetlobo (sončne celice so koristne tudi v oblačnem vremenu) in zato ne onesnažuje okolja pri proizvodjanju energije. Solarni moduli se lahko v nasprotju s fosilnimi gorivi ob koncu svoje življenjske dobe tudi reciklirajo.

Onesnaževanje se pojavi pri proizvodnji PV-sistemov, ki pa je znatno manjše kot pa proizvodnja energije, pridobljena iz fosilnih goriv. Tudi to onesnaževanje se bo zmanjšalo vzporedno s tehnološkim napredkom v solarnem sektorju (Evropska komisija, Emissions from solar power technologies continue to fall, 2008).

Zavedati se moramo, da vsi načini oz. tehnologije, s katerimi proizvajamo energijo, v neki točki življenjskega cikla (od proizvodnje do konca življenjske dobe proizvoda ter kasnejšega recikliranja pri obnovljivih virih energije) generirajo emisije. Med proizvodnjo PV-sistemov nastajajo plini, kot so npr. ogljikov dioksid, žveplov dioksid in dušikov oksid. Ti plini se med samim procesom ustvarijo zaradi uporabe energije, pridobljene iz fosilnih goriv (v prihodnosti bo lahko sončna energija za proizvodnjo PV-sistemov nadomestila konvencionalno energijo in s tem še dodatno zmanjšala onesnaževanje). Proizvodnja PV-sistemov je odgovorna še za druge toksične emisije, kot so arzen, kadmij, krom, svinec ter živo srebro. Vsi ti elementi so prisotni tudi v fosilnih gorivih (Evropska komisija, Emissions from solar power technologies continue to fall, 2008).

Izračunano je, da v južni Evropi PV-sistem proizvede enako količino energije, kot pa se je porabi za svojo proizvodnjo in montažo, v enem oz. dveh letih, v bolj severnih predelih Evrope pa se energija povrne v malo več kot treh letih. Ker ima vsak PV-sistem življenjsko dobo okoli 25 let ali več, to pomeni, da je sončna energija, glede na vsoto vseh emisij, ki jih proizvede v celotnem času svojega življenjskega cikla, izredno učinkovita pri zmanjševanju toplogrednih plinov v zraku. Raziskave evropskega programa CrystalClear in ameriškega Department of Energy (podprte s strani Evropske komisije) razkrivajo, da bi lahko zmanjšali najmanj 89 % emisij v zraku, ki so povezane s proizvodnjo elektrike, če bi učinkoviti PV-sistemi v električnem omrežju nadomestili fosilna goriva (Evropska komisija, Emissions from solar power technologies continue to fall, 2008).

Sončna energija pa se bo lahko v prihodnosti uporabljala tudi v transportu ter v drugih industrijah, kar bi še dodatno prispevalo k zmanjšanju toplogrednih plinov v zraku in zavrlo uničujoče posledice podnebnih sprememb, povzročenih zaradi človeških aktivnosti.

Na sliki 15 je prikazano, koliko gramov toplogrednih plinov na kWh proizvedene energije (izraženo v ekvivalentu emisij CO₂) se ustvari z izkoriščanjem posameznega vira energije (Photovoltaic energy electricity from the sun, 2008). Vidimo lahko, da ima uporaba nafte, plina in premoga pri proizvodnji elektrike velik negativen vpliv na okolje, kar nasprotno ne velja za fotovoltaično tehnologijo, kjer se onesnaževanje pojavi le pri izdelavi ter predelavi PV-sistemov.

Slika 15: Količina izpustov toplogrednih plinov zaradi uporabe različnih virov energije za proizvodnjo elektrike



Vir: Photovoltaic energy electricity from the sun, 2008.

4.8 Inovacije in nekateri večji načrti za prihodnost

Tisti, ki verjamejo v prihodnost sončne energije, med katerimi je tudi ameriška vesoljska agencija NASA, so si že začrtali drzne cilje, kako kar najbolje izkoriščati sonce. V nadaljevanju je omenjenih nekaj zelo zanimivih projektov, ki bi lahko, vsaj nekateri, postali realnost že v bližnji prihodnosti.

- **Sončne celice na oblačilih**

Po napovedi IBM bo sončna energija v naslednjih petih letih postala bolj dostopna. Zaradi bodočega razvoja tankoplastnih sončnih celic, ki so cenovno dostopne sončne celice in bodo kar za 100-krat tanjše od sedanjih na osnovi silicijevih ploščic, bo njihova proizvodnja bistveno cenejša, možno pa jih bo uporabljati na straneh stavb, zatemnjenih oknih, telefonih, prenosnikih, avtomobilih in celo na oblačilih (Pet inovacij prihodnosti, 2008).

- **Letalo na sončni pogon**

Za projekt Solar Impulse je izziv ustvariti letalo na sončni pogon, ki bo lahko vzletelo ter avtonomno letelo noč in dan (Izziv projekta Solar Impulse, 2008).

- ***Ideja o postavitvi visokonapetostne mreže za energijo v Sahari, ki bi se črpala iz sončnih celic in bi lahko zadostovala za oskrbo celotne Evrope***

Eden izmed predlogov glede energetske oskrbe Evrope z zeleno energijo je izgradnja ogromnih instalacij PV-sistemov v Sahari, ki bi po izračunih zadostovala za oskrbo celotne Evrope z električno energijo. Celoten projekt je vreden 45 milijard evrov, predlog pa podpirata tako Francija kot tudi Velika Britanija (Zaplotnik, 2008).

Za prenos energije naj bi uporabili enosmerni električni tok, ker se gradnja dvosmernega električnega omrežja zaradi previsokih stroškov ne bi izplačala (Zaplotnik, 2008).

- ***Sončna elektrarna v vesolju***

Na Zemljo pride le delček količine sevanja sonca, saj se ga ogromno porazgubi v vesolju, nekaj pa ga zaustavi Zemljina atmosfera. Ker v vesolju ne obstaja dan ali noč, se je pojavila ideja, da bi sončno energijo prestregli kar tam, v vesolju. Sončno energijo bi v tem primeru lahko izkoriščali ves čas, hkrati pa bi prestrežena sončna energija imela tudi nekajkrat več moči zaradi odsotnosti zemeljske atmosfere (Zemljina atmosfera deluje kot filter in je vzrok za manjšo količino sprejete energije na zemeljskem površju). V letih med 1995 in 2000 je ameriška vesoljska agencija NASA začela s tehnološkimi raziskavami ter s študijami za izgraditev vesoljske sončne elektrarne, ki bi lahko proizvedla več sto megavatov (MW) in celo nekaj gigavatov (GW) energije (Lehoucq, 2005).

Ogromni PV-sistemi v vesolju bi lahko prestregli sončno sevanje in s tem proizvajali energijo. Energija, proizvedena v vesolju, bi bila nato na Zemljo poslana preko razvijajoče se tehnologije za brezžični prenos energije. Podobni poizkusi prenosa električne energije s pomočjo mikrovalov so potekali na otoku La Reunión v Indijskem oceanu. Poizkusi prenosa energije na otoku so bili uspešni in so dali možnost oskrbe z elektriko prebivalcem v tamkajšnjih oddaljenih dolinah (Lehoucq, 2005).

Za tovrstne projekte se zanima veliko držav. Leta 2001 je Japonska naznanila namero, da želi do leta 2040 zgraditi vesoljsko solarno postajo za proizvodnjo elektrike, ki bi kot satelit krožila okoli Zemlje. Ta postaja bi bila opremljena z dvema kriloma sončnih celic, kjer bi bilo eno krilo daljše od treh kilometrov. Cela postaja pa bi bila težka okoli 20.000 ton (Lehoucq, 2005).

Brezžična sončna energija bo lahko kmalu postala resničnost, kar pomeni, da bi lahko brezžično zadovoljevali potrebe po energiji v industriji, na Zemlji bi imeli avtomobile, ki bi jih poganjala električna energija, napajali bi lahko računalniške prenosnike ter ostale elektronske naprave.

SKLEP

Sončni energiji se obeta svetla prihodnost in pripisuje se ji pomembno vlogo v gospodarstvu in politiki že prej kot v 30 letih. Povpraševanje po energiji v svetu naj bi se glede na analize povišalo od 36 do 60 odstotkov do leta 2030 v primerjavi z letom 2005. Nafta, ki je trenutno najpomembnejši vir proizvodnje energije, bo po mnenju večine strokovnjakov dosegla vrhunec črpanja do leta 2030. Nekateri so celo mnenja, da je bil vrhunec že dosežen. Pomanjkanje nafte pa ne odraža zaželenosti cen te surovine, ki je glavni vir za pogon sodobnega gospodarstva.

Uporaba fosilnih goriv, med katere sodi nafta, je povzročila velik problem tudi v okolju. Degradacija narave se dokazuje že kaže v ogromnih ekonomskih stroških in v zaostrovanju socialnih kriz. Škodo, povzročeno zaradi onesnaževanja, bomo lahko popravili le na dolgi rok. Da bi se izognili dramatičnim posledicam, poznavalci opozarjajo, da je nujno ukrepati že danes.

Živimo torej v dobi rasti gospodarstva, ki za svojo rast potrebuje vedno večjo količino energije. Minili so časi, ko je bilo nafte v izobilju in smo jo zato velikokrat tudi neracionalno trošili. Prihaja nova doba, v kateri imamo možnost industrijo proizvodnje energije iz naftnih derivatov zamenjati s čistejšimi obnovljivimi viri energije. Najmočnejšo energijo med vsemi temi obnovljivimi viri pa ponuja sonce.

Čeprav je bila sončna energija v preteklosti deležna politične ignorance, smo v diplomskem delu pokazali, da se je stanje v zadnjih letih drastično spremenilo. Politični programi in gospodarstvo vse bolj spodbujajo tovrstno obnovljivo energijo, saj verjamejo v njen visok potencial rasti.

Raziskovalci so mnenja, da bi lahko že v naslednjih desetih letih razvili tehnologije, ki bi znižale stroške proizvodnje sončne energije kar za polovico. Vse nižji stroški proizvodnje in boljše zmogljivosti pri proizvodnji energije, pridobljene iz sonca, bi spodbudili še večjo priljubljenost tovrstne energije za uporabo v najširše namene.

Po napovedih analitikov bi solarni sektor do leta 2030 lahko zagotovil več milijonov novih delovnih mest. Nekateri celo verjamejo, da bi lahko sončna energija povsem nadomestila energijo, pridobljeno iz fosilnih goriv. Te možnosti ne moremo zanikati glede na podatek, da je energija, ki jo sonce seva na zemljo, nekaj tisočkrat večja od energije, ki jo porabi človek.

Investicije v sončno energijo bi se nam povrnila tudi zaradi ugodnega vpliva tovrstne tehnologije na okolje. Z zmanjšanjem toplogrednih plinov v ozračju bi sčasoma zmanjšali oziroma preprečili višje ekonomske stroške, povzročene zaradi vpliva človeških dejavnosti na podnebne spremembe. Količina toplogrednih plinov, ki nastane pri proizvodnji PV-sistemov, je kar nekajkrat manjša v primerjavi s količino plinov, ki nastanejo zaradi proizvodnje energije iz nafte.

LITERATURA IN VIRI

1. *About Solarjobs*. Najdeno 20. decembra 2008 na spletnem naslovu http://www.solarjobs.com/about_solarjobs.asp
2. Ali naš svet vodi nafta? (2005, 23. september). *BBC Slovene*. Najdeno 17. novembra 2008 na spletnem naslovu http://www.bbc.co.uk/slovene/news/story/2005/09/printable/050923_wrmw_oil.shtml
3. Analiza spodbujanja skozi »feed-in« sisteme. (2007). *Ape*. Najdeno 5. novembra 2008 na spletnem naslovu http://www.mg.gov.si/fileadmin/mg.gov.si/pageuploads/Energetika/Porocila/Spodbude_Feed-in_APE.pdf
4. ASPO VII Barcelona Conferences Dossier. (2008). *ASPO*. Najdeno 15. novembra 2008 na spletnem naslovu http://www.aspo-pain.org/aspo7/files/Dossier_ASPO_VII.pdf
5. Burgoo, V. (2008, 5. avgust). The 36 “Kyoto” Countries: what they promised and how they’re doing. Najdeno 29. novembra 2008 na spletnem naslovu <http://en.wikipedia.org/wiki/Image:Kyoto36-2005.png>
6. Capturing the European energy productivity opportunity. (2008, september). *McKinsey Global Institute*. Najdeno 20. novembra 2008 na spletnem naslovu http://www.euractiv.com/ndbtext/MGI_European%20energy%20productivity_FINAL.pdf
7. Če nas zanima kaj več o soncu. (2007, 28. februar). *MSS & ZRSS*. Najdeno 1. decembra 2008 na spletnem naslovu http://ro.zrsss.si/projekti/energetika/8_razred/ce_nas_zanima_kaj_vec_o_soncu.htm
8. Clean Development Mechanism & Joint Impementation Mechanism. (2008). *CAN Europe*. Najdeno 29. novembra 2008 na spletnem naslovu <http://www.climnet.org/EUenergy/CDM.htm>
9. Climate change: Commission welcomes fall in 2007 greenhouse gas emissions for third consecutive year. (2009, 19. maj). *EEA*. Najdeno 20. maja 2009 na spletnem naslovu <http://europa.eu/rapid/pressReleasesAction.do?reference=IP/09/851>
10. Coste por daños al medio ambiente excede beneficios económicos en China. (2008). *Xinhua*. Najdeno 1. novembra 2008 na spletnem naslovu http://www.spanish.xinhuanet.com/spanish/2008-09/12/content_717821.htm
11. Crisis Energetica. (2008) *ASPO*. Najdeno 21. oktobra 2008 na spletnem naslovu http://www.crisisenergetica.org/ficheros/boletin_ASPO_agosto_2008.pdf

12. Energija sonca. (2006). *Energap*. Najdeno 1. decembra 2008 na spletnem naslovu <http://www.energap.si/?viewPage=43>
13. Evropska komisija (2008, 2. maj). Emissions from solar power technologies continue to fall. Najdeno 8. decembra 2008 na spletnem naslovu <http://ec.europa.eu/environment/integration/research/newsalert/pdf/105na5.pdf>
14. Evropska komisija (2008, 23. januar). *Package of Implementation measures for the EU's objectives on climate change and renewable energy for 2020*. Najdeno 8. decembra 2008 na spletnem naslovu http://ec.europa.eu/energy/climate_actions/doc/2008_res_ia_en.pdf
15. Hartmann, A., Farrell, D., Graubner, M. & Remes, J. (2008, september). *Capturing the European energy productivity opportunity*. Najdeno 15. oktobra 2008 na spletnem naslovu http://www.euractiv.com/ndbtext/MGI_European%20energy%20productivity_FINAL.pdf
16. Industrialized countries to cut greenhouse gas emissions by 5.2%. (2007, 6. avgust). *UNFCCC*. Najdeno 29. novembra 2008 na spletnem naslovu <http://unfccc.int/cop3/fccc/info/indust.htm>
17. International Energy Agency warns of future oil "supply crunch". (2008, 12. november). *AOL Money*. Najdeno 20. novembra 2008 na spletnem naslovu <http://money.aol.ca/article/world-energy-outlook-1st-writethru-bgt-reuse-story-id/417975/>
18. International Energy Outlook. (2008). *EIA*. Najdeno 15. novembra 2008 na spletnem naslovu [http://www.eia.doe.gov/oiaf/ieo/pdf/0484\(2008\).pdf](http://www.eia.doe.gov/oiaf/ieo/pdf/0484(2008).pdf)
19. *Izziv projekta Solar Impulse*. Najdeno 26. decembra 2008 na spletnem naslovu <http://www.solarimpulse.com/en/documents/challenge.php?lang=en&group=challenge>
20. Jäger-Waldau, A. (2008). *PV Status Report 2008*. Najdeno 15. decembra 2008 na spletnem naslovu <http://re.jrc.ec.europa.eu/refsys/pdf/PV%20Report%202008.pdf>
21. Kjotski protokol praznuje deseto obletnico. (2007, 11. november). Najdeno 29. novembra 2008 na spletnem naslovu <http://www.zurnal24.si/cms/novice/svet/index.html?id=23298>
22. Kyoto Protocol. (2008). *Wikipedia*. Najdeno 15. decembra 2008 na spletnem naslovu http://en.wikipedia.org/wiki/Kyoto_Protocol#European_Union
23. Kyoto Protocol: Status of Ratification. (2008, 16. oktober). *UNFCCC*. Najdeno 29. novembra 2008 na spletnem naslovu http://unfccc.int/files/kyoto_protocol/status_of_ratification/application/pdf/kp_ratification.pdf

24. Lehoucq, R. (2005). *The sun: damming its power*. Najdeno 1. decembra 2008 na spletnem naslovu <http://mondediplo.com/2005/01/11sun>
25. Lenardic, D. (2007, 9. julij). *Materiali in tehnologije v fotovoltaiki*. Najdeno 5. decembra 2008 na spletnem naslovu <http://www.pvresources.com/si/tehnologije.php>
26. Lenardic, D. (2008, 24. februar). *Sprehod skozi čas*. Najdeno 2. decembra 2008 na spletnem naslovu <http://www.pvresources.com/si/zgodovina.php>
27. Marcano, J. *La contaminación atmosférica*. Najdeno 16. novembra 2008 na spletnem naslovu <http://www.jmarcano.com/recursos/contamin/catmosf7.html>
28. Matjažič, N. (2006, 10. marec). *Zgodovinski pregled globalnih makroekonomskih posledic naftnih šokov*. Najdeno 30. novembra 2008 na spletnem naslovu http://www.cek.ef.uni-lj.si/u_diplome/matjazic2214.pdf
29. Obnovljivi viri energije. (2008). *Ekostran*. Najdeno 26. novembra 2008 na spletnem naslovu <http://www.ekostran.si/node/2>
30. *Obnovljivi viri energije*. Najdeno 26. novembra 2008 na spletnem naslovu <http://www.ove.si/index.php?P=8>
31. Operativni program zmanjševanja emisij toplogrednih plinov do leta 2012. (2006). *Ministrstvo za okolje in prostor*. Najdeno 6. novembra 2008 na spletnem naslovu http://www.mop.gov.si/fileadmin/mop.gov.si/pageuploads/zakonodaja/okolje/varstvo_okolja/operativni_programi/op_toplogredni_plini2012.pdf
32. Pachauri, R. K. (2008). *'Climate change may cost 5% of global GDP'*. Najdeno 26. novembra na spletnem naslovu <http://www.rediff.com/money/2008/jan/24wef2.htm>
33. Pet inovacij prihodnosti. (2008, 7. december). Najdeno 24. decembra 2008 na spletnem naslovu <http://24ur.com/novice/it/pet-inovacij-prihodnosti.html>
34. Photovoltaic energy electricity from the sun. (2008). *EPIA*. Najdeno 25. novembra 2008 na spletnem naslovu http://www.epia.org/fileadmin/EPIA_docs/publications/epia/Epia_Techno_leaflet_FIN_AL_WEB.pdf
35. Podnebne spremembe: slovarček uporabnih izrazov. (2005). *Focus*. Najdeno 29. novembra 2008 na spletnem naslovu <http://www.focus.si/files/Publikacije/slovarcek.pdf>
36. Predlog podnebno-energetskega svežnja predpisov. (2008, 29. januar). *Ministrstvo za okolje in prostor*. Najdeno 7. novembra 2008 na spletnem naslovu <http://www.mop.gov.si/nc/si/splosno/cns/novica/article/12118/6131/>
37. *Pretvornik merskih enot [področje elektrike]*. Najdeno 1. novembra 2008 na spletnem naslovu <http://www.pretvornik-enot.com/pretvornik-energija/btu.php>

38. Qué es el Protocolo de Kyoto. (2008). *Libertad digital*. Najdeno 29. novembra 2008 na spletnem naslovu <http://especiales.libertaddigital.com/protocolo-kyoto/quees.htm>
39. *Razlaga kratice Ppm*. Najdeno 18. novembra 2008 na spletnem naslovu http://www.minet.si/gradivo/egradiva/gospodarjenje_z_odpadki/HTML/slovarcek/ppm.html
40. Renewable Energy Law (EEG) in Germany – How does it work in practice? (2008). *EPIA*. Najdeno 10. novembra 2008 na spletnem naslovu http://www.epia.org/fileadmin/EPIA_docs/documents/how_feed-in_tariff_work_in_practice.pdf
41. Solar Energy Growth. (2007). *Solarbuzz*. Najdeno 24. novembra 2008 na spletnem naslovu <http://www.solarbuzz.com/StatsGrowth.htm>
42. Solar Generation V – 2008. (2008). *EPIA & Greenpeace*. Najdeno 1. novembra 2008 na spletnem naslovu http://www.epia.org/fileadmin/EPIA_docs/documents/EPIA_SG_V_ESPANOL_COMPLETO_Sept2008.pdf
43. *Sončna energija* (2000, 19. april). Najdeno 23. novembra 2008 na spletnem naslovu http://kid.kibla.org/~gverila/vegansvet/predal/soncna_energija.htm
44. Sončna energija. (2008). *Ekotran*. Najdeno 26. novembra 2008 na spletnem naslovu <http://www.ekostran.si/node/4>
45. Spodbujanje rasti in ustvarjanje novih delovnih mest z roko v roki z izpolnjevanjem naših obveznosti glede podnebnih sprememb. (2008, 23. januar). *EUROPA*. Najdeno 3. novembra 2008 na spletnem naslovu <http://europa.eu/rapid/pressReleasesAction.do?reference=IP/08/80&format=HTML&aged=0&language=SL&guiLanguage=en>
46. Stern, N. (2006, 30. oktober). *Stern Review on the Economics of Climate Change*. Najdeno 2. novembra 2008 na spletnem naslovu http://www.hm-treasury.gov.uk/stern_review_final_report.htm
47. Success story: Feed-In Tariffs Support renewable energy in Germany. (2008, 7. junij). *e-Parliament*. Najdeno 3. decembra 2008 na spletnem naslovu <http://www.e-parl.net/eparlimages/general/pdf/080603%20FIT%20toolkit.pdf>
48. *The Heidelberg Appeal*. Najdeno 29. novembra 2008 na spletnem naslovu <http://www.americanpolicy.org/un/theheidelberg.htm>
49. The History of Solar. (2005, 12. december). U.S. *Department of Energy*. Najdeno 18. novembra 2008 na spletnem naslovu http://www1.eere.energy.gov/solar/pdfs/solar_timeline.pdf

50. Top Petroleum Net Exporters, 2003. (2004, 18. avgust). *EIA*. Najdeno 15. novembra 2008 na spletnem naslovu <http://www.eia.doe.gov/security/topexp.html>
51. UMAR (2008, 19. maj). *Predstavitev podnebno-energetskega svežnja Evropske komisije*. Najdeno 1. novembra 2008 na spletnem naslovu [http://www.umar.gov.si/informacije_za_javnost/posebne_teme/obvestilo/zapisi/predstavitev_podnebno_energetskega_sveznja_evropske_komisije/93/?tx_ttnews\[syear\]=2008&tx_ttnews\[smonth\]=5&cHash=26cbebbfd5](http://www.umar.gov.si/informacije_za_javnost/posebne_teme/obvestilo/zapisi/predstavitev_podnebno_energetskega_sveznja_evropske_komisije/93/?tx_ttnews[syear]=2008&tx_ttnews[smonth]=5&cHash=26cbebbfd5)
52. *WHY SOLAR?*. Najdeno 25. novembra 2008 na spletnem naslovu http://www.ecosolarequipment.co.uk/why_solar.asp
53. Zaplotnik, Ž. (2008, 28. julij). *Sahara lahko s solarno energijo oskrbi celotno Evropo*. Najdeno 20. decembra 2008 na spletnem naslovu http://www.finance.si/219315/Sahara_lahko_s_solarno_energijo_oskrbi_celotno_Evropo

PRILOGE

Priloga 1: Pomembni mejniki v zgodovini solarne tehnologije ter tedanji pomen za človeka in gospodarstvo

a) Pred Kristusom

- ***Od 7. stoletja pr. Kr.***

V 7. stoletju pr. Kr. se je za koncentriranje sončnih žarkov uporabljalo povečevalno steklo, s čimer je bil mogoč tako vžig ognja kot tudi požig termitov. V 3. stoletju pr. Kr. pa so Rimljani in Grki uporabljali ogledala za prižiganje bakel tudi v religiozne namene (The History of Solar, 2005).

Zelo zanimivo je leto 212 pr. Kr., ko naj bi grški znanstvenik Archimedes uporabil odseven bronasti predmet, ki je usmerjal sončne žarke, za požig rimskih ladij, ki so oblegale Syracuse (čeprav ni potrjenih dokazov o tem dejanju, je grška mornarica 1973 ponovila domnevno dejanje znanstvenika ter uspešno zažgala leseno ladjo na razdalji 50 metrov) (The History of Solar, 2005).

b) Po Kristusu

- ***Od 1. stoletja po Kr.***

Od 1. do 4. stoletja po Kr. so se v slavnih rimskih zdraviliščih na južni sončni strani uporabljala steklena okna za ogrevanje stavb. Kasneje, v 6. stoletju, so bile sobe, obsijane s soncem, v zasebnih hišah ter javnih zgradbah že tako popularne, da je bila v tedanjem rimskem zakoniku celo določena »pravica do sonca« oz. do dostopa posameznika do sončne svetlobe (The History of Solar, 2005).

V 13. stoletju so predniki vaškega prebivalstva z imenom Anasazi iz Severne Amerike živeli na južnih pobočjih z namenom izkoriščanja sončne toplote v mrzlih zimskih mesecih. Leta 1830 je švicarski znanstvenik Horace de Saussure skonstruiral prvi sončni kolektor, ki ga je kasneje angleški matematik in astronom John Herschel uporabljal za kuhanje hrane med svojo odpravo v južno Afriko v letu 1830 (The History of Solar, 2005).

- ***Od leta 1839 do 1899: temeljna odkritja za razvoj sončne energije***

Leta 1839 je francoski eksperimentalni fizik Alexandre Edmond Becquerel odkril fizikalni pojav, ki omogoča pretvorbo svetlobe v električno energijo. Pri eksperimentiranju z dvema kovinskima elektrodama, potopljenima v elektrolit, je odkril, da prevodnost narašča z osvetljenostjo. Leta 1873 je Willoughby Smith odkril podobno, le da je pri poizkusu uporabil selen, ki je bil tudi osnova za izdelavo prve selenske sončne celice. Izdelali so jo leta 1877. Kasneje leta 1887 je Heinrich Hertz dognal, da ultravijolično sevanje spreminja prag napetosti, ki povzroča preskok iskre med dvema kovinskima elektrodama (Lenardic, 2008).

- ***Od leta 1900 do 1949: teoretična razlaga fotovoltaičnega pojava in prve silicijeve sončne celice***

Albert Einstein, svetovno znani nemški fizik, je najbolj zaslužen za razlago fotonapetostnega pojava, ki ga je teoretično opisal leta 1904. Leta 1921 mu je bila za delo podeljena tudi Nobelova nagrada. Leta 1916 je Einsteinovo teorijo v praksi dokazal ameriški fizik Robert Millikan (Lenardic, 2008).

Leta 1918 je poljski znanstvenik Czohralski razvil metodo za pridobivanje monokristalnega silicija, ki je leta 1941 omogočila izdelavo prve monokristalne sončne celice. Leta 1932 so fotonapetostni pojav opazili tudi v kadmijevem selenidu, ki trenutno poleg silicija sodi med najpomembnejše polprevodniške materiale pri izdelavi sončnih celic (Lenardic, 2008).

- ***Od leta 1950 do 1969: obdobje intenzivnih laboratorijskih raziskav, raziskav vesolja, prvi sateliti, prve konference, prvi fotonapetostni moduli ter prva večja podjetja***

Leta 1955 so se začele priprave za oskrbo satelitov z energijo, pridobljeno s pomočjo sončnih celic. Istega leta je podjetje Westrn Electric začelo prodajati komercialne licence za izdelavo sončnih celic. Podjetje Hoffman Electronics-Semiconductor Division je predstavilo komercialni fotovoltaični proizvod z učinkovitostjo 2 % s ceno 25 ameriških dolarjev za eno celico. Cena energije je znašala 1785 ameriških dolarjev/W. Marca leta 1958 je bil izstreljen satelit Vanguard I, ki je bil prvi satelit, ki so ga z energijo oskrbovale sončne celice. Istega leta so Američani izstrelili še satelita Explorer III in Vanguard II, Rusi pa satelit Sputnik III. V Americusu v ameriški zvezni državi Georgiji pa je bil postavljen prvi telefonski ponavljalnik (repeater), ki ga je napajala sončna energija. Leta 1959 so Američani v vesolje poslali satelit Explorer VI, leta 1960 pa je podjetje Hoffman Electronics predstavilo sončno celico s 14 % učinkovitostjo (Lenardic, 2008).

Leta 1961 je bila konferenca Združenih narodov za pobudo uporabe sončne energije v deželah v razvoju. Leta 1962 pa je bil izstreljen satelit Telstar, ki ga je tudi napajala sončna energija (Lenardic, 2008).

Med naštetimi izstreljenimi sateliti, so bili izstreljeni tudi drugi, kar nam da vedeti, da je v tem času sončna energija služila predvsem za projekte, povezane z vesoljem.

- ***Od leta 1970 do 1979: nastanek prvih večjih podjetij, posvečenih sončni energiji, ter uporaba le-te na Zemlji***

Med leti od 1970 do 1979 so nastala prva večja podjetja, kot so npr. ARCO Solar, Solar Power Corporation, Solarex Corporation, Solec International ter Solar Technology International.

V tem obdobju so se pojavili tudi prvi fotovoltaični sistemi na podeželju v manj razvitem svetu. Leta 1976 so se namreč pod okriljem NASA LeRC začele instalacije PV-sistemov za uporabo na Zemlji. Sistemi so bili postavljeni z namenom napajanja hladilnikov, telekomunikacijske opreme, medicinske opreme, razsvetljave, za črpanje vode in za druge

uporabnike. Pojavijo se tudi prvi primeri uporabe PV-sistemov za napajanje zahtevnejših sistemov na Zemlji, kot so meteorološke postaje na različnih lokacijah v ZDA ter radarske postaje. V indijskem rezervatu so postavili prvi PV-sistem na svetu za potrebe celotne vasi, ki je služil za črpanje vode ter oskrbo 15 gospodinjstev z elektriko (Lenardic, 2008).

- ***Od leta 1980 do 1989***

V tem obdobju se začnejo postavljati veliki samostojni PV-sistemi. Ustanovljeno je bilo tudi podjetje Helios Technology, ki je najstarejši evropski proizvajalec solarnih modulov. Nastalo je prvo letalo z imenom Solar Challenger, ki ga je napajala sončna energija. PV-sisteme so začeli testirati tudi v avtomobilski industriji (nastala so vozila na sončno energijo, kjer so dirke tovrstnih vozil postale izziv za razvojne laboratorije) (Lenardic, 2008).

Na trgu so se pojavili prvi amorfni moduli, sončne celice z visokim izkoristkom ter komercialni tankoplastni moduli. Podjetja so začela z velikimi projekti v manj razvitem svetu in hkrati tudi povečala proizvodne zmogljivosti. Leta 1983 je svetovna proizvodnja fotovoltaičnih modulov presegla moč 21,3 MW, vrednostno pa so proizvodi znašali okoli 250 milijonov ameriških dolarjev (Lenardic, 2008).

- ***Od leta 1990 do 1999: združevanje velikih podjetij***

Nastala so nova večja podjetja. Projekti sončne energije so dobili zagon tudi v Indiji z ustanovitvijo prvega Mednarodnega fonda za pospeševanje komercializacije PV-sistemov. Narejeno je bilo letalo z imenom Icar, ki ga je poganjala sončna energija. Letalo, ki je letelo nad Nemčijo, je imelo vgrajenih 3000 sončnih celic (pritrjenih na površini 21 m²) (Lenardic, 2008).

- ***Po letu 2000: obnovljivi viri energije se pojavijo na borzi, novi projekti, vzpon sončne energije***

Po letu 2000 so nastala večje delniške družbe v Evropi, predvsem v Nemčiji. Združevanje kapitala v tej državi privede do nastanka velikih podjetij s področja fotovoltaike. Po letu 2001 je eksperimentalno letalo NASE Helios že poletelo v stratosfero in doseglo višino 30 km. Proizvodnja na področju proizvodnje fotovoltaičnih sistemov se je in se še vedno viša (Lenardic, 2008).