

448 tona. Ako to usporedimo s emisijama CO_{2e} koje proizvedu automobili, dolazimo do zaključka da nam navedene uštede omogućuju vožnju automobilom u duljini od 2 986 667 km, pri čemu se količina CO₂ koju uštedi fotonaponska elektrana vraća u atmosferu (za izračun emisija CO_{2e} koje ispušta automobil koristi se vrijednost od 150 g/km) (SMA, 2014).

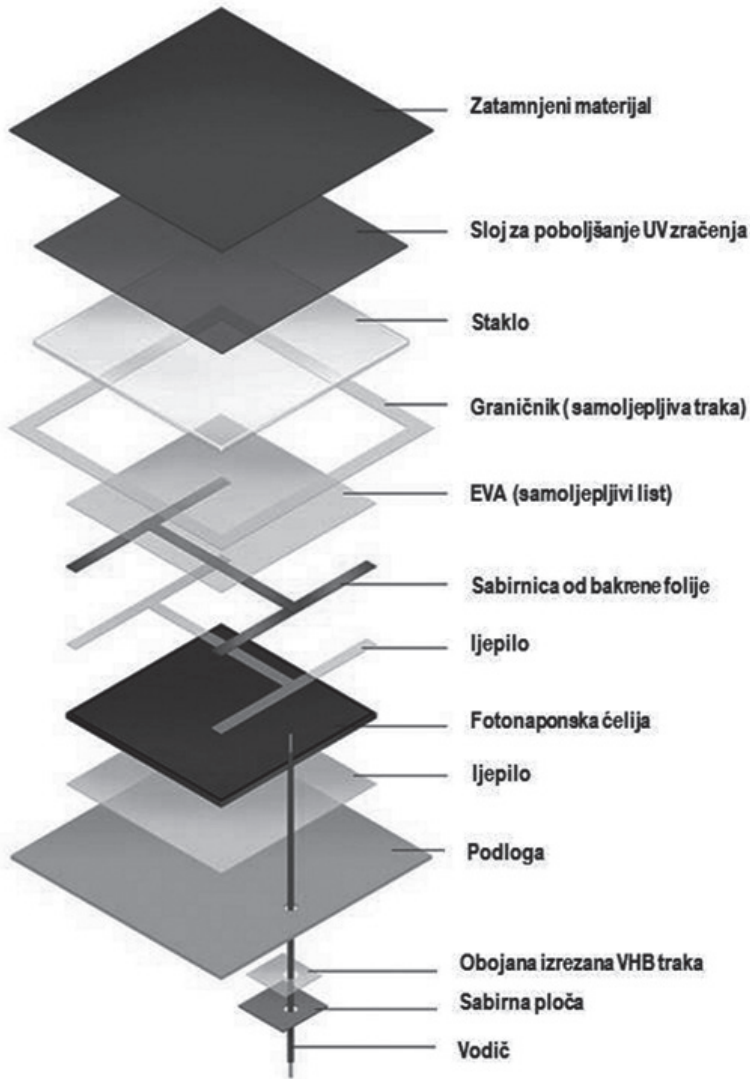
U Orahovici (Hrvatska) je izgrađena fotonaponska elektrana snage 500 kW, koji, kao i fotonaponska elektrana Sellye, proizvodi 800 000 kWh godišnje, a kao posljedica toga, iznos emisija ugljičnog dioksida doseže 448 tona. Godine 2009. mjesto Sellye je imalo 2 873 stanovnika (KSHI - Državni zavod za statistiku, 2011). Studija koju je proveo Patocskai (2013) otkriva da je 2009. godine potrošnja el. energije po stanovniku u Mađarskoj rezultirala količinom od 1461,1 kg emisija CO_{2e}. Produkt koji se dobije množenjem dva faktora vodi do zaključka da godišnja emisija CO₂ mjesta Sellye iznosi 4 197 740 kg/CO_{2e}. Ako se od navedene količine odbiju uštede CO₂ koju donosi fotonaponski park Sellye, dobiveni rezultat iznosi 3 749 740 kg. Na sličan način može se izračunati i učinak smanjenja emisija ugljičnog dioksida koje proizvodi fotonaponski park u Orahovici (5 304 stanovnika) (DZS, 2011). Primjenom izračunatih vrijednosti vezanih uz emisije CO₂ po glavi stanovnika u Mađarskoj, dobivamo količinu od 7 749 674 kg/CO₂ godišnje. Oduzimanjem količine ugljičnog dioksida uštedene izgradnjom FN elektrane, dobivamo očekivanu godišnju emisiju koja iznosi 7 301 674 kg CO₂.

Izračuni pokazuju da je u pogledu potrošnje el. energije koju ostvaruju stanovnici manjeg mjesta samo jedna mala solarna elektrana sposobna smanjiti emisije CO₂ za čak do 11%. Navedena fotonaponska elektrana ispunjava približno 1/5 potreba za električnom energijom mjesta Sellye (uzimajući u obzir samo potrošnju kućanstava).

HR_12.5. Kraj životnog vijeka energetskog iskorištavanja fotonaponskih sustava – demontiranje i recikliranje

Dugovječnost i korištenje zanemarive količine opasnih tvari smatraju se najvažnijim argumentima u korist primjene solarnih fotonaponskih sustava. U nekim studijama²⁹ (npr. Demeter, 2010) izbjegava se korištenje pridjeva „zanemariv” jer se u postupku proizvodnje fotonaponskih modula primjenjuju rijetki i opasni metali, npr. živa. Stoga se fotonaponski moduli kojima je istekao rok trajanja mogu smatrati opasnim otpadom isto kao i akumulatori ili elektronika. Opravdano je pitati se što se događa s opasnim materijalima kad fotonaponski moduli dođu do kraja svog korisnog životnog vijeka.

²⁹ www.nkek.hu

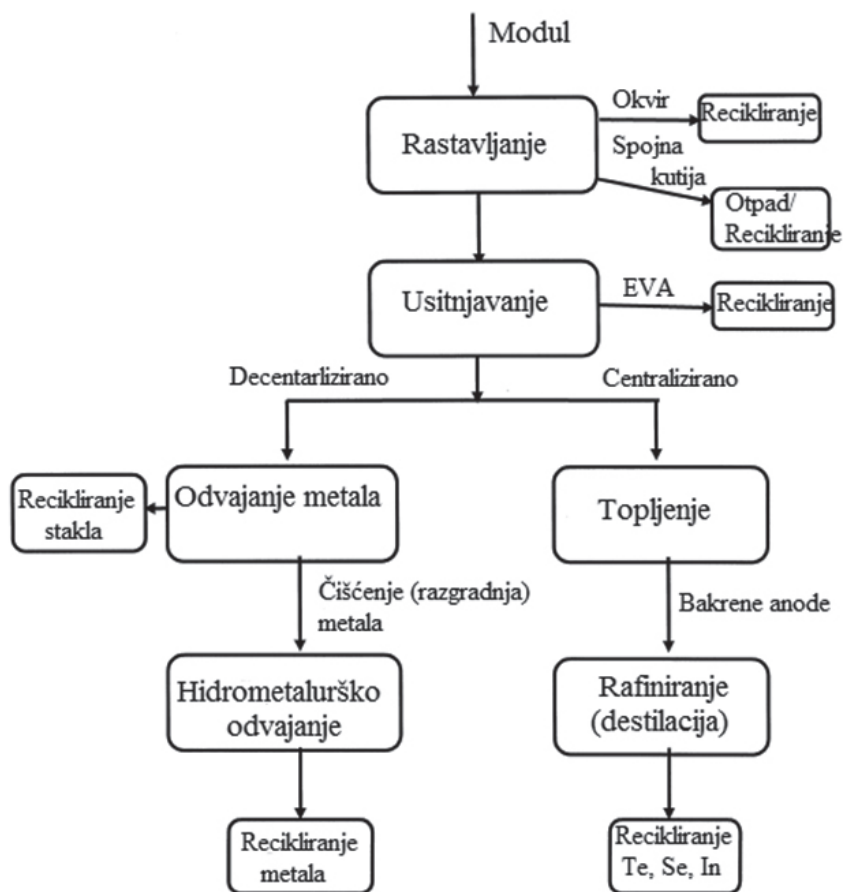


Slika 57: Slojeviti prikaz fotonaponskog modula

Izvor: Weadock, 2011

Životni se vijek može podijeliti na tri glavne faze: proizvodnja, uporaba i kraj životnog vijeka (Shibasaki i sur., 2006). Životni vijek fotonaponskih modula može se smatrati ograničenim – oni se istroše tijekom razdoblja od 25 do 30 godina, a određeni vezni elementi propadaju zbog zamora materijala. Najčešći su kvarovi na fotonaponskim modulima lom stakla, delaminacija, električni kvarovi i neadekvatna konstrukcijska tehnologija. Međutim,

zbog procesa trajnog poboljšavanja, postojeći sustavi zamjenjuju se modulima čiji su parametri relativno učinkovitiji. Posljedica toga je da distributeri demontiraju fotonaponske module i vraćaju ih proizvođačima na popravak ili recikliranje sirovina koje se potom ponovno iskorištavaju u proizvodnom procesu.



Slika 58: Slijed recikliranja fotonaponskih modula

Izvor: Fthenakis, 2000 1056. p.

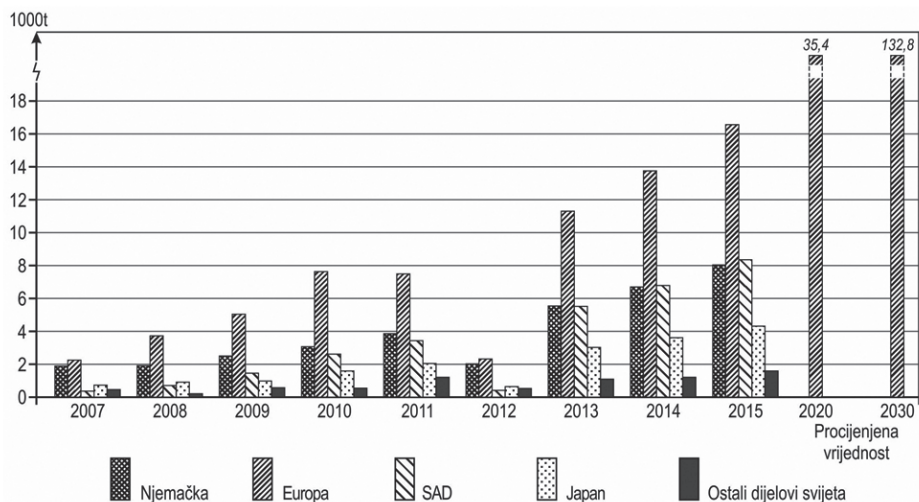
Popravak solarnog fotonaponskog sustava može uključivati niz problema. U okviru popravaka obuhvaćenih jamstvom proizvođači reinstaliraju neispravne i istrošene fotonaponske module i potrošači dobivaju nove. Budući da se većina fotonaponskih modula proizvodi u Kini, navedena praksa je izrazito neekonomična i opasna po okoliš. U Mađarskoj trenutno ne postoje servisi za popravak neispravnih fotonaponskih modula, stoga je moguće da će u budućnosti biti potrebno osnovati organizaciju za prikupljanje i reciklažu fotonaponskih modula. Takva organizacija mogla bi provoditi koordinaciju prikupljanja, demontaže i sortiranja modula i fotonaponskih ćelija kao i njihove reciklaže

u proizvodnom procesu. Za fotonaponske module koje nije moguće popraviti potrebno je riješiti pitanje reintegracije dijelova rastavljenih na sastavne elemente u proizvodni proces. U skladu s izračunima objavljenima na internetskim stranicama alternativenergija.hu (alternatieveenergy.hu), uporabom recikliranih materijala u proizvodnom procesu može se uštedjeti 80-90% energije korištene za proizvodnju fotonaponskih modula. Slični postoci mogu se izračunati i u pogledu emisija ekvivalenta ugljičnog dioksida. Prema Eckerovim (2012) izračunima, prilikom korištenja recikliranih materijala, dio materijala se mora prikupljati odvojeno jer sadrži okside alkalnog metala, čija niska temperatura topljenja omogućuje recikliranje s prihvatljivom utrošenom energijom, pri čemu se smanjuje emisija ugljičnog dioksida u procesu proizvodnje novog stakla. Fotonaponski moduli sadrže brojne vrijedne i rijetke materijale (npr. olovo, krom, silicij, retardanti za sprječavanje plamena) čije se recikliranje smatra pravim „skrivenim blagom”. U svojoj studiji Fthenakis (2000) daje podroban prikaz komponenti modula fotonaponskog sustava za koje smatra da se mogu reciklirati nakon isteka životnog vijeka. Slika 58 može se smatrati sažetkom studije jer daje pregled slijeda recikliranja.

U pogledu gospodarenja otpadnim fotonaponskim modulima u većini studija nema diferencijacije, no u smislu gospodarenja otpadom potrebno je razlikovati tri vrste sustava. S obzirom na najviše korištene proizvodne tehnologije, fotonaponski moduli mogu se podijeliti u tri različita tipa: monokristalni, polikristalni i tankoslojni moduli. U odnosu na kristalne module tankoslojni moduli manje su učinkoviti i kraće traju, stoga se kod njih problemi u pogledu gospodarenja otpadom pojavljuju češće nego kod drugih vrsta modula.

Uporaba polikristalnih modula sve je raširenija, a njihovi troškovi proizvodnje značajno su pali u posljednjih tri do pet godina. Prema izvješćima stranice elolanc.hu, nasuprot drugih modula, spomenuti tip modula ne sadrži toksične materijale. U reciklažnom procesu moduli se najprije rastavljaju i usitnjavaju, nakon čega slijedi uklanjanje i odvajanje stakla i metalnih okvira čiji otpadni materijali se recikliraju i vraćaju u proizvodnju kao ponovno obradive komponente. Uporaba silicija koji se nalazi u „sendviču” između plastičnih folija u ćelijama provodi se termičkim procesom. Laminat se stavlja u fluidizirani sloj pijeska pri 450 °C, plastični se slojevi (etilen vinil acetat) skidaju spaljivanjem, a premazi se stružu sa silicijских pločica. Spaljivanjem plastičnih slojeva dolazi do ispuštanja otrovnih plinova. Tako pročišćene i odvojene sirovine vraćaju se u proces proizvodnje drugih modula. Prema ovom postupku, plastične folije se ne recikliraju, već se ponovno koriste u sadržaju materijala drugih komponenti. Moduli kristalne tehnologija ostaju funkcionalni čak i nakon kraja svog korisnog životnog vijeka jer vremenske prilike štetno djeluju prije svega na izolatore, prednji i stražnji dio modula, električne kontakte i kabele (2012).

U pogledu tankoslojnih modula, ponovno iskoristive sirovine mogu se reciklirati jednostavnijom tehnikom. Glavne sastavnice takvih modula su staklo i sintetika, pa se tako amorfni silicij može izravno spaliti, a staklo naknadno iskoristiti. Što se tiče drugih tankoslojnih tehnologija (CdTe ili CIS), sama prisutnost kemijski vezanih teških metala u njima iziskuje povećan nadzor nad cjelokupnim životnim vijekom, kao i relativno bolje regulirano gospodarenje otpadom.



Slika 59: Projekcija kretanja količina otpadnih fotonaponskih modula (po 1000 tona)

Izvor: Hulladéksors, XI. évf. 2010. jún. 38-39. old.

U pogledu fotonaponskih modula može se ostvariti stopa recikliranja od 96%. Prvo svjetsko postrojenje za recikliranje fotonaponskih modula od kristalnog silicija, koje se bavi spaljivanjem plastičnih materijala izgrađeno je u Freiburgu i pušteno u pogon 2004. godine. Preostalo staklo, metali i metalni otpad prosljeđuju se postrojenjima za recikliranje otpada. Preostale fotonaponske ćelije podvrgavaju se dodatnim kemijskim postupcima u kojima se pročišćeni silicij reciklira za proizvodnju novih ćelija. Primjena olova, kadmija i srebra u proizvodnji solarnih ćelija može biti problematična tijekom procesa uporabe. Zbog visokih troškova logistike i recikliranja, postrojenje još uvijek nije u mogućnosti ostvarivati značajniju dobit, ali ekološki rezultati pokazuju neosporna poboljšanja.

Solar World je proveo ispitivanja o količinama otpada koji čeka na reciklažu, a rezultate tih ispitivanja obradio Zimler u svojoj studiji (2010). U razdoblju od 2009. do 2012. godine količina tjedne potražnje fotonaponskih modula premašivala je 100 000 modula. Može se smatrati da otprilike 0,5-1% od te količine otpada na ostatke iz proizvodnje i/ili modula za koje su ustanovljena oštećenja nastala tijekom transporta ili sklapanja. Što se tiče fotonaponskih modula, najveći potrošač i proizvođač otpada jest Europa. Relevantne vrijednosti u SAD-u slične su onima koje prevladavaju u Njemačkoj.

Uz sve širi opseg primjene fotonaponskih sustava, uz kontrolu njihove primjene kao iznimno značajno pitanje postavlja se i gospodarenje otpadom. U europskom kontekstu, prvim važnim korakom poduzetom na tom polju može se smatrati Međunarodna konferencija o recikliranju fotonaponskih modula održana u Berlinu 2010. godine. Od te godine EPIA (Europsko udruženje fotonaponske industrije) nadzire i kontrolira pridržavanje europske pravne regulative o elektroničkom otpadu od strane država članica EU. Direktiva o otpadnoj električnoj i elektroničkoj opremi (WEEE) temelji se na načelu odgovornosti proizvođača i u pogledu fotonaponskih modula. Poduzete mjere nisu dovoljno jasne u određenim slučajevima jer propisi o prijevozu materijala koji su opasni po zdravlje i okoliš još uvijek ostavljaju prostora za poboljšanja.

HR_13. ZAKLJUČAK – EVALUACIJA ZNANSTVENIH ISTRAŽIVANJA I ODABIR OPTIMALNOG FOTONAPONSKOG SUSTAVA

Završno poglavlje započinje usporedbom troškova proizvodnje za vrijeme eksploatacije različitih obnovljivih izvora energije kako bi se istaknuo potencijale sunčeve energije. Prema provedenim intervjuima s obje strane granice iznesen je pregled društvenih uvjeta. Za odabir optimalnog fotonaponskog sustava za preko-granično područje korištena su tri različita pristupa. Prvo se koristio tehnički pristup koji je utemeljen na tehničkim karakteristikama pet različitih, ali odabranih fotonaponskih modula. Usporedba fotonaponskih modula data je na osnovu standardnih testnih uvjeta i podataka preuzetih iz baze PVGIS ali i podataka preuzetih iz baze podataka koja je dobivena mjerenjima u Laboratoriju za obnovljive izvore energije, Elektrotehničkog fakulteta Osijek. U postupku evaluacije fotonaponskog sustava nadalje je korišten i ekonomski pristup. Provedena je tzv. cost-benefit analiza za tipične fotonaponske sustave: male (instalirane snage do 10 kW) i velike (instalirane snage sve do 300 kW). Pokazatelji analize su važni za potencijalne investiture, posebno zato što se uvijek prije investicije treba znati vrijeme otplate investicije. Zadnji pristup, ali nimalo manje važan je pristup s obzirom na zaštitu okoliša. Pokazano je da ovaj pristup, također treba biti uzet u obzir pri odabiru optimalnog fotonaponskog sustava.

HR_13.1. Usporedba obnovljivih izvora za proizvodnju el.energije

Zbog rasta cijena električne energije i nesigurnosti u pogledu opskrbe prirodnim plinom i kretanjem cijena, u brojnim slučajevima kao rezultat zastarjelih i neučinkovitih energetskih rješenja jedinice lokalne samouprave, tvrtke i kućanstva traže nove načine za zadovoljavanje svojih energetskih potreba. Postoji niz primjera koji potvrđuju činjenicu da bi pažljivo planirana i kvalitetno promišljena strategija iskorištavanja obnovljivih izvora energije doprinijela boljoj ponudi obnovljive energije kao alternative za konvencionalne izvore energije.

Prema Nacionalnoj energetskoj strategiji, korištenje sunčeve energije pokazuje obećavajuće potencijale, ali realno ostvarivu proizvodnju energije koče visoki troškovi i nedostupnost opreme. Istinitost prethodne izjave ispitali su Dióssy and Tóth (2011), koji su usporedili nekoliko alternativnih elektrana u pogledu učinka i investicijskih troškova. Autori su odredili životni vijek rada od 25 godina za velike elektrane ne uzimajući u obzir iskorištavanje proizvedene topline. U pogledu elektrana na biomasu, računali su s 200.000 MWh, dok su u slučajevima vjetroelektrana i fotonaponskih elektrana te brojke iznosile 38.858 MWh, odnosno 27.940 MWh. Studija se bavi i usporedbom elektrana na loživo ulje ili plin te nuklearnih elektrana po pitanjima učinka i troškova.