

# ENERGIJA SUNCA I SOLARNE INOVACIJE ZA BUDUĆNOST

---

Šikić, Lana

**Master's thesis / Specijalistički diplomski stručni**

**2016**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **Polytechnic of  
Sibenik / Veleučilište u Šibeniku**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:143:742823>

*Rights / Prava:* [Attribution-NonCommercial-NoDerivs 3.0 Unported/Imenovanje-Nekomercijalno-Bez  
prerada 3.0](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-07-11**

*Repository / Repozitorij:*

[VUS REPOSITORY - Repozitorij završnih radova  
Veleučilišta u Šibeniku](#)



**VELEUČILIŠTE U ŠIBENIKU**  
**ODJEL MENADŽMENT**  
**SPECIJALISTIČKI DIPLOMSKI STRUČNI STUDIJ**  
**MENADŽMENT**

**LANA ŠIKIĆ**

**ENERGIJA SUNCA I SOLARNE INOVACIJE ZA**  
**BUDUĆNOST**

**Završni rad**

Šibenik, 2016.

**VELEUČILIŠTE U ŠIBENIKU**  
**ODJEL MENADŽMENT**  
**SPECIJALISTIČKI DIPLOMSKI STRUČNI STUDIJ**  
**MENADŽMENT**

**ENERGIJA SUNCA I SOLARNE INOVACIJE ZA**  
**BUDUĆNOST**

**Završni rad**

**Kolegij: Inovacije i tehnološke strategije**

**Mentor: Dr. sc. Mili Razović**

**Student/ica: Lana Šikić**

**Matični broj studenta: 0070047696**

**Šibenik, svibanj 2016.**

# SADRŽAJ

Stranica

<b>TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA.....</b>	
<b>BASIC DOCUMENTATION CARD.....</b>	
<b>1. UVOD.....</b>	<b>1</b>
<b>2. POJMOVNO ODREĐENJE ENERGIJE I KLASIFIKACIJA OBLIKA ENERGIJE.....</b>	<b>3</b>
2.1. Definiranje energije .....	3
2.2. Prirodni oblici energije.....	4
2.2.1. <i>Neobnovljivi izvori energije.....</i>	7
2.2.2. <i>Obnovljivi izvori energije.....</i>	8
2.3. Transformirani oblici energije.....	11
2.4. Finalni oblici energije.....	12
<b>3. TEMELJNA OBILJEŽJA I TEHNOLOGIJE OBNOVLJIVIH IZVORA.....</b>	<b>14</b>
3.1. Geotermalna energija.....	14
3.2. Energija valova, plime i oseke.....	17
3.3. Energija vjetra.....	19
3.4. Energija Sunčeva zračenja.....	21
3.5. Bioenergija.....	22
3.6. Energija vode.....	24
3.7. Hrvatska i obnovljivi izvori energije.....	27
<b>4. ZNAČAJ I NAČINI KORIŠTENJA ENERGIJE SUNCA.....</b>	<b>30</b>
4.1. Povijest korištenja energije Sunca.....	30
4.2. Moderni načini korištenja energije Sunca.....	32
4.2.1. <i>Solarni kolektori.....</i>	33
4.2.2. <i>Fotonaponske ćelije.....</i>	34
4.3.3. <i>Fokusiranje Sunčeve energije.....</i>	37
4.3. Aktivno i pasivno korištenje energije Sunca.....	39
4.4. Solarne inovacije za budućnost.....	42
4.5. Sufinanciranje projekata za izgradnju solarnih panela.....	46
4.6. Potencijal energije Sunca u Ličko-senjskoj županiji.....	48
<b>5. ZAKLJUČAK.....</b>	<b>54</b>
<b>LITERATURA.....</b>	<b>56</b>

## **ENERGIJA SUNCA I SOLARNE INOVACIJE ZA BUDUĆNOST**

LANA ŠIKIĆ

Kneza Novaka 14, Gospić, lana.cindric@gmail.com

Pod obnovljive izvore energije ubraja se energija koja se obnavlja iz prirodnih izvora kao što su sunčeva svjetlost, voda, vjetar, plima i oseka, geotermalni izvori i biomasa. To su izvori energije koji se konstantno obnavljaju i to u kratkom vremenskom roku. Nasuprot tome, goriva kao što su ugljen, nafta i prirodni plin su neobnovljivi, te imaju veću emisiju CO<sub>2</sub> i štetniji su za okoliš. Obnovljivi izvori energije neće ponestati, dok ostali izvori će biti potrošeni, ili će postati preskupi. Solarna energija dolazi od Sunca koje je najveći i najmoćniji izvor energije. Većina oblika obnovljivih izvora energije dolaze izravno ili neizravno iz Sunca. Solarne tehnologije su široko karakterizirane ili kao pasivne solarne ili aktivne solarne, ovisno o načinu sakupljanja, pretvaranja i distribuiranja sunčevog svjetla. U budućnosti solarna energija bit će vrlo važna kao oblik čiste obnovljive energije, premda još uvijek solarni i drugi obnovljivi izvori energije se ne upotrebljavaju u mjeri u kojoj bi trebali.

(59 stranica / 10 slika / 2 tablice / 40 literaturnih navoda / jezik izvornika: hrvatski)

Rad je pohranjen u: Knjižnici Veleučilišta u Šibeniku

Ključne riječi: energija, obnovljivi izvori, Sunčeva energija

Mentor: Dr. sc. Mili Razović

Rad je prihvaćen za obranu:

## **SOLAR ENERGY AND SOLAR INNOVATION FOR THE FUTURE**

LANA ŠIKIĆ

Kneza Novaka 14, Gospić, lana.cindric@gmail.com

Under the renewable energy sources is one of the energy that is updated from natural sources such as sunlight, water, wind, tidal, geothermal and biomass. These are the energy sources that are replenished constantly and in a short period of time. In contrast, fuels such as coal, oil and natural gas are non-renewable, and have higher CO<sub>2</sub> emissions and harmful for the environment. Renewable energy will not run out while other sources will be spent, or it will become too expensive. Solar energy comes from the Sun, which is the largest and most powerful energy source. Most forms of renewable energy coming directly or indirectly from the Sun. Solar technologies are broadly characterized as either passive solar or active solar depending on the method of collection, conversion and distribution of sunlight. In the future, solar energy will be very important as a form of clean renewable energy, although still solar and other renewable energy sources are not used to the extent they should.

(59 pages / 10 figures / 2 tables / 40 references / original in: Croatian language)

Paper deposited in: Library of Polytechnic in Šibenik

Keywords: energy, renewable, solar energy

Supervisor: Dr. sc. Mili Razović

Paper accepted:

# 1. UVOD

U današnje vrijeme sve više se teži ekološkoj proizvodnji energije iz obnovljivih izvora energije. Obnovljivi izvori energije su izvori energije koji se dobivaju iz prirode te se mogu obnovljati. Najčešće se koriste energija Sunca, vjetra i vode. Neznatan dio energije Sunčeva zračenja uzrokuje nastajanje valova i vodenih strujanja u morima i oceanima te stvaranje vjetra i zračnih strujanja u atmosferi, a također i zanemariv dio služi u fotosintezi za proizvodnju biomase. Većina tehnologije obnovljivih izvora energije se na direktan ili indirektan način napaja iz Sunca. Postoje dva osnovna načina upotrebe sunčeve energije: prvi je pretvorba u toplinsku energiju, a drugi je pretvorba u električnu. Sunčeva energija se može na više načina pretvoriti u električnu energiju. Najjednostavnija je izravna pretvorba pomoću Sunčevih ćelija. Princip rada Sunčevih ćelija temelji se na fotonaponskom efektu. Korištenjem sunčeve energije smanjuje se potreba za fosilnim gorivima, kao i onečišćenje okoliša prouzročeno njihovim izgaranjem. Tehnologija korištenja sunčeve energije ne proizvodi stakleničke plinove koji uzrokuju globalno zatopljenje i ne proizvodi radioaktivni otpad. Svi su izvori energije, osobito obnovljivi, samo različite pretvorbe i oblici energije Sunčeva zračenja. Posljednjih godina postoji sve veći interes za obnovljive energetske izvore, osobito za sunčevu (solarnu) energiju.

Problem istraživanja ovog rada odnosi se na nedovoljnu iskorištenost energije Sunca zbog preskupih tehnologija pretvorbe Sunčeve energije u korisne oblike energije čime bi se omogućila njena masovna primjena i iskorištenost. Predmet istraživanja je istaknuti važnost Sunca i sunčeve energije u svakidašnjem životu čija je energija gotovo neiscrpna te se može iskoristiti na mnogo različitih načina.

Svrha ovog rada je isticanje važnosti iskoristivosti obnovljivih izvora energije s posebnim naglaskom na energiju Sunca i moderne načine njezina iskorištavanja.

Rad je podijeljen u tri glavne cjeline; uvod, razrada teme i zaključak. U uvodu se opisuje problem i predmet rada te svrha istraživanja rada. Cilj uvodnog dijela je zainteresirati čitatelje za zadanu temu, objasniti važnost razumijevanja ove tematike te identificirati temeljne elemente koji će se obrađivati u razradi.

Naslov drugog dijela rada je „*Pojmovno određenje energije i klasifikacija oblika energije*“. U tom dijelu je definirana energija, kao i njezina podjela na prirodne, transformirane i finalne oblike energije.

„*Temeljna obilježja i tehnologija obnovljivih oblika energije*“ je naslov trećeg dijela u kojemu su predloženi obnovljivi oblici kao i interesi Republike Hrvatske u razvoju i iskorištavanju obnovljivih izvora energije.

U četvrtom dijelu rada s naslovom „*Značaj i načini korištenja energije Sunca*“ kronološki je prikazano korištenje energije Sunca kroz povijest, te su detaljno razrađeni moderni načini korištenja energije Sunca putem solarnih kolektora, fotonaponskih ćelija i fokusiranjem sunčeve energije. Također, istaknute su i neke od solarnih inovacija za budućnost kao i sufinanciranje projekata za izgradnju solarnih panela u Republici Hrvatskoj, te nedovoljna iskorištenost energije Sunca u Ličko-senjskoj županiji.

U petom dijelu rada daje se *zaključak* u kojem se daje zaključno mišljenje cijelog rada.



## **2. POJMOVNO ODREĐENJE ENERGIJE I KLASIFIKACIJA OBLIKA ENERGIJE**

Energija je u tvarima – u Zemlji i njezinu bližem okolišu (ugljen, nafta, prirodni plin, nuklearno gorivo, vodne i zračne mase i druge tvari iz skupa novih izvora energije), u energetskej aktivnosti tvari Sunca, te u gravitacijskom djelovanju masa Zemlje, Sunca i Mjeseca. Kako bi se energija iskoristila, moraju se te tvari steći, prikupiti, pridobiti i privesti energetskim uređajima ili te uređaje izložiti njihovu djelovanju. To je predmet opskrbe energijom, a otkrivanje tih tvari i smišljanje tih uređaja, povijest je energetike. Svi energetskei procesi, kojima osmišljeno upravlja čovjek ili ih je smišljeno uspostavio, zbivaju se tako da se energija sadržana u nekom izvoru energije, tokom jedne ili više transformacija njezinog oblika, usmjeri nekoj posebnoj svrsi. Pri tome se dio početne energije pretvori u drugi oblik, usmjeri na drugo mjesto ili se prirodnim razlozima ne može iskoristiti. Ukupni zbroj svih nastalih oblika energije jednak je ukupnom zbroju svih uloženi oblika energije.

### **2.1. Definiranje energije**

Energija je sposobnost nekog tijela da vrši rad. Ljudi su tisućama godina koristili energiju vlastitih mišića. Kasnije su počeli pripitomljavati životinje s kojima su obavljali razne poslove; vuču kola, pluga, dizanje tereta, pokretanje primitivnih mašina i slično. Tek poslije mnogo vremena čovjek je otkrio i druge oblike energije.

Energija je glavni pokretač tehnološkog razvoja. Zahvaljujući industrijalizaciji i porastu broja stanovnika potreba za energijom iz godine u godinu eksponencijalno se povećava. Na početku ovog stoljeća, obnovljivi izvori energije imaju sve veću ulogu u svjetskoj proizvodnji energije, dok je štetan utjecaj velikog korištenja fosilnih goriva na životnu sredinu sve očigledniji [25].

Energija je sposobnost obavljanja rada te se ne može ni iz čega stvoriti niti uništiti. Čovjek je svjestan njezine prisutnosti kad se zbivaju pretvorbe njezina oblika jer tada se nešto mijenja, kreće se, zagrijava ili hladi, svijetli ili zvuči, mijenja položaj, oblik, stanje i sastav [19]. U tim i takvim primjerima, energija prelazi iz jednog prostora u drugi, s jedne tvari na drugu u istom ili promijenjenom obliku.

Svi energetskei procesi, kojima je smišljeno upravlja čovjek ili ih je smišljeno uspostavio, zbivaju se tako da se energija sadržana u nekom izvoru energije, tokom jedne ili više

transformacija (preobrazba, promjena, pretvorba, konverzija) njezina oblika usmjeri nekoj posebnoj svrsi. Međutim, iskorištena energija ne nestaje tim iskorištavanjem, ona se u konačnici pretvori u oblik iz kojeg se više ne može, ili ne želi, preobražavati u druge oblike.

Ono što se uobičajeno naziva proizvodnjom nekog oblika energije, zapravo je [19]:

- *pridobivanje* nekog primarnog, prirodnog oblika energije (kaže se: proizvodnja ugljena, primjerice, a zna se kako je to u stvari pridobivanje davno „*proizvedenog ugljena*“) ili
- *transformacija*, pretvorba nekog oblika energije u drugi, tada je donekle primjerenija primjena termina *proizvodnja energije*.

Ono što se najčešće naziva potrošnjom energije, zapravo je iskorištenje većeg ili manjeg dijela energije uložene u energetske procese, po obliku – mjestu – svrsi radi kojih je proces uspostavljen. Odnosno, najtočnije bi bilo govoriti o korištenju energijom, a ne potrošnji energije, no uobičajeno je to zvati drugim načinom.

Ono što se naziva gubicima energije dio je uložene energije u energetske procese koji nije iskorišten na poželjan način. Energija se ne gubi nego njezin stanoviti (neizbježni) dio nije pretvoren u željeni koristan oblik, već u neki drugi neželjeni oblik. Gubici su razlika između proizvedene energije i poželjno iskorištene energije u nekom razdoblju nekog oblika energije ili svih oblika energije, na nekom promatranom prostoru (primjerice, na teritoriju neke zemlje ili području djelovanja nekog energetskeg poduzeća) ili u nekom energetskeg procesu [19]. Energija dolazi u različitim oblicima, odnosno u prirodnim, transformiranim i finalnim oblicima energije koji su detaljnije pojašnjeni u nastavku.

## **2.2. Prirodni oblici energije**

Prirodni su oblici energije oblici koji se pojavljuju u prirodi, a s obzirom na njihovu obnovljivost mogu se podijeliti u dvije skupine [34]:

1. prirodni oblici koji se ne obnavljaju,
2. prirodni oblici koji se obnavljaju.

Prema fizikalnim svojstvima, prirodni se oblici energije mogu podijeliti na nosioce [34]:

- a) kemijske energije: drvo i otpaci, ugljen, sirova nafta, zemni plin, uljni škriljavci, biomasa, bioplin,
- b) nuklearne energije: nuklearna goriva,

- c) potencijalne energije: vodne snage, plima i oseka,
- d) kinetičke energije: vjetar, energija struja i morskih valova,
- e) toplinske energije: geotermička, toplinska energija mora,
- f) energija zračenja: Sunčevo isijavanje.

Prirodni oblici se vrlo rijetko bez pretvorbe mogu iskoristiti, kao korisni oblici energije, pa je za njihovu upotrebu najprije potrebno obaviti pretvorbe u pogodniji oblik energije. Pretvorbe prirodnih oblika poželjne su i zbog toga što je vrlo često tehnički i ekonomski povoljnije koristiti se pretvorbenim oblicima, ili zbog manjeg i jednostavnijeg transporta. Međutim često se događa da se već pretvoreni oblik energije mora pretvoriti da bi se dobio korisni oblik energije.

Najčešći oblici pretvorbi prirodnih oblika u pretvorene oblike energije su [34]:

- a) isplinjavanje – pretvorba prirodnih oblika u pretvorbene oblike energije,
- b) rasplinjavanje – kemijska pretvorba prirodnog oblika energije u prikladnije oblike,
- c) izgaranje – proces pretvorbe kemijske energije u unutrašnju energiju,
- d) destilacije (rafinerije) – pretvorbe sirove nafte u derivate (rafinerijski plin, ukapljeni plin, laki i teški derivati),
- e) degazolinaže – pretvorbe u kojima se odvijaju laki od teških ugljikovodika,
- f) nuklearne reakcije – pretvorbe nuklearne energije u unutrašnju energiju nosilaca energije,
- g) turbinske pretvorbe – pretvorbe potencijalne energije (vodotoka, te plima i oseke), kinetičke energije (vjetar i morski valovi), geotermičke i toplinske energije mora u mehaničku energiju,
- h) zračenje – Sunčevo isijavanje i zračenje topline iz geotermičke energije (vrući izvori).

Mogu se pojaviti i različite kombinacije pretvorbi pa je zbog toga uvijek potrebno slijediti tijek oblika energije od njegove pojave do njegove potrošnje. Prema navedenom, u tablici 1. se navode pojedini nosioci energije te odgovarajući izvori i načini pretvorbi.

Prirodni oblici predstavljaju one oblike energije kakvi se susreću u prirodi. Dijele se na [32]:

- a) konvencionalne (ogrjevno drvo, ugljen, sirova nafta i prirodni plin, vodne snage, nuklearna goriva i vrući izvori) i
- b) nekonvencionalne (uljni škriljavci i bituminozni pijesak - nekonvencionalni nafta i plin, energija plime i oseke i valova, energija vjetra, sunčeva energija).

Uobičajeno se još prirodni plin, nafta i ugljen nazivaju fosilnim gorivima i to bez obzira bili oni konvencionalnog ili nekonvencionalnog porijekla. Također u grupi nekonvencionalnih izvora nalaze se i obnovljivi izvori energije poput energije Sunca, vjetra, plime i oseke i valova, dok vrući, odnosno geotermalni izvori, iako obnovljivi, pripadaju grupi konvencionalnih.

Dakle, prirodni oblici predstavljaju oblik kakav se nalazi u prirodi i koji ako se govori o konvencionalnim izvorima i oni u tom obliku mogu ostati pohranjeni ili neiskorišteni.

Tablica 1. Pretvorbe prirodnih oblika energije

<i><b>NOSIOCI ENERGIJE</b></i>	<i><b>IZVORI ENERGIJE</b></i>	<i><b>PRETVORBE ENERGIJE</b></i>
<b>Kemijska energija</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ugljen</li> <li>- nafta</li> <li>- zemni plin</li> <li>- drvo i otpaci</li> <li>- biomasa</li> <li>- biopljin</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>isplinjavanje</li> <li>rasplinjavanje</li> <li>izgaranje</li> <li>destilacije</li> <li>degazolinaže</li> </ul>
<b>Nuklearna energija</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- nuklearna goriva</li> </ul>	nuklearne reakcije
<b>Potencijalna energija</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- vodne snage</li> <li>- plima i oseka</li> </ul>	turbinske
<b>Kinetička energija</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- vjetar</li> <li>- morske struje</li> <li>valove</li> </ul>	pretvorbe
<b>Toplinska energija</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- toplina mora</li> <li>- vrući izvori</li> <li>- unutrašnja toplina Zemlje</li> </ul>	prijelaz topline
<b>Energija zračenja</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sunčevo zračenje</li> </ul>	fotoćelije

Izvor: Udovičić B, *Energetika*, Školska knjiga, Zagreb, 1993., str. 20.


Da bi se iz prirodnih oblika dobili tehnički iskoristivi oblici energije moraju se podvrgnuti energetske transformacijama kao što je i vidljivo iz tablice 1. Za svaki oblik prirodne energije postoji odgovarajuća transformacija koja ovisi o tome koje je vrste energije pojedini oblik nositelj, ili jednostavno rečeno zašto nešto predstavlja izvor energije. Tako su fosilna goriva i drvo nositelji kemijske energije jer posjeduju gorive elemente koji će kroz kemijsku reakciju dati drugi oblik energije. Vodne snage, plima i oseka i valovi su nositelji potencijalne energije koji će se u odgovarajućim strojevima - turbinama pretvoriti u mehanički rad, Sunce je nositelj energije zračenja koja će u solarnom kolektoru pretvoriti u toplinu ili u fotonaponskoj ćeliji u

električnu energiju, a vjetar je nositelj kinetičke energije će se u rotoru vjetroturbine pretvoriti u mehanički rad.

### 2.2.1. Neobnovljivi izvori energije

Prirodni oblici koji se ne obnavljaju su neobnovljivi izvori energije, odnosno oni izvori čijim se iskorištenjem nepovratno smanjuju zatečene zalihe na Zemlji. Termin „*neobnovljivi izvori*“ energije odnosi se na sve potencijalne nosioce nekog vida energije koji su stvoreni u nekom prošlom vremenu, a sada se ne mogu obnoviti, odnosno ne mogu se regenerirati niti ponovo proizvesti. Najveći udio (85 - 90%) neobnovljivih izvora energije čine fosilna goriva.

U neobnovljive izvore energije ubrajaju se [12]:

- nuklearna energija,
  - ugljen,
  - nafta i
  - prirodni plin.
- 
- The diagram shows a list of four energy sources: 'nuklearna energija', 'ugljen', 'nafta i', and 'prirodni plin.'. A blue bracket on the right side of the list groups the last three items ('ugljen', 'nafta i', 'prirodni plin.') together. To the right of this bracket is a blue-bordered box containing the text 'FOSILNA GORIVA'.

Samo ime fosilna goriva govori o njihovom nastanku. Prije mnogo milijuna godina ostaci biljaka i životinja počeli su se taložiti na dno oceana ili na tlo. S vremenom je te ostatke prekrilo sloj blata, mulja i pijeska. U tim uvjetima razvijale su se ogromne temperature i veliki pritisci, a to su idealni uvjeti za pretvorbu ostataka biljaka i životinja u fosilna goriva.

Gledano iz ekološkog aspekta, *ugljen* je najopasniji izvor energije. Ugljen je, kao i svi fosilni izvori energije, najvećim dijelom sačinjen od ugljika i vodika. Unutar ugljena zarobljene su i neke nečistoće, kao na primjer sumpor i dušik. Kad ugljen sagorijeva, te nečistoće otpuštaju se u atmosferu. Ugljen je najvećim dijelom sačinjen od ugljika. Kad ugljen sagorijeva ugljik se miješa sa kisikom iz zraka i na taj način formira ugljični dioksid. Ugljični dioksid je plin bez boje i mirisa, a u atmosferi je jedan od stakleničnih plinova [12].

*Nafta* je nastala iz ostataka biljaka i životinja koje su živjele prije mnogo milijuna godina u vodi. Ostaci su se počeli taložiti na dno oceana i s vremenom ih je pokrio pijesak i mulj koji je stvarao ogromne pritiske i visoke temperature. U tim prilikama nastali su sirova nafta i prirodni plin [12]. Danas se buše kroz debele slojeve pijeska, mulja i stijena da bi došli do nalazišta nafte. Veliki problem prilikom bušenja i transporta je mogućnost isticanja nafte u okoliš. Nove tehnologije omogućavaju povećanje preciznosti kod pronalaženja nafte, a to rezultira manjim brojem potrebnih bušotina.

*Prirodni plin* nema boje, okusa, mirisa ni oblika u svojoj prirodnoj formi, pa je prema tome ljudima neprimjetan. U mnogo slučajeva prirodni plin je idealno fosilno gorivo jer je prilično čist, jednostavan za transport i komforan za upotrebu. Za razliku od nafte i ugljena, prirodni plin ima veći omjer vodik/ugljik pa prema tome ima manju emisiju ugljičnog dioksida u atmosferu za istu količinu energije [12]. Prirodni plin se pronalazi u različitim podzemnim formacijama. Neke su formacije teže i skuplje za iskorištavanje, ali ostavljaju prostor za poboljšanje opskrbe plinom u budućnosti. Nakon što se prirodni plin izvuče na površinu, preko sustava plinovoda se dovodi u spremnike, a nakon toga i do krajnjih potrošača.

*Nuklearne elektrane* ne ispuštaju ugljični dioksid, ali nakon upotrebe nuklearno gorivo je izuzetno radioaktivno i potrebno ga je skladištiti više desetaka godina (najradioaktivnije i više stotina godina) u sigurnim betonskim bazenima ili podzemnim bunkerima. U normalnim uvjetima nuklearna energija je vrlo čisti izvor energije, ali potencijalna opasnost neke havarije sve više smanjuje broj novoinstaliranih nuklearnih elektrana [12]. Kao i svi procesi proizvodnje energije iz neobnovljivih izvora i nuklearne elektrane proizvode otpad. Kod njih je to radioaktivni otpad i vruća voda. Radioaktivni otpad dijeli se na dvije osnovne kategorije [12]: nisko - radioaktivni i visoko - radioaktivni otpad. Većina nuklearnog otpada je nisko radioaktivni otpad. To su: obično smeće, alati, zaštitna odjela i ostalo. Pravi problem kod nuklearnih elektrana je ostatak iskorištenog goriva koji je visoko-radioaktivni otpad i mora se mora skladištiti u specijalnim bazenima ili u suhim kontejnerima. Starije i manje radioaktivno gorivo skladišti se u suhim skladištima. Iako su nuklearne elektrane bezazlene za okoliš ukoliko se sve radi po pravilima, velika prijetnja okolišu je mogućnost katastrofe prilikom nepravilnog korištenja. U posljednje vrijeme sve je manji utjecaj čovjeka na proces u nuklearnoj elektrani jer su se računala pokazala pouzdanija za obavljanje nekih radnji koje ne zahtijevaju konstruktivno razmišljanje.

### 2.2.2. *Obnovljivi izvori energije*

Prirodni oblici energije koji se obnavljaju ne mogu se s vremenom istrošiti jer se neprestano obnavljaju, iako je moguće potpuno iskoristiti potencijale nekih prirodnih obnovljivih oblika energije. Potencijalne mogućnosti prirodnih oblika energije koji se obnavljaju s vremenom se mijenjaju, što znači da je snaga tih energetske izvora funkcija vremena i da ona nije konstantna [34]. Te promjene mogu biti vrlo brze (snaga vjetra), brze (snaga plime i oseke), polagane (vodene snage) i vrlo polagane (toplina mora).

Većinu prirodnih oblika energije koji se obnavljaju nije moguće uskladištiti u obliku u kojemu se pojavljuju u prirodi (vjetar, plima i oseka, zračenje Sunca) pa ih treba iskoristiti u trenutku kada se pojavljuju. Jedino se može uskladištiti voda u vodotocima (akumulacijski bazeni). Zbog promjenjivosti snage takvim se prirodnim oblicima energije ne mogu zadovoljiti potrebe potrošača jer se one najčešće ne poklapaju s mogućnostima iskorištavanja, pa su potrebni drugi oblici energije kako bi se uskladile potrebe i proizvodnja.

Od prirodnih oblika koji se obnavljaju u svojem prirodnom obliku na veće udaljenosti mogu se prevesti samo drvo, otpaci i biomasa [34].

Obnovljivi izvor energije je onaj čiji se dotok svake godine ponavlja uz stanovita odstupanja. Naime, svi su ostali izvori energije u dalekoj konačnici neobnovljivi. Jedino su oni, čija je pojava vezana uz tekuću energetska aktivnost Sunca (fuzijski nuklearni procesi u njegovoj nutrini), odnosno uz kretanja nebeskih tijela, toliko dugovječni da su s današnjeg ljudskog stajališta praktički neiscrpni.

U obnovljive, neiscrpne izvore energije svrstavaju se [19]:

- neposredno iskorištenje sunčeva zračenja (solarna ili sunčeva energija),
- vodne snage (neovisno o tome u kako se velikim hidroelektranama iskorištavaju), hidroenergija;
- energija vjetra (eolska energija),
- energija morskih valova i morskih struja,
- unutarnja toplina vode (mora), zraka i tla (sve je to posredno, preobraženo, sunčeva energija ili toplina iz Zemljine jezgre),
- energija plime i oseke (morskih mijena, uvjetovanih kretanjem Zemlje, Mjeseca i Sunca),
- energija biomase (uključivo ogrjevno drvo), koja se može koristiti na obnovljivi način, tako da ukupni trošak u pojedinom razdoblju bude jednak ili manji od prirasta biomase u tom razdoblju;
- energija sadržana u otpadu (biorazgradivom komunalnom i industrijskom te biljnom i životinjskom) koji je također obnovljiv njegov se prosječni godišnji dotok obnavlja, čak eventualno povećava,
- energija bioplina, nastaje fermentacijom ekskrementa domaćih životinja te organskih otpadaka iz kućanstava, vrtlarstva, voćarstva, poljoprivrede i industrije,
- unutarnja toplinska energija iz Zemlje, vrući izvori ili geotermalna energija iscrpiva je, no prema ljudskom poimanju se svrstava u obnovljive izvore.

Energija iz obnovljivih izvora je energija nefosilnih izvora: vjetra, sunčeva zračenja, aerothermalna, geothermalna, hidrothermalna i oceanska energija, energija vodenih snaga, biomase, deponijskog plina (plina s odlagališta otpada), kanalizacijskog plina i bioplina.

U takve izvore spadaju [19]:

- a) *aerothermalna energija* je toplina sadržana u okolišnom zraku,
- b) *geothermalna energija* je toplina sadržana ispod površine čvrstog tla,
- c) *hidrothermalna energija* je toplina površinske vode,
- d) *oceanska energija* je energija u obliku površinskih morskih valova, morskih struja, morskih mijena (plime i oseke), toplinska energija na osnovi gradijenta temperature te energija na osnovi osmoze voda različitih saliniteta,
- e) *biomasu* čine biorazgradive frakcije proizvoda, šuma i bioloških ostataka poljoprivredne proizvodnje (uključujući biljne i životinjske tvari), šumarstva i povezane industrije, uključujući ribarstvo akvakulturu, kao i biorazgradive frakcije industrijskog i komunalnog otpada,
- f) *tekuće biološko gorivo* je tekuće gorivo za energetske svrhe, osim za prijevoz, uključujući za električnu energiju te grijanje i hlađenje, proizvedeno iz biomase,
- g) *biogorivo* je tekuće ili plinovito gorivo za prijevoz, proizvedeno iz biomase (bioalkohol/bioetanol, biodizel, bioplin),
- h) *bioplin* je plinovito gorivo nastalo anaerobnom razgradnjom ili fermentacijom organskih tvari.

Iz obnovljivih izvora energije dobiva se 18% ukupne svjetske energije, ali je većina od toga energija dobivena tradicionalnim iskorištavanjem biomase za kuhanje i grijanje - 13 od 18%. Od velikih hidroelektrana dobiva se dodatnih 3% energije. Prema tome, tradicionalni obnovljivi izvori energije čine takozvani "*novi izvori energije*" [24] koji proizvode samo 2,4% ukupne svjetske energije. Naime, 1,3% otpada na instalacije za grijanje vode, 0,8% na proizvodnju električne energije i 0,3% na biogoriva. Taj udio u budućnosti treba znatno povećati jer neobnovljivih izvora energije ima sve manje, a i njihov štetni utjecaj sve je izraženiji u zadnjih nekoliko godina. Sunce isporučuje Zemlji 15 tisuća puta više energije nego što čovječanstvo u sadašnjoj fazi uspijeva potrošiti, ali usprkos tome neki ljudi na Zemlji se smrzavaju.

Razvoj obnovljivih izvora energije (naročito od vjetra, vode, Sunca i biomase) važan je zbog nekoliko razloga [28]:

- obnovljivi izvori energije imaju vrlo važnu ulogu u smanjenju emisije ugljičnog dioksida (CO<sub>2</sub>) u atmosferu. Smanjenje emisije CO<sub>2</sub> u atmosferu je politika



Europske unije, pa se može očekivati da će sve više zemalja Europe morati prihvatiti tu politiku;

- povećanje udjela obnovljivih izvora energije povećava energetske održivosti sustava. Također pomaže u poboljšanju sigurnosti dostave energije na način da smanjuje zavisnost o uvozu energetskih sirovina i električne energije;
- očekuje se da će obnovljivi izvori energije postati ekonomski konkurentni konvencionalnim izvorima energije u srednjem do dugom razdoblju.

Veliki udio u proizvodnji energije iz obnovljivih izvora rezultat je ekološke osviještenosti stanovništva, koje usprkos početnoj ekonomskoj neisplativosti instalira postrojenja za proizvodnju čiste energije. Države Europske unije (dalje u tekstu: EU) zadale su si jedan ambiciozan cilj da povećaju udio obnovljivih izvora energije 20% cjelokupne potrošnje energije u EU do 2020. godine.

### **2.3. Transformirani oblici energije**

Do korisnih oblika energije u današnjim energetske sustavima dolazi se uglavnom preko transformiranih (pretvorbenih) oblika energije, onih koji posreduju između primarnih i finalnih, odnosno konačno korisnih oblika. Transformirani su oblici [19]: *unutarnja toplinska energija, mehanička energija i električna energija*. U jedan od tih oblika zahvaća se prije konačnog iskorištenja energije. Transformirani oblici energije su oblici energije koji se mogu koristiti odmah ili su pogodni za transport na veće ili manje udaljenosti.

*Mehaničku energiju* nije moguće transportirati već se može koristiti samo na licu mjesta, a rezultat je pretvorbe unutarnje toplinske energije u parnim i plinskim turbinama, te u motorima s unutrašnjim izgaranjem. Mehaničku energiju moguće je ostvariti i vodnim i zračnim turbinama, izravno iz potencijalne i kinetičke energije vodnih snaga ili vjetra, energije plime i oseke te morskih valova.

*Toplinska energija* je uobičajeni transformirani oblik energije u koji se pretvara kemijska energija sadržana u gorivu, izgaranjem. Plinovi izgaranja nositelji su unutarnje toplinske energije. Pogodna je za prijenos na manje udaljenosti, a električna na velike udaljenosti zbog čega predstavlja vrlo kvalitetan oblik energije. Toplinska energija u korisnim oblicima energije dobiva se na način da se električna energija kao transformirani oblik u grijaču pretvori u toplinsku energiju ili u elektromotoru u mehaničku energiju. Time je iskorištena prednost prijenosa električne energije do korisnika i pretvorbu na mjestu i u oblik koji korisniku

(potrošaču) najviše odgovara. Također je toplinsku energiju kao korisni oblik za potrebe grijanja prostora moguće dobiti iz električne energije, iz transformiranog oblika ili izravno iz primarnog oblika, primjerice, grijanje kuće ili stana prirodnim plinom korištenjem vlastitog izvora toplinske energije - etažno grijanje) [32].

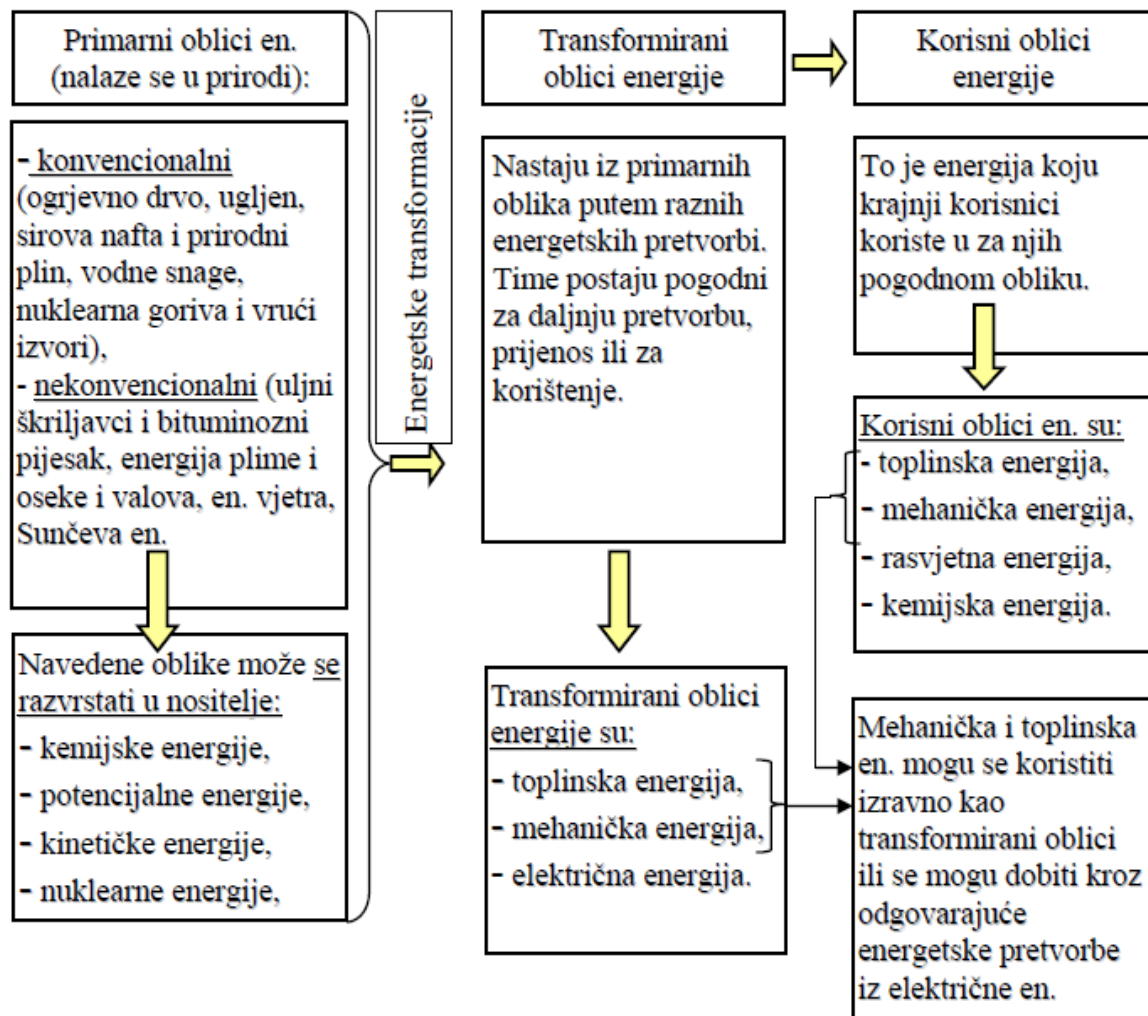
*Električna energija* je danas najprivlačniji oblik energije, a proizvodi se pretvorbom mehaničke rotacijske energije pogonskog stroja u električnim generatorima.

#### **2.4. Finalni oblici energije**

U energetske bilancama (svjetskim, kontinentalnim i nacionalnim) nije moguće iskazivati energiju prema njezinim korisnim oblicima. Kada se energija jednom preda na korištenje iz energetske gospodarstva, znani su samo oblici finalne potrošnje energije (kruta fosilna goriva, tekuća goriva, plinovita goriva, električna energija, toplina, ogrjevno drvo i ostali izravno preuzeti obnovljivi izvori energije – nekomercijalna goriva) u kojima je ta energija preuzeta radi korištenja, ali nije znano u koji se korisni oblik preobrazila kod svakog od brojenih kupaca – potrošača [19]. Kupci – potrošači se svrstavaju u poznate glavne sektore potrošnje i prema tim sektorima iskazuje se potrošena energija: industrija – promet – opća potrošnja. Općenita potrošnja najčešće se i dalje dijeli na potrošnju u kućanstvima i ostalu potrošnju (potrošnja poljoprivrede te javnih i privatnih usluga, komunalna potrošnja, javna rasvjeta, građevinarstvo i slično). Finalna potrošnja energije je energija koja se predala izravno korištenju, bez daljnjeg posredovanja unutar energetske gospodarstva, a naziva se još neposrednom potrošnjom energije. Finalna energija konačno se iskorištava u nekom od oblika korisne energije. Sve energetske pretvorbe popraćene su energetske gubicima uslijed nepovratnog procesa.

Iz navedenog je prikazano da energija dolazi u različitim oblicima, odnosno kao prirodni oblik, transformirani i finalni oblik energije. Prethodno opisani oblici energije i smjerovi energetske transformacije prikazani su radi preglednosti u shemi 1. Energetski tok kreće od primarnih do finalnih oblika energije, kao i njihova glavna obilježja i sudionici pojedinih glavnih skupina oblika energije.

## Shema 1. Oblici energije



Izvor: Sutlović I, *Oblici energije. Potrošnja energije u svijetu*,

[https://www.fkit.unizg.hr/download/repository/3\\_predavanje\\_Energetika\\_premaUE\\_prema\\_3\\_pred\\_u\\_Power\\_pointu%5B1%5D.pdf](https://www.fkit.unizg.hr/download/repository/3_predavanje_Energetika_premaUE_prema_3_pred_u_Power_pointu%5B1%5D.pdf), 12.03.2016.

Upotreba obnovljivih izvora energije vodi ka popularizaciji istih i proširenju njihove upotrebe širom svijeta. Ovaj razvoj daje važan doprinos zaštiti klime i poboljšanju kvalitete života u čitavom svijetu. Možda čak može pridonijeti i održanju globalnog mira. Prelazak sa konvencionalnih izvora energije na izvore energije budućnosti neće se dogoditi odjednom. Upravo zato treba neprekidno raditi na stvaranju čistog, sigurnog i neiscrpnog načina proizvodnje energije [24]. Primjerice, vjetar je prirodni izvor energije koji će uvijek biti raspoloživ, kao i solarna energija, snaga vode i biomase.

### **3. TEMELJNA OBILJEŽJA I TEHNOLOGIJA OBNOVLJIVIH OBLIKA ENERGIJE**

Većina tehnologije obnovljivih izvora energije se na direktan ili indirektan način napaja iz Sunca. Sastav Zemljine atmosfere je uravnotežen tako da je zračenje u svemir jednako pristiglom sunčevom zračenju što rezultira određenim energetske stupnjem unutar Zemljinog atmosferskog sastava i može se opisati kao Zemljina klima. Voda upije veći dio dolazećeg zračenja. Najviše zračenja se apsorbira pri maloj geografskoj širini u području oko ekvatora, ali se ta energija raspršuje u obliku vjetrova i morskih struja po cijeloj planeti. Kretanje valova moglo bi imati važnu ulogu u procesu pretvaranja mehaničke energije između atmosfere i oceana uzrokovano vjetrom. Sunčeva energija je također odgovorna za distribuciju padalina, koje su stvarane hidroelektričnim projektima, i za uzgoj biljaka koje su potrebne za proizvodnju biogoriva. Kao što je navedeno u prethodnom poglavlju, obnovljivi izvori uključuju prirodne fenomene kao što su sunčeva svjetlost, vodne snage, vjetar, valovi i plima i oseka, geotermalna energija i bioenergija. Svaki od ovih izvora ima jedinstvene karakteristike koje utječu na to kako i gdje su korišteni.

#### **3.1. Geotermalna energija**

Sunčeva radijacija glavni je pokretač većine obnovljivih izvora energije, ali ima i nekoliko izvora koji ne potiču od nje. To su geotermalna energija i energija koju možemo dobiti od plime i oseke. Svrstavanje geotermalne energije u obnovljive izvore opravdano je u širem smislu. Energija unutrašnjosti Zemlje nije obnovljiva, ali je ima toliko da za praktične primjene njeno eventualno iscrpljivanje nije važno. Povezanost geotermalne energije sa krutim, tekućim i plinovitim štetnim tvarima zahtjeva zatvoreni pristup korištenju da bi se osigurao relativno mali štetni utjecaj na okoliš.

Riječ „*geotermalno*“ vodi porijeklo od dvije grčke riječi, „*geo*“ (zemlja) i „*therme*“ (toplina) i znači „*toplina zemlje*“, pa se prema tome toplinska energija Zemlje naziva još i geotermalna energija [5]. Toplina u unutrašnjosti Zemlje rezultat je formiranja planeta iz prašine i plinova prije više od četiri milijarde godina, a radioaktivno raspadanje elemenata u stijenama kontinuirano regenerira tu toplinu, pa je prema tome geotermalna energija obnovljivi izvor energije. Osnovni medij koji prenosi toplinu iz unutrašnjosti na površinu je voda ili para, a ta

komponenta obnavlja se tako da se voda od kiša probija duboko po pukotinama i tamo se onda zagrijava i cirkulira natrag prema površini, gdje se pojavljuje u obliku gejzira i vrućih izvora.

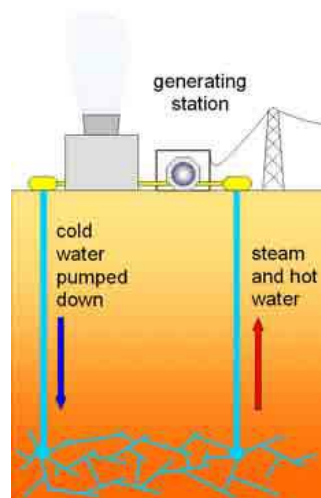
Da bi se geotermalna energija iskoristila, razvijene su mnoge tehnologije, ali pojednostavljeno mogu se izdvojiti dva osnovna načina [24]:

- direktno korištenje i
- indirektno korištenje.

*Direktno korištenje* znači korištenje vruće vode koja izbija iz podzemlja. Ono može biti raznoliko: od korištenja u toplicama, za grijanje kuća ili staklenika, za pojedine postupke u industriji (primjerice, pasterizacija mlijeka). Najveći geotermalni sustav koji služi za grijanje nalazi se na Islandu, odnosno u njegovom glavnom gradu Reykyaviku u kojem gotovo sve zgrade koriste geotermalnu energiju, te se čak 89% islandskih domaćinstava grije na taj način.

*Indirektno korištenje* geotermalne energije znači dobivanje električne struje. Ovdje se princip rada ne razlikuje bitno od klasičnih termoelektrana na ugljen ili mazut - razlika je samo u načinu na koji se dobiva vodena para. Zavisno od temperature vode (ili pare) u podzemlju razvijeno je nekoliko različitih tehnologija. Tu se koriste vruća voda i para iz Zemlje za pokretanje generatora, pa prema tome nema spaljivanja fosilnih goriva i kao rezultat toga nema ni štetnih emisija plinova u atmosferu, ispušta se samo vodena para. Na slici 1. prikazan je pojednostavljeni princip dobivanja električne energije iz geotermalnih izvora. Vruća para i voda koriste se za pokretanje turbina generatora, a iskorištena voda i kondenzirana para vraćaju se natrag u izvor.

**Slika 1. Dobivanje električne energije iz geotermalnih izvora**



Izvor: Izvori energije.com – portal o energiji, [http://www.izvorienergije.com/geotermalna\\_energija.html](http://www.izvorienergije.com/geotermalna_energija.html)  
15.03.2016.

Koriste se tri osnovna tipa geotermalnih elektrana [2]:

1. *Princip suhe pare (Dry steam)* – koristi se isključivo vruća para, tipično iznad 235°C (445°F). Ta para se koristi za direktno pokretanje turbina generatora. Ovo je najjednostavniji i najstariji princip i još uvijek se koristi jer je to daleko najjeftiniji princip proizvodnje električne energije iz geotermalnih izvora.
2. *Flash princip (Flash steam)* – koristi se vruća voda iz geotermalnih rezervoara koja je pod velikim pritiskom i na temperaturama iznad 182°C (360°F). Pumpanjem vode iz tih rezervoara prema elektrani na površini smanjuje se pritisak pa se vruća voda pretvara u paru i pokreće turbine. Voda koja se nije pretvorila u paru vraća se natrag u rezervoar zbog ponovne upotrebe. Većina modernih geotermalnih elektrana koristi ovaj princip rada.
3. *Binarni princip (Binary cycle)* – Kod binarnog principa vruća voda se koristi za grijanje tečnosti koja ima znatno nižu temperaturu ključanja od vode, a ta tečnost isparava na temperaturi vruće vode i pokreće turbine generatora. Prednost tog principa je veća efikasnost postupka, a i dostupnost potrebnih geotermalnih rezervoara je puno veća nego kod ostalih postupaka. Dodatna prednost je potpuna zatvorenost sustava budući da se upotrijebljena voda vraća nazad u rezervoar pa je gubitak topline smanjen, a gotovo da i nema gubitka vode. Većina planiranih novih geotermalnih elektrana koristiti će ovaj princip.

Geotermalna energija ima prednost pred tradicionalnim izvorima energije baziranim na fosilnim gorivima [5]. Glavna prednost geotermalne energije je to što je čista i sigurna za okolinu, te metoda kojom se dobiva električna energija, ne stvara emisije štetne za okolinu. Za razliku od hidroelektrana, geotermalni izvori zauzimaju mali prostor. Također, geotermalni su izvori vrlo pouzdani te ne ovise o meteorološkim utjecajima i najbitniji čimbenik je taj što geotermalni izvori smanjuju utjecaj efekta staklenika, odnosno ispuštanja velikih količina ugljikova (IV) oksida u atmosferu. Geotermalne elektrane se grade direktno na području gdje je izvor takvog oblika energije, te pružaju brzo i učinkovito 24-satno opskrbljivanje električnom i toplinskom energijom.

Od nedostataka geotermalne energije može se izdvojiti njezina slaba rasprostranjenost zbog malog broja lokacija prikladnih za iskorištavanje geotermalne energije, te gradnje geotermalnih elektrana [5]. Geotermalnu energiju je nemoguće transportirati, stoga se može koristiti samo za opskrbu obližnjih mjesta toplinom i električnom energijom. Jedan od glavnih problema je ispuštanje materijala i štetnih plinova iz dubine zemlje kao što je sumporovodik koji je vrlo

korozivan, te ga je vrlo teško odložiti. Nedostaci geotermalnih postrojenja možda se najbolje očituju u visokim investicijskim troškovima te vrlo skupoj tehnologiji i održavanju, te nedostatak geotermalne energije jest i to da nema dovoljno ulaganja u ovaj način dobivanja električne energije.

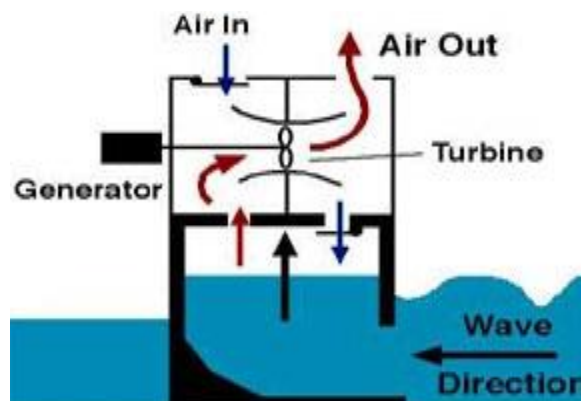
### 3.2. Energija valova, plime i oseke

Energija valova je oblik transformirane sunčeve energije koja stvara stalne vjetrove na nekim dijelovima Zemlje. Ti vjetrovi uzrokuju stalnu valovitost na određenim područjima i to su mjesta na kojima je moguće iskorištavanje njihove energije. Veliki problem kod takvog iskorištavanja energije je da elektrane treba graditi na pučini jer u blizini obale valovi slabe. To znatno povećava cijenu gradnje, ali nastaju i problemi prijenosa te energije do korisnika.

Zbog djelovanja vjetra na površinu vode u nekim zonama oceana stvaraju se veliki morski valovi koji se razlikuju po visini, dužini i brzini pri čemu ovisi i njegova energija. Svaki val nosi potencijalnu energiju uzrokovanu deformacijom površine i kinetičku energiju koja nastaje zbog gibanja vode. Energija valova obnovljiv je izvor, koji ovisi o vremenu (primjerice, veći valovi se javljaju u zimskim mjesecima) [25].

Na slici 2. se vidi princip pretvorbe energije valova u električnu energiju. Prema slici se vidi da se energija valova prvo pretvara u strujanje zraka, a taj vjetar pokreće turbinu. Amplituda valova mora biti velika da bi pretvorba bila učinkovitija.

Slika 2. Pretvorba energije valova u električnu energiju



Izvor: Obnovljivi izvori energije,

[http://www.pmfbl.org/majam/modeli\\_simulacije\\_ekologiji/seminarski%20radovi/obnovljivi\\_izvori\\_energije.pdf](http://www.pmfbl.org/majam/modeli_simulacije_ekologiji/seminarski%20radovi/obnovljivi_izvori_energije.pdf),  
15.03.2016.

Energija valova se direktno hvata ispod površine valova ili iz raznih fluktuacija pritisaka ispod površine. Tada ta energija može pogoniti turbinu, a najjednostavniji i najčešći način funkcioniranja je sljedeći: Val se diže u komori, a rastuće sile vode tjeraju zrak iz komore te tako pokretljivi zrak zatim pogoni turbinu, a koja onda pokreće generator.

Postoje mnoge razne tehnologije za iskorištavanje energije valova, no samo malen broj njih je ustvari komercijalno iskoristiv. Među najpopularnijim tehnologijama su „*terminator devices*“, „*point absorbers*“, „*attenuators*“ i „*overtopping devices*“ [14].

*Terminator devices (Terminator uređaji)* uobičajeno se nalaze na obali ili blizu same obale, a imaju princip rada gdje se šire perpendikularno s obzirom na smjer putovanja vala i gdje nakon što se snaga vala uhvati i reflektira, oscilirajući vodeni stupac se nakon toga giba poput klipa gore-dolje, tjerajući zrak kroz otvor povezan s turbinom.

*Point absorbers (Ciljani amortizeri)* su drugačija vrsta tehnologije koja uključuje plutajuće strukture sa komponentama koje se kreću u relaciji jedna prema drugoj zbog energije vala, te se onda stvara energija jer to kretanje tjera elektromehaničke ili hidrauličke pretvarače energije.

*Attenuators (Prigušivači)* su također plutajuće strukture koje su orijentirane paralelno s obzirom na smjer valova, a gdje razlika u visinama valova po dužini naprave, uzrokuje savijanje na mjestima gdje se dijelovi naprave spajaju, a to savijanje je spojeno sa hidrauličnom pumpom ili drugim pretvaračima za dalju transformaciju u korisne oblike energije.

*Overtopping devices (Dominantni uređaji)* imaju drugačiji princip rada te su oni ustvari rezervoari koji se pune nadolazećim valovima na nivoe iznad prosjeka onih od okružujućeg oceana, te nakon što se ispusti voda gravitacija ih tjera natrag prema površini oceana, te nakon toga ta energija pokreće vodene turbine.

Iako je potencijal energije valova neupitan postoje određeni aspekti koji se trebaju uzeti u razmatranje, a naročito problemi okoliša jer te tehnologije mogu imati negativan učinak na brojna morska staništa, a postoji i opasnost od izlivanja toksičnih tvari kao što su razne hidrauličke tekućine, stvaranje zvuka iznad i ispod vodene površine, promjene na morskom dnu, i slično.

Energija plime i oseke dolazi od gravitacijskih sila Sunca i Mjeseca. Ta se energija može dobivati tamo gdje su morske mijene izrazito naglašene. Princip je jednostavan i vrlo je sličan principu hidroelektrane [12]. Energija plime i oseke je ustvari forma hidroenergije koja iskorištava kretanja vode, a koja se događaju zbog morskih mijena, odnosno spuštanja i dizanja u razini mora. Energija plime i oseke se stvara zahvaljujući generatorima koji su ustvari velike



podvodne turbine postavljena u područja s velikim morskim mijenama, dizajnirana tako da uhvate kinetičko kretanje nadirućih morskih mijena, a kako bi se stvorila električna energija [14].

Na ulazu u neki zaljev postavi se brana i kad se razina vode digne propušta se preko turbine u zaljev. Kad se zaljev napuni brana se zatvara i čeka se da razina vode padne. Tad se voda po istom principu propušta van iz zaljeva. U jednostavnijem slučaju voda se propušta kroz turbine samo u jednom smjeru i u tom slučaju turbine su jednostavnije (jednosmjerne, a ne dvosmjerne).

Da bi energija plime i oseke funkcionirala na zadovoljavajućem nivou potrebni su vrlo veliki pomaci u mijenama, od barem 5 metara između plime i oseke, te ima vrlo malo mjesta koja bi zadovoljavala takve uvjete. Glavni problemi kod takvog iskorištavanja energije plime i oseke su nestalnost (treba čekati da se razina vode digne dovoljno, ili da padne dovoljno) i mali broj mjesta pogodnih za iskorištavanje takvog oblika energije.

Puno je prednosti vezano uz energiju plime i oseke, a neki od njih su da je ekološki prihvatljiv jer ne ispušta stakleničke plinove niti uzrokuje otpad, ne treba mu gorivo za pogon, a budući da su mijene totalno predvidljive može pouzdano proizvoditi energiju, a jednom kada se elektrana napravi nije toliko skupa za održavanje. No ima tu i negativnih strana, od kojih svakako najviše pozornosti plijene ogromni početni troškovi jer je riječ o vrlo masivnim projektima koji zahtijevaju velika područja. To može stvoriti velike ekološke probleme i uništiti mnoge ekosustave, naročite one od ptica jer one koriste razdoblje plime i oseke za pronalaženje hrane. Naravno tu je također i ograničeno dnevno vrijeme rada elektrane, tijekom samo 10 sati dok su povoljni uvjeti mijena [14].

### **3.3. Energija vjetra**

Vjetar je posljedica različita zagrijavanja atmosfere i površine Zemlje djelovanjem sunčeva zračenja. Dva su načina gibanja zraka [34]: vertikalno i horizontalno. Pri vertikalnom gibanju mase zraka idu u visinu, dok horizontalno gibanje zraka nastaje zbog razlika tlaka.

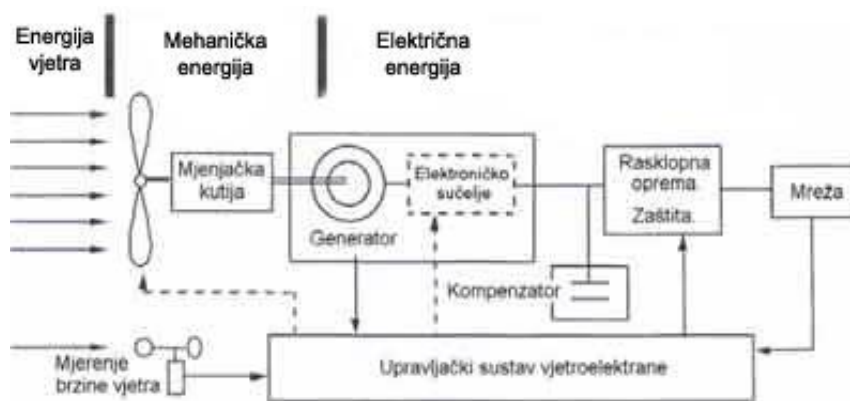
Energija vjetra je najbrže rastući obnovljivi izvor energije na svijetu. Kao i svi ostali izvori energije, tako i energija vjetra ima pozitivne i negativne strane. Najveći problem tih elektrana je efikasnost – to rezultira još manjom kompetitivnošću u odnosu na tradicionalna fosilna goriva, te energija vjetra je još uvijek relativno skupa opcija u usporedbi sa fosilnim gorivima.

Vjetar je prirodni izvor energije koji će uvijek biti raspoloživ, kao i solarna energija, snaga vode i biomase. Upotreba vjetra smanjuje potrebu za uvoženjem struje iz drugih zemalja što pojačava lokalnu ekonomiju i struja proizvedena iz energije vjetra nema kao nusprodukt nikakvih onečišćivača okoline, kao ni opasnosti za ljudske živote i nema opasnosti koje nastaju u transportu energenta s jednog mjesta na drugo. Tehnologija iskorištavanja energije vjetra je dostupna, sigurna i neprekidno napreduje, troškovi su znatno smanjeni i javno mišljenje ima izrazito pozitivan stav prema obnovljivim izvorima energije [24]. Energija vjetra nije samo obnovljivi izvor energije već stvara i radna mjesta u građevinskoj i proizvodnoj industriji.

Energija vjetra kao transformirani oblik sunčeve energije nastaje zbog težnje za izjednačavanjem tlakova zraka. Postoje dijelovi Zemlje na kojima pušu takozvani stalni (planetarni) vjetrovi i na tim područjima je iskorištavanje energije vjetra najisplativije. Dobre pozicije su obale oceana i pučina mora. Pučina se ističe kao najbolja pozicija zbog stalnosti vjetrova, ali cijene instalacije i transporta energije zaustavljaju takvu eksploataciju.

Sinonim pojmu „vjetroelektrana“ je pojam „vjetrenjača“ koja predstavlja zračnu turbinu koja pretvara kinetičku energiju strujanja vjetra u tehnološki iskoristiv mehanički rad, odnosno električnu energiju [24]. U Europi vidljivi su tragovi vjetrenjača od 9-og stoljeća. Nakon otkrića električne energije pojavili su se prvi vjetrogeneratori. Energija vjetra može biti korištena izravno ili može biti pretvorena u visokovrijednu, prilagodljivu i upotrebljivu električnu energiju. Princip pretvorbe i način priključivanja vjetrenjače na električnu mrežu prikazan je na shemi 2. Zbog početne ekonomske neisplativosti i nestalnosti vjetra, instalacija vjetroelektrana je privilegija koju sebi mogu priuštiti samo bogate zemlje, jer cijena izgradnje vjetroelektrane je veća od cijene izgradnje termoelektrane, ali razvojem tehnologija ta je razlika sve manja.

Shema 2. Priključivanje vjetroelektrane na električnu mrežu



Izvor: Izvori energije.com, [http://www.izvorienergije.com/energija\\_vjetra.html](http://www.izvorienergije.com/energija_vjetra.html), 15.03.2016.

Idealna vjetroelektrana je ona koja je locirana na mjestu koje ima povoljan vjetropotencijal, nalazi se blizu električne mreže, ima dobar cestovni pristup, a njena gradnja je u skladu s namjenom prostora i uvjetima zaštite okoline. Vjetroelektranu čini niz blisko smještenih vjetrogeneratora, najčešće istog tipa, izloženih istom vjetru i priključenih posredstvom zajedničkog rasklopnog uređaja na električnu mrežu [12].

Za energiju vjetra se kaže da je i energija budućnosti jer je vjetar obnovljivi izvor energije s velikim potencijalom, dostupan je svima i ne može se potrošiti.

### **3.4. Energija Sunčeva zračenja**

Energija sunčeva zračenja rasprostranjuje se po površini Zemlje ovisno o geografskoj širini, godišnjem dobu i dužini dana. Kada se govori o iskorištenosti sunčeva zračenja kao izvora energije, uvijek se misli na energiju zračenja koja dopire do Zemljine površine. Intenzitet sunčeva zračenja mijenja se u tijeku godine zbog promjena udaljenosti Zemlje od Sunca.

Pri prolazu kroz atmosferu dio sunčeva zračenja apsorbiraju plinovi (kisik, vodena para, ugljik - dioksid), dio se reflektira (na molekulama plinova, česticama prašine), a dio se reemitira. Dakle, smanjenje energije izravna sunčeva zračenja pri prolazu kroz atmosferu ovisi o atmosferskim prilikama (vedro, poluoblačno, oblačno), o zagađenosti atmosfere i o nadmorskoj visini [34].

Energija sunčeva zračenja ili solarna energija je obnovljivi izvor energije. Sunce je neposredno ili posredno, izvor gotovo sve raspoložive energije na Zemlji. Sunčeva energija potječe od nuklearnih reakcija u njegovom središtu, gdje temperatura doseže 15 milijuna °C. Radi se o fuziji, kod koje spajanjem vodikovih atoma nastaje helij, uz oslobađanje velike količine energije. Svake sekunde na ovaj način u helij prelazi oko 600 milijuna tona vodika, pri čemu se masa od nekih 4 milijuna tona vodika pretvori u energiju [24]. Ova se energija u vidu svjetlosti i topline širi u svemir pa tako jedan njezin mali dio dolazi i do Zemlje. Nuklearna fuzija odvija se na Suncu već oko 5 milijardi godina, kolika je njegova procijenjena starost, a prema raspoloživim zalihama vodika može se izračunati da će se nastaviti još otprilike 5 milijardi godina.

Iako se radi o golemim količinama energije sunčeva zračenja, ipak se u doglednoj budućnosti ne može očekivati znatnije zadovoljenje energetske potrebe iz energije sunčeva zračenja.

Znatniji su problemi pri upotrebi energije sunčeva zračenja [24]: mala gustoća energetske energije, oscilacija intenziteta zračenja u tijeku dana, ovisnost zračenja o klimatskim uvjetima, intenzitet zračenja se u pravilu poklapa s intenzitetom potrošnje, nemogućnosti nagomilavanja energije, kao i njezina neekonomičnost u usporedbi s ostalim izvorima energije.

Solarna energija može se izravno pretvarati u toplinsku energiju ili u električnu energiju, a to su zapravo korisni oblici energije. Električna energija je najkorisniji oblik energije današnjem čovječanstvu jer se može jednostavno pretvoriti u koristan rad.

Solarna energija predstavlja „motor“ za gotovo sve obnovljive izvore energije. Sekundarni izvori energije koje pokreće solarna energija, poput energije vjetra, energije valova, hidroenergije i biomase, čine većinu obnovljivih izvora energije na zemlji. Geotermalna energija i energija plime i oseke nisu sekundarni proizvod solarne energije jer bi postojale i bez solarnog zračenja.

Solarna energija je obnovljivi izvor energije jer se ne može potrošiti poput fosilnih goriva i vrlo čist izvor energije nakon instalacije jer nema štetnih emisija ili zagađenja nastalog zbog upotrebe solarnih panela ili solarnih ćelija.

Osnovni principi direktnog iskorištavanja energije Sunca su [12]:

- *Solarni paneli ili kolektori* – Solarna energija se pretvara u toplinsku energiju. Većinom se koristi za grijanje vode.
- *Fokusiranje solarne energije* – upotreba u velikim energetske postrojenjima.
- *Solarne ćelije* – Pretvaranje solarne energije izravno u električnu energiju.

Detaljnije o navedenim principima iskorištavanja energije Sunca je pojašnjeno u poglavlju 4.

### **3.5. Bioenergija**

Povijesno, čovjekov se razvoj može izravno utvrditi preko sustava biološke energije, početno preko nabave hrane, zatim hrane za životinje, materijala za kuće i energije za kuhanje i grijanje. Obnovljeno isticanje sustava biološke pretvorbe javlja se zbog činjenice da se solarna energija može izravno pretvoriti u pohranjivo gorivo (hrana i energija), a druge metode upotrebe solarne energije zahtijevaju odvojen sustav pohrane energije.

Biomasa se može definirati kao svi tipovi životinjskih i biljnih tvari koji se mogu pretvoriti u energiju. Biomasa uključuje drveće i grmlje, trave i alge, vodene biljke, poljoprivredne i šumske ostatke i sve oblike otpadaka [34].

Dobivanje energije biomase može se podijeliti u pet različitih izvora [24]: smeća, drvene mase, raznih otpada, otpadnih plinova i alkoholnih goriva.

Kada govorimo o biomasi za dobivanje bioenergije, možemo ju podijeliti na [23]: drvenu biomasu i ostalu biomasu biljnog porijekla, te organsku biomasu. Većina biljne biomase nastaje iz proizvoda i suproizvora biljaka šumskog i poljoprivrednog porijekla. Drvena biomasa uključuje drva za ogrjev, drva iz drveća s kratkom rotacijom, šumskih ostataka te ostataka drvene industrije. Ne-drvena biomasa dolazi iz poljoprivrede i uključuje različite nasade i ostatke poljoprivredne proizvodnje. Ostala organska biomasa uključuje životinjski otpad te različite tipove otpada iz kućanstva. Šumska i poljoprivredna vegetacija može se uzgajati specijalno za potrebe korištenja za proizvodnju bioenergije (primjerice, brzorastuće drveće i poljoprivredni usjevi poput uljne repice).

Korištenjem biomase dobiva se bioenergija koja se potom može koristiti kao toplinska energija, u obliku biogoriva ili se upotrijebiti za proizvodnju električne energije, a u svakoj varijanti je povoljnija za okoliš od korištenja fosilnih goriva. Ogrjevno drvo korišteno kao izvor topline na tradicionalan način, ubraja se dakako u konvencionalne izvore energije (jedini oblik energije u srednjem vijeku), a suvremeno njegovo korištenje pribraja se korištenju biomasom [23].

Sagorijevanje je najučestaliji način dobivanja bioenergije. Sagorijevanje biomase oslobađa toplinu koja se može, ili izravno koristiti za grijanje, ili se može upotrijebiti za proizvodnju električne energije. Plinifikacija je postupak kojim se biomasa pretvara u plin koji se potom koristi izravno kao plin ili za dobivanje drugih oblika energije kao što je električna energija [23]. Bioplin je rezultat anaerobne pretvorbe biomase ili biorazgradiva otpada. Također, biogoriva nastaju tehnološkom pretvorbom biomase ili biorazgradivog otpada. U širem smislu, korištenje bioplinom i biogorivima zapravo korištenje biomasom i otpadom. Biomasa predstavlja veći potencijal od korištenja vodnih snaga, vjetra ili geotermalne energije, ali ipak znatno manji od energije sunčeva zračenja [19].

Postoje razne tehnologije iskorištavanja energije iz biomase [21]: direktno zagrijavanje, pretvaranje topline u električnu energiju, pretvaranje u neki drugi oblik goriva poput tekućih biogoriva ili zapaljivog bioplina. Upotreba biomase ima svoje prednosti i nedostatke. Prednosti i nedostaci upotrebe biomase su prikazani u tablici 2.

Tablica 2. **Prednosti i nedostaci upotrebe biomase**

PREDNOSTI	NEDOSTACI
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rasprostranjene raspoložive količine.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Potrebne su velike površine za obnovu utrošene biomase.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Obnovljivi izvor energije.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Procesi sakupljanja, transporta i obrade biomase produciraju emisiju u okoliš.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Može se koristiti u obliku čvrstoga, tekućega ili plinovita goriva.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tehnologija korištenja biomase u velikim energetske sustavima još je u fazi razvoja.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Male emisije u prirodi.</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Obzirom na emisiju CO<sub>2</sub> smatra se neutralnim izvorom.</li> </ul>	

Izvor: Prelec Z, *Izvor energije – utjecaj na okoliš*,

[http://www.riteh.uniri.hr/zav\\_katd\\_sluz/zvd\\_teh\\_term\\_energ/katedra4/Inzenjerstvo\\_zastite\\_okolisa/2.pdf](http://www.riteh.uniri.hr/zav_katd_sluz/zvd_teh_term_energ/katedra4/Inzenjerstvo_zastite_okolisa/2.pdf),

16.03.2016.

Glavna prednost biomase u odnosu na fosilna goriva je njena obnovljivost i trajnost. Računa se da je opterećenje atmosfere s CO<sub>2</sub> pri korištenju biomase kao goriva zanemarivo, budući da je količina emitiranog CO<sub>2</sub> prilikom izgaranja jednaka količini apsorbiranog CO<sub>2</sub> tijekom rasta biljke.

U posljednje vrijeme sve više postaje očito da je današnji pristup energiji neodrživ. Od svih obnovljivih izvora energije, najveći se doprinos u bližoj budućnosti očekuje od biomase. Biomasa, kao i njezini produkti – tekuća biogoriva i bioplin, nije samo potencijalno obnovljiva, nego i dovoljno slična fosilnim gorivima da je moguća izravna zamjena [21].

### 3.6. Energija vode

Sunčeva energija koja dopire do Zemljine površine izaziva isparavanje vode (mora, jezera i rijeka), tla i bilja. U obliku vodene pare voda se diže do određenih visina na kojima se oblikuju oblaci. Vodena se para kondenzira i pada na Zemlju u obliku oborina.

Energija vode (*hidroenergija*) je najznačajniji obnovljivi izvor energije, a ujedno i jedini koji je ekonomski konkurentan fosilnim gorivima i nuklearnoj energiji.

Hidroenergija je snaga dobivena iz sile ili energije tekuće vodene mase, koja se može upotrijebiti u čovjeku korisne svrhe [36]. Prije nego što je komercijalna električna energija postala široko dostupna, energija vode se koristila za navodnjavanje i pogon raznih strojeva,

poput vodenica, strojeva u tekstilnoj industriji, pilana, lučkih dizalica ili dizala. Od početka 20. stoljeća, termin se koristi većinom u spoju s modernim razvojem hidroelektrične energije, što je omogućilo korištenje udaljenih izvora energije. Druga metoda je koristila kompresor, koji bi komprimirao zrak pomoću mlaza vode, a čija bi se energija zatim mogla koristiti za pogon strojeva udaljenih od vode.

U posljednjih 30-ak godina proizvodnja energije u hidroelektranama je utrostručena, ali hidroenergija ima svoja ograničenja [25]. Ne može se koristiti svuda jer podrazumijeva obilje brzo tekuće vode, a poželjno je i da je ima dovoljno cijele godine, jer se električna struja ne može jeftino uskladištiti.

Da bi se poništio utjecaj oscilacija vodostaja grade se brane i akumulacijska jezera. To znatno diže cijenu cijele elektrane, a i diže se razina podzemnih voda u okolici akumulacije. Razina podzemnih voda ima dosta utjecaja na biljni i životinjski svijet, pa prema tome hidroenergija nije sasvim bezopasna za okoliš. Procjenjuje se da je iskorišteno oko 25% svjetskog hidroenergetskog potencijala [16]. Većina neiskorištenog potencijala nalazi se u nerazvijenim zemljama, što je povoljno jer se u njima očekuje znatan porast potrošnje energije.

Hidroelektrane su postrojenja u kojima se potencijalna energija vode pretvara u mehaničku energiju vrtnje rotora, a zatim u električnu energiju u generatoru. Snaga koju hidroelektrana razvija ovisi o neto padu vode, odnosno razlici razine gornje vode (zahvat) i donje vode (turbina), umanjenom za hidrauličke gubitke prilikom protoka vode.

Prema načinu korištenja vode hidroelektrane se dijele na [17]:

- *akumulacijske,*
- *protočne,*
- *reverzibilne ili crpno-akumulacijske.*

*Akumulacijske hidroelektrane* su najčešći način dobivanja električne energije iz energije vode. Problemi nastaju u ljetnim mjesecima kad prirodni dotok postane premali za funkcioniranje elektrane. U tom slučaju se brana mora zatvoriti i potrebno je održavati bar nivo vode koji je biološki minimum. Veliki problem je i dizanje nivoa podzemnih voda.

*Protočne hidroelektrane* su one koje nemaju uzvodnu akumulaciju ili se njihova akumulacija može isprazniti za manje od dva sata rada kod nazivne snage. To znači da se skoro direktno koristi kinetička energija vode za pokretanje turbina. Takve hidroelektrane je najjednostavnije izvesti, ali su vrlo ovisne o trenutnom protoku vode. Prednost takve izvedbe je vrlo mali utjecaj na okolinu i nema dizanja nivoa podzemnih voda.

*Reverzibilne ili crpno-akumulacijske hidroelektrane* su hidroelektrane čija potrošnja električne energije ovisi od doba dana, dana u tjednu, godišnjem dobu i slično. Ove hidroelektrane slične su derivacijskim, ali protok vode je u oba smjera kroz derivacijski kanal. Kad je potrošnja energije mala voda se pumpa iz donjeg jezera u gornju akumulaciju. To se obično radi noću, jer je tada potrošnja energije najmanja. Danju se prebacuje na proizvodnju električne energije i tada se prazni gornja akumulacija.

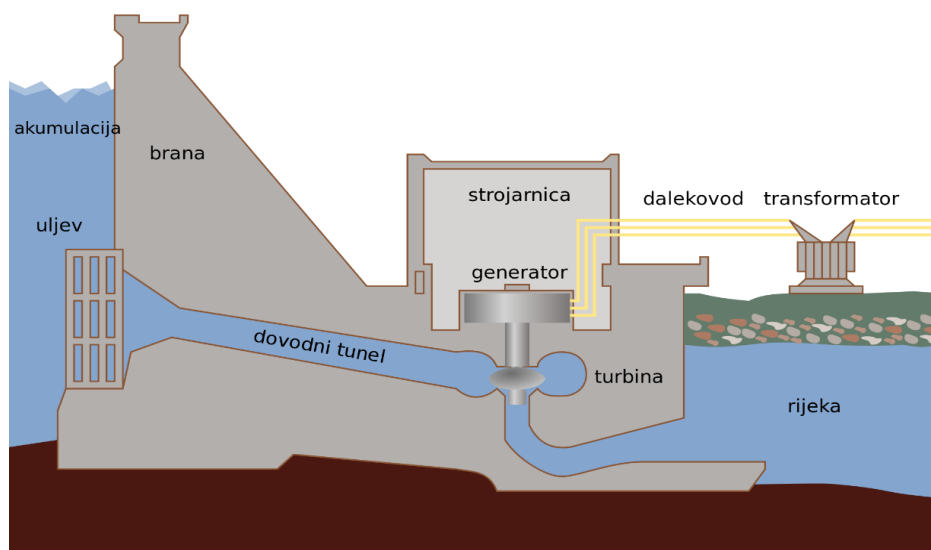
Prema visini pada vodotoka, odnosno visinskoj razlici između zahvata i ispusta vode hidroelektrane se mogu podijeliti na [17]:

- *niskotlačne* - pad do 25m,
- *srednjetlačne* - pad između 25m i 200m,
- *visokotlačne* - pad veći od 200m.

Prema udaljenosti strojarnice od brane hidroelektrane se dijele na:

- *pribranska hidroelektrana* - je vrsta akumulacijske hidroelektrane kod koje se strojarnica za proizvodnju nalazi u samoj pregradnoj brani. Primjer pribranske hidroelektrane prikazan je na slici 3.
- *derivacijska hidroelektrana* je vrsta akumulacijske hidroelektrane kod koje se strojarnica za proizvodnju energije nalazi izmještena na nekoj udaljenosti (nizvodno od brane), a voda se iz akumulacijskog jezera dovodi posebnim cijevima sa zahvata do strojarnice.

### Slika 3. Prikaz pribranske hidroelektrane



Izvor: Wikipedija – slobodna enciklopedija, *Hidroelektrana*, <https://hr.wikipedia.org/wiki/Hidroelektrana>, 17.03.2016.



Hidroelektrane imaju svoje prednosti i nedostatke. Prednosti hidroelektrana obuhvaćaju slijedeće [31]:

- ne spaljuje se nikakvo gorivo tako da je zagađenje minimalno,
- voda za pokretanje hidroelektrana priroda osigurava besplatno,
- hidroelektrane igraju veliku ulogu u smanjenju emisije stakleničkih plinova,
- relativno nizak operativni trošak i trošak održavanja,
- tehnologija je pouzdana i dokazana,
- obnovljiv izvor energije – padaline obnavljaju vodu u rezervoaru, tako da je „gorivo“ gotovo uvijek tu.

Nedostaci hidroelektrana su slijedeći:

- visok investicijski trošak,
- ovisne su o padalinama,
- u nekim slučajevima, uzrokuju pražnjenje zemljišta i staništa divljih životinja,
- u nekim slučajevima se gubi ili mijenja stanište riba, zarobljavaju se ili im se ograničava prolaz,
- mijenja kvaliteta vode u toku i u rezervoaru,
- u nekim slučajevima se iseljava lokalno stanovništvo.

Hidroenergija u osnovi ne stvara emisiju ugljikovog dioksida CO<sub>2</sub> ni ostale štetne tvari, za razliku od izgaranja fosilnih goriva, te stoga nije značajni čimbenik globalnog zatopljenja uslijed štetnih emisija CO<sub>2</sub>. Energija dobivena iz hidroelektrana može biti znatno jeftinija od energije dobivene iz fosilnih goriva ili nuklearne energije. Područja s obiljem hidropotencijala privlače industriju, no, pretjerana briga za okoliš može biti prepreka razvoju hidroenergetike.

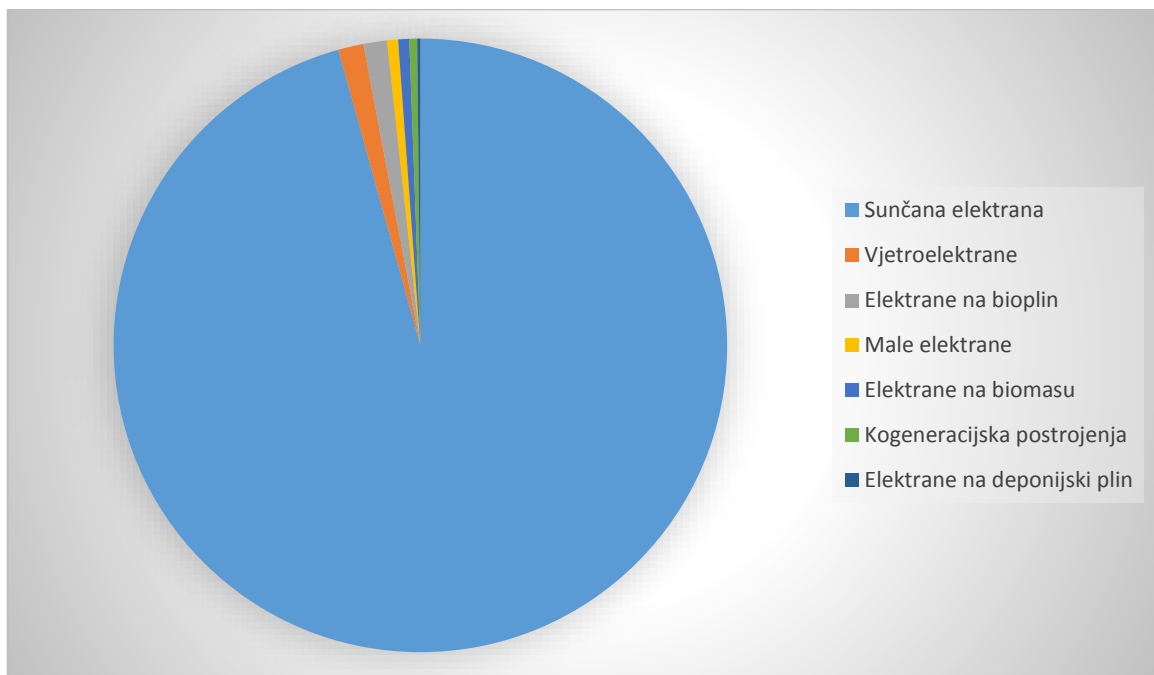
### **3.7. Hrvatska i obnovljivi izvori energije**

U Hrvatskoj je ozbiljniji razvoj obnovljivih izvora energija (izuzev hidroelektrana) krenuo 2007. godine kada su objavljeni *Pravilnik o korištenju obnovljivih izvora i kogeneracije*, *Pravilnik o stjecanju statusa povlaštenog proizvođača električne energije* i *Tarifni sustav za proizvodnju električne energije iz obnovljivih izvora energije*. Time je definiran okvir za razvoj tog sektora prema kojem je uvedena poticajna cijena za povlaštene proizvođače električne energije koji istu proizvode iz obnovljivih izvora energije.

Ulaskom u EU, Hrvatska se obvezala na tzv. 20–20 - 20 ciljeve (klimatsko - energetske ciljeve) do 2020. godine. Osim toga je EU prošle godine postigla okvirni dogovor za 2030. godinu. Trenutačno je Hrvatska na putu ostvarenja cilja i to ponajviše zbog proizvodnje električne energije iz velikih hidroelektrana. Ipak, potrebno je u idućih nekoliko godina dodatno omogućiti i potaknuti izgradnju barem još 400 do 600 MW elektrana koje koriste obnovljive izvore energije kako bi se u potpunosti ispunili postavljeni ciljevi [38].

Ukoliko se gleda količina postrojenja, a ne instalirana snaga, uvjerljivo najviše ima sunčanih elektrana i to ukupno 1.155 (95,69%), a nakon njih slijede vjetroelektrane kojih ima 16, 15 elektrana na bioplin, 7 malih hidroelektrana, 7 elektrana na biomasu, 5 kogeneracijskih postrojenja i 2 elektrane na deponijski plin i plin iz postrojenja za pročišćavanje otpadnih voda [38] kao što je vidljivo iz grafikona 1.

**Grafikon 1. Ukupan broj postrojenja obnovljivih izvora energije u Hrvatskoj u 2015. godini**



Izvor: Zelena energetska zadruga, *Prelazak Hrvatske na 100% obnovljivih izvora energije*, <http://www.greenpeace.org/croatia/Global/croatia/Prelazak%20Hrvatske%20na%20obnovljive%20izvore%20energije.pdf>, 19.03.2016.

Republika Hrvatska, kao zemlja pristupnica EU, obvezala se na prihvaćanje europskog klimatsko-energetskog paketa kojim se, između ostalog, propisuje povećanje uporabe

obnovljivih izvora energije te donošenje odgovarajućeg zakonodavnog okvira, usklađenog s ciljevima za obnovljive izvore.

Dakako, veća uporaba obnovljivih izvora energije nije samo zahtjev koji nameće EU, nego je i u državnom interesu. Na promišljenom razvoju i povećanju uporabe obnovljivih izvora energije moguće je temeljiti uspješan ukupan lokalni i regionalni razvoj, što pokazuju brojni primjeri iz razvijenih zemalja na temelju čijih se iskustava prepoznaju brojne prednosti uporabe obnovljivih izvora energije. To su veća sigurnost opskrbe i smanjena ovisnost o uvozu nafte, plina, ugljena i konačno električne energije te otpornost na promjene cijena na međunarodnim tržištima energije, otvaranje novih radnih mjesta, mogućnost lokalnog zapošljavanja i ruralnog razvoja te smanjenje neželjenih utjecaja na okoliš, prije svega emisija ugljikovog dioksida.

Naglašenijim poticanjem trebalo bi u Hrvatskoj favorizirati razborito izabrane segmente, primjerice [19]: toplinsko korištenje Sunčevim zračenjem masovnim korištenjem kolektora u priobalnom pojasu. Ili, ogrjevnog drva u šumskim područjima kao i biomase, biodizela, bioplina i otpada, te geotermalne energije jer njihov potencijal dijelom zapravo propada, a njihovo korištenje jedino doista umanjuje potrebnu izgradnju u konvencionalnom energetsom sustavu.

## 4. ZNAČAJ I NAČINI KORIŠTENJA ENERGIJE SUNCA

Sunce je središnja zvijezda Sunčevog sustava, sustava u kojem se nalazi planet Zemlja. Ono ima oblik velike užarene kugle koje se sastoji od smjese plinova te u svom kemijskom sastavu sadrži pretežno vodik i helij, a od ostalih elemenata u njemu se nalaze kisik, ugljik, željezo, neon, dušik, silicij, magnezij i sumpor. Ono što je bitno za shvaćanje značenja Sunca za život na Zemlji jest da energija sa Sunca do Zemlje dolazi u obliku sunčevog zračenja. U unutrašnjosti Sunca odvijaju se nuklearne reakcije, prilikom kojih se fuzijom vodik pretvara u helij uz oslobađanje velikih količina energije. Dio te energije dolazi i do čovjeka te omogućava odvijanje svih procesa, od fotosinteze pa do konačnog, ono što je u energetici značajno, proizvodnje električne energije.

### 4.1. Povijest korištenja energije Sunca

Kroz povijest nalazi se niz primjera iskorištavanja energije Sunca, još od 7. stoljeća prije Krista, od antičkih civilizacija, zatim preko starog vijeka i otkrića heliocentričnog sustava gdje je otkriveno da je Sunce u centru Sunčevog sustava, a ne kako se prije vjerovalo – Zemlja, do novijeg doba i pojave solarnih ćelija, kolektora i elektrana.

Prvi i vjerojatno najpoznatiji oblik upotrebljavanja Sunca za dobivanje nekog oblika energije koji se može iskoristiti je dobivanje vatre. Drevni Kinezi, Grci, Inke i Rimljani, vrlo rano su otkrili da zakrivljena ogledala mogu koncentrirati Sunčeve zrake na bilo čemu zapaljivom s visokim intenzitetom koje uzrokuje da objekte zahvati plamen u trenu.

212. godine prije Krista, za vrijeme Drugog Punskog rata, grčki znanstvenik Arhimed upotrijebio je reflektirajuća svojstva štitova načinjenih od bronce fokusirajući Sunčeve zrake kako bi zapalio drvene brodove Rimljana koji su opsjedali Sirakuzu, antički grad na obali koji je nastao kao kolonija Grka iz Korinta [29].

Znanstvenik Horace de Saussure je zaslužan za izgradnju prvog svjetskog solarnog kolektora. Budući da se tijekom 18. stoljeća povećala upotreba stakla, polako su ljudi postajali svjesni sposobnosti hvatanja topline. Ovaj francusko-švicarski znanstvenik 1767. godine, krenuo je u otkrivanje kako „zarobiti toplinu putem stakla“ radi prikupljanja energije dobivene od Sunca. Godine 1816., Robert Stirling izumio je stroj koji je nazvao *Heat Economiser* (regenerator), uređaj za poboljšanje toplinske učinkovitosti u različitim procesima. Taj motor se kasnije

počinje koristiti u solarnoj termalnoj industriji koja iskorištava sunčevu toplinsku energiju za proizvodnju električne energije.

Novi val u napretku tehnologije svakako je otkriće Edmonda Becquerela, 1839. godine. To otkriće je fotonaponski efekt, a njegov daljnji rad obuhvatio je eksperimentiranje s elektrolitičkim ćelijama koje je sastavio od dvije metalne elektrode spojene s vodičem. Drugim riječima, kada sunčevo zračenje obasja fotonaponsku ćeliju, dio njegove energije predaje se elektronima i oni se oslobađaju te pomiču prema površini ćelije, zbog čega se javlja neravnoteža u broju elektrona između gornje i donje strane ćelije.

Nadalje, šezdesetih godina 19. stoljeća francuski matematičar August Mouchet došao je do ideje o solarnim parnim strojevima. Zajedno s pomoćnikom Abelom Pifreom načinio je u narednim desetljećima prvi solarno pogonjen stroj koji se koristio za različite namjene.

Niz otkrića koji su uslijedili ubrzo nakon ovih dostignuća u napretku solarne tehnologije, samo su pospješili ono što je uslijedilo. 1873. godine Willoughby Smith otkrio je fotovodljivost selena, a tri godine kasnije William Grylls Adams i Richard Evans otkrili su da selen proizvodi električnu energiju kada je izložen sunčevoj svjetlosti, ali isto tako da iako selen ne može proizvesti dovoljno električne energije za napajanje, dokazali su da čvrsti materijali mogu pretvarati svjetlost u električnu energiju direktno bez topline ili pokretnih dijelova.

Godina za godinom koje su uslijedile, obilježile su 20. stoljeće napretkom u vidu iskorištavanja sunčeve energije za dobivanje električne. Od bitnijih otkrića u znanosti, Albert Einstein je 1905. godine objavio zajedno sa svojom teorijom relativnosti i rad o fotoelektričnom efektu. Znanstvenici su unaprjeđivali razvoj solarnih ćelija, od Williama J. Bailleya koji je koristio bakar, preko Jana Czochralskog i silicija, do kasnijeg razvoja drugih znanstvenika i inženjera i drugih materijala i poluvodiča (kadmij - sulfid).

Dosta važan datum u solarnoj tehnologiji u Americi ima godina 1954. te pojava silicija kao poluvodičkog materijala i postignuće učinkovitosti pretvorbe od 4%. Sredinom pedesetih godina arhitekti postižu gradnju prve komercijalne poslovne zgrade koja koristi solarno grijanje vode i pasivni solarni dizajn. Dan danas je taj solarni sustav u upotrebi i ušao je u *National Register of Historic Places* kao prvi solarni sustav za grijanje u svijetu.

Sljedećih godina znanstvenici postižu povećanje električne učinkovitosti fotonaponskih ćelija. 1956. Postignuta je učinkovitost od 8%, zatim sljedeće godine već se povećala na 9%, a godinu iza na 10%. 1960. godine postignuta je učinkovitost od 14%. Danas su preko 95% svih solarnih ćelija proizvedenih na svijetu napravljene od silicija [29].

## 4.2. Moderni načini korištenja energije Sunca

Za život na Zemlji vrlo je važno elektromagnetsko sunčevo zračenje – svjetlost. Dio zračenja neposredno dolazi do Zemlje, a drugi dio se lomi zbog nečistoća u zraku (prašina, para i slično) i raspršuje, što daje difuznu komponentu zračenja. Energija koja se može dobiti iz sunčeva zračenja uvelike ovisi o valnoj duljini. Pri pojedinim stupnjevima zagađenja, različita je količina izgubljenog zračenja. Stvarno iskoristivo, upotrebljivo zračenje Sunca, ovisi i o zemljopisnom položaju i vremenu izloženosti, podrazumijevajući i godišnja doba i doba dana. To zapravo znači ovisnost o visini Sunca i kutu upadanja sunčevih zraka na površinu Zemlje. Daljnji faktori su vlažnost zraka i količina oblaka, takozvano zasjenjenje, gdje naoblacjenje značajno i trenutno utječe na insolaciju. Na zasjenjenje uvelike utječe i zagađenje zraka od industrije i prometa odnosno količina dima, plinova i pare.

Sunce samo u jednoj sekundi oslobodi više energije nego što je cijela civilizacija tijekom svojeg razvoja iskoristila, važnost istraživanja energije Sunca i pretvorbe energije Sunčeva zračenja u korisne oblike energije poprima sasvim novu dimenziju s velikom mogućnošću rješavanja problema energetske krize.

Manje od jednog Sunčeva sata je dovoljno da se pokrije cjelokupna potreba za energijom cijelog čovječanstva. Unatoč tome što se 30% energije sunčeva zračenja reflektira natrag u svemir, još uvijek Zemlja od Sunca godišnje dobije veliku količinu energije koja je 1000 puta veća od ukupne potrošnje energije svih primarnih izvora [35]. Činjenica je da su konvencionalni izvori energije (ugljen, nafta, plin, nuklearna goriva) ograničeni i iscrpivi, a i uzrok su emisije ugljikova dioksida - CO<sub>2</sub>, koji najvećim dijelom doprinosi globalnom zatopljenju i klimatskim promjenama. Upravo zbog ovih spoznaja ljudi se okreću obnovljivim izvorima energije, a jedan od njih je Sunce. Tehnički iskoristivi potencijal energije sunčeva zračenja daleko je veći od ostalih obnovljivih izvora energije, kao na primjer biomase, vodene snage i snage vjetera, koji su također samo posljedica ili neki oblik pretvorene sunčeve energije.

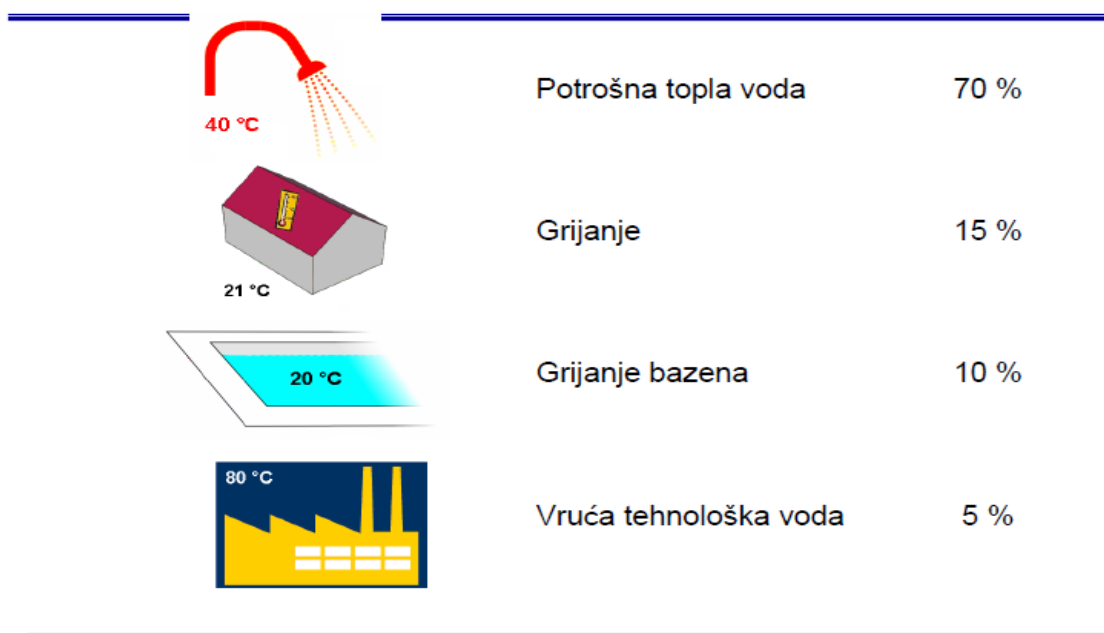
Kao što je već spomenuto u prethodnom poglavlju, osnovni principi direktnog iskorištavanja energije Sunca su:

- solarni kolektori - pripremanje vruće vode i zagrijavanje prostorija,
- fotonaponske ćelije - direktna pretvorba Sunčeve energije u električnu energiju,
- fokusiranje Sunčeve energije - upotreba u velikim energetske postrojenjima.

#### 4.2.1. Solarni kolektori

Solarni kolektori pretvaraju sunčevu energiju u toplinsku energiju vode (ili neke druge tekućine). Sustavi za grijanje vode mogu biti ili otvoreni, u kojima voda koju treba zagrijati prolazi direktno kroz kolektor na krovu, ili zatvoreni, u kojima su kolektori popunjeni tekućinom koja se ne smrzava (primjerice, antifriz) [12]. Zatvoreni sustavi mogu se koristiti bilo gdje, čak i kod vanjskih temperatura ispod nule. Tijekom dana, ako je lijepo vrijeme, voda može biti grijana samo u kolektorima. Ako vrijeme nije lijepo, kolektori pomažu u grijanju vode i time smanjuju potrošnju struje. Solarni kolektori su vrlo korisni i kod grijanja bazena. U tom slučaju temperatura vode je niska i jednostavnije je održavati temperaturu pomoću otvorenih sustava grijanja. Na takav način optimalna temperatura bazena održava se nekoliko tjedana više u godini nego bez sustava grijanja vode. Prethodno navedeno je vidljivo na slici 4.

Slika 4. Primjena i korištenje solarnih kolektora



Izvor: Cetinić I, Drnovšek V, *Korištenje energije Sunčeva zračenja kao izvora energije u sustavima grijanja, hlađenja, ventilacije i pripreme tople vode*, <http://seminar.tvz.hr/materijali/materijali14/14S04.pdf>, 29.03.2016.

Postoje i kolektori koji direktno griju zrak. Ti sustavi cirkuliraju zrak kroz kolektore i na taj način prenose velik dio energije na zrak. Taj se zrak kasnije vraća u grijanu prostoriju i na taj način se održava temperatura u prostoriji. Kombinacijom grijanja zraka i grijanja vode može se postići vrlo velika ušteda. U EU znatno se povećava količina ugrađenih sustava za grijanje vode i prostorija. Njemačka i Austrija su lideri u iskorištavanju energije Sunca za grijanje.

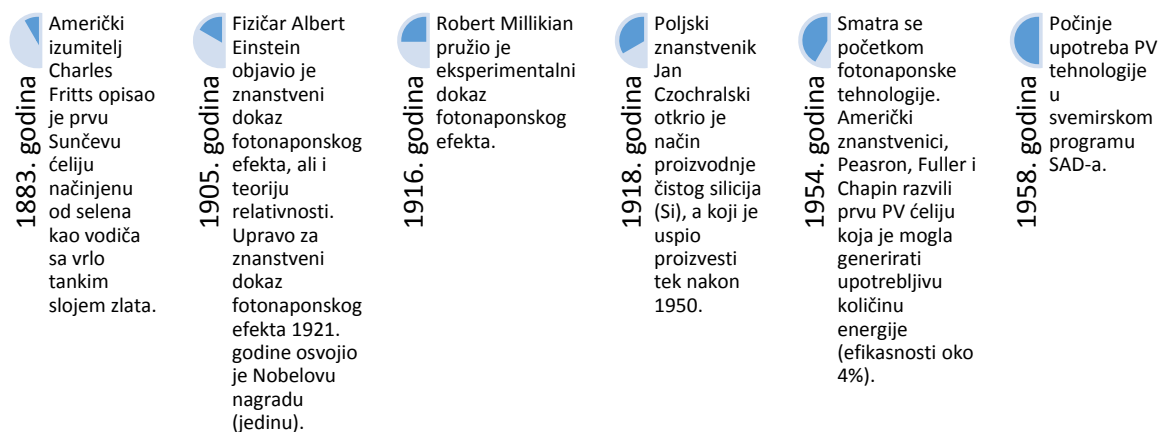
#### 4.2.2. Fotonaponske ćelije

Fotonaponske ćelije su poluvodički elementi koji direktno pretvaraju energiju sunčeva zračenja u električnu energiju. Efikasnost time je od 10% za jeftinije izvedbe s amorfnim silicijem, do 25% za skuplje izvedbe.

Godine 1839. Edmond Becquerel (1820.-1891.) otkriva fotonaponski efekt. On je to opisao kao proizvodnju električne struje kada se dvije ploče platine ili zlata urone u kiselu, neutralnu ili lužnatu otopinu te izlože na nejednolik način sunčevu zračenju. Fotoelektrični učinak ili fotoefekt je fizikalna pojava kod koje djelovanjem elektromagnetskog zračenja dovoljno kratke valne duljine dolazi do izbijanja elektrona iz obasjanog metala [9]. Upravo na taj način dolazi do stvaranja viška elektrona i kroz zatvoreni krug počinju teći struja. Zračenje valnom duljinom većom od granične ne izbija elektrone jer elektroni ne mogu dobiti dovoljno energije za raskidanje veze s atomom.

Nakon navedenog otkrića počinje razvoj solarnih ćelija, te su zbog preglednosti važniji događaji prikazani u vremenskom slijedu u shemi 3.

#### Shema 3. Povijest fotonaponskih ćelija



Izvor: Cvrk I, *Optimiranje korištenja solarne energije fotonaponskom pretvorbom*, <http://www.ieee.hr/download/repository/DR08ICvrk.pdf>, 29.03.2016.



Dakle, početkom 60-ih godina prošloga stoljeća počinje razvoj fotonaponske tehnologije prvenstveno za potrebe svemirskog programa, odnosno napajanja satelita, što je u konačnici dovelo do komercijalne primjene PV ćelija kakva je danas.

Fotonaponske ćelije mogu se koristiti kao samostalni izvori energije ili kao dodatni izvor energije [12]. Kao samostalni izvor energije koristi se primjerice na satelitima, cestovnim znakovima, kalkulatorima i udaljenim objektima koji zahtijevaju dugotrajni izvor energije. U svemiru je i snaga sunčeva zračenja puno veća jer Zemljina atmosfera apsorbira veliki dio zračenja pa je i dobivena energija veća. Kao dodatni izvori energije fotonaponske ćelije mogu se na primjer priključiti na električnu mrežu, ali za sada je to neisplativo.

Fotonaponske ćelije mogu biti izrađene od različitih tipova poluvodičkih materijala, koji mogu biti složeni u različite strukture s ciljem postizanja što bolje efikasnosti pretvorbe. Za izradu fotonaponskih ćelija koriste se sljedeći poluvodički materijali i tehnologije [8]:

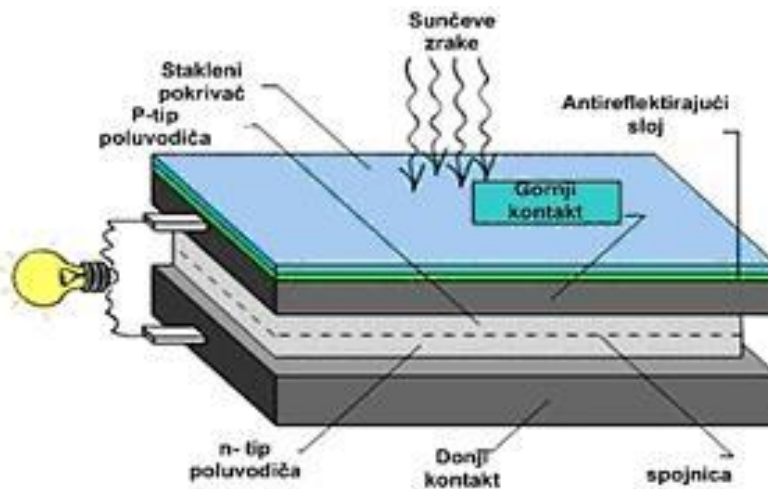
- *Silicij (Si)* – uključujući monokristalni silicij (c-Si), polikristalni silicij (p-Si) te amorfni silicij (a-Si).
- *Polikristalni tankoslojni materijali* (polikristalni tanki film) – uključujući CIS spoj poluvodičkih materijala (Bakar – Indij - Diselenid), CdTe (Kadmij - Telurid) te tankoslojni silicij (većinom amorfni silicij).
- *Monokristalni tankoslojni materijali* (monokristalni tanki film) – većinom izvedeni od Galij - Arsenida (Ga - As).
- *Multijunction strukture materijala* – kombinacije raznih poluvodičkih materijala.

Fotonaponska (PV) ćelija temeljni je gradivi blok fotonaponskog sustava. Individualne PV ćelije su obično malih dimenzija (od 1 do 15 cm), te u prosjeku proizvode od 1 do 2W. Budući da je izlazna snaga ćelije premala, električno se povezuju u fotonaponski (PV) modul kako bi ostvarili adekvatnu izlaznu snagu. Moduli se mogu dalje povezati kako bi oblikovali niz ili mrežu. Niz ili mreža može biti cjelokupno proizvodno postrojenje, sastavljeno od jednog do nekoliko tisuća modula (ovisno o potrebnoj izlaznoj snazi).

Tipični fotonaponski modul sačinjen od kristaličnog silicija (c-Si ili p-Si) sastoji se od transparentnog gornjeg sloja, inkapsulanta, donjeg sloja te okvira [8] kao što je prikazani na slici 5. Gornji sloj PV modula mora imati visoki stupanj transparentnosti, biti otporan na vodu, tuču te biti stabilan kada je duže vremena izložen ultraljubičastom zračenju. Materijal koji se najčešće koristi za izradu gornjeg sloja PV modula je kaljeno staklo. Inkapsulant služi kao zaštita sunčeve ćelije od vanjskih utjecaja, ali i kao poveznica gornjeg sloja, ćelije i donjeg

sloja. Inkapsulant mora biti visoko transparentan te stabilan pri visokim temperaturama i visokim razinama ultraljubičastog zračenja. Donji sloj PV modula je tanki polimerni film koji ima dobru otpornost protiv vode i korozije, najčešće tedlar. Tako izrađeni PV modul uramljuje se u aluminijski okvir čime se postiže robusnost te mogućnost praktičkog i jednostavnog postavljanja na nekakvu površinu.

Slika 5. Presjek fotonaponske ćelije



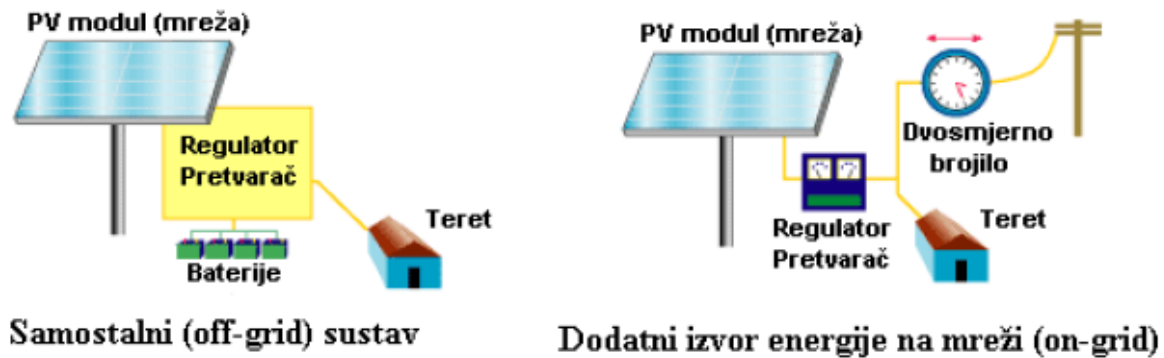
Izvor: Sučić I, *Moderni načini pretvorbe energije Sunca u električnu energiju – fotonapon*, <http://www.obnovljivi.com/energija-sunca/53-moderni-nacini-pretvorbe-energije-sunca-u-elektricnu-energiju-fotonapon?showall=1>, 29.03.2016.

Fotonaponski moduli mogu biti postavljeni pod fiksnim kutom ili mogu pratiti kretanje Sunca. Sustavi za praćenje Sunca isplativi su jedino ako je riječ o većoj PV mreži. Stoga su PV moduli najčešće postavljeni pod fiksnim kutom (većinom na krovu objekta). Pošto su fiksno postavljeni, moduli će apsorbirati manje sunčevog zračenja nego u sustavu koji prati kretanje Sunca, što predstavlja jedinu manu fiksno postavljenih sustava.

Promatraju li se zasebno, moduli ili niz modula ne čine cijeli fotonaponski sustav. Da bi se električna energija proizvedena fotonaponskim modulima isporučila krajnjem potrošaču, potrebne su komponente koje reguliraju, pohranjuju te isporučuju električnu energiju. Te komponente su [8]: regulatori napona, pretvarači istosmjerne (DC) struje u izmjeničnu (AC) struju te baterije. Dakle, fotonaponski moduli zajedno sa navedenim komponentama tvore fotonaponski sustav. Fotonaponski sustav može se koristiti kao samostalni (off-grid) izvor energije ili kao dodatni izvor energije na mreži (on-grid). Kod samostalnih sustava višak

energije se pohranjuje u baterije, dok se kod on-grid sustava višak energije predaje u električnu mrežu. Navedeni fotonaponski sustavi prikazani su na slici 6.

Slika 6. Fotonaponski sustavi



Izvor: Cvrk I, *Optimiranje korištenja solarne energije fotonaponskom pretvorbom*, <http://www.ieee.hr/download/repository/DR08ICvrk.pdf>, 29.03.2016.

Primjena solarnih ćelija danas postaje sve raširenija, a jedna od najčešćih primjena sunčanih ćelija je napajanje električnom energijom uređaja, industrijskih objekata, kućanstava na mjestima gdje nema električne energije, na lokacijama koji su udaljene od elektroenergetskog sustava ili je jeftinije ugraditi fotonaponski sustav nego napraviti instalacije za napajanje iz elektroenergetskog sustava. Fotonaponski sustav najčešće čine fotonaponske ćelije spojene sa baterijama i potrošačem.

#### 4.2.3. Fokusiranje Sunčeve energije

Fokusiranje Sunčeve energije upotrebljava se za pogon velikih generatora ili toplinskih pogona. Fokusiranje se postiže pomoću mnogo leća ili češće pomoću zrcala složenih u tanjur ili konfiguraciju tornja. Postoje konfiguracije tornja tipa "Power Tower" i "Dish" [12].

"Power tower" konfiguracije koriste kompjuterski kontrolirano polje zrcala za fokusiranje sunčevog zračenja na centralni toranj, koji onda pokreće glavni generator. Do sada su napravljeni demonstracijski sustavi koji imaju izlaznu snagu i iznad 10 MW. Ti novi sustavi imaju i mogućnost rada preko noći i u lošem vremenu tako da spremaju vruću tekućinu u vrlo efikasni spremnik.

"Dish" sustavi prate kretanje Sunca i na taj način fokusiraju sunčevo zračenje. Postoji još i "Trough" sustav fokusiranja sunčeva zračenja, koji može biti vrlo efikasan.

Vrste solarnih elektrana su [10]:

1. parabolična protočna TE,
2. solarni toranj,
3. parabolični tanjur,
4. solarni dimnjak.

*Parabolična protočna TE* - S poljem cijevi u fokusu polja linearnih paraboličnih koncentratora – najveći potencijal za posve komercijalno korištenje. Kumulativno iskustvo i ukupne probne instalacije daleko premašuju sva ostala rješenja solarnih TE. Solarni koncentratori mogu pratiti Sunce samo u jednoj osi i to je obično istok-zapad. Kao kružni proces obično se koristi Rankineov direktni ili posredni proces. Usklađivanje dostupnosti energije Sunca i potrošnje se rješava toplinskim spremnicima velikog kapaciteta (otopljene soli). Optimalna snaga za postrojenje se računa na oko 200 Mwe (najviše zbog površine).

*Solarni toranj* - Tehnologija s centralnim tornjem je nešto slabije razvijena. Ovdje se postiže koncentracija sunčevih zraka i do 800x i temperature u tornju od 560 °C. Kada nema dovoljno energije od Sunca, sustavi koji fokusiraju sunčevo zračenje mogu se bez većih problema prebaciti na prirodni plin ili neki drugi izvor energije. To je moguće jer Sunce se koristi za grijanje tekućine, a kad nema Sunca tekućinu se zagrije na neki drugi način. Problem kod fokusiranja je veliki potrebni prostor za elektranu, ali to se rješava tako da se elektrana radi primjerice u pustinji. U pustinjama je ionako snaga sunčeva zračenja najizraženija. Veliki problem je i cijena zrcala i sustava za fokusiranje.

*Solarna TE sa paraboličnim tanjurom* - Kompletan toplinski stroj i generator nalazi se u fokusu tanjura promjera 10m. Uobičajena je izvedba Strlingovim toplinskim strojem koji ima prednost zbog efikasnosti (i preko 40%), ali problem predstavlja pouzdanost. Ukupna efikasnost koja se postiže iznosi 22% što je dosta bolje od ostalih izvedbi STE Sunčeva svjetlost se koncentrira više od 3000x što predstavlja izazov kod realizacije (skupo). Značajna razlika STE sa paraboličnim tanjurom u odnosu na ostale izvedbe u jediničnoj snazi određuje i potencijal za primjenu kao distribuirani izvor električne energije za izdvojene lokacije i slično.

*Solarni dimnjak* - Trenutno u konceptualnoj fazi (nema komercijalne upotrebe), no postoje prototipi kao Manzanares u Španjolskoj.

### 4.3. Aktivno i pasivno korištenje energije Sunca

Sunčeva energija može se koristiti pasivno i aktivno. Prvim načinom koristili su se praljudi, a drugi način je korištenje sunčeve energije posredstvom moderne tehnologije. Za neposredno iskorištenje sunčeve energije postoje dvije osnovne grupe. Prva je aktivno iskorištenje, u kojoj sa određenim, za tu svrhu posebno izrađenim uređajima (kolektori, ćelije) pretvara sunčeva energiju u toplinsku ili električnu. Drugim, pasivnim, načinom solarnu energiju može se koristiti bez posrednih uređaja. To je vezano uglavnom za konstrukciju i orijentaciju građevina. Aktivno i pasivno korištenje sunčeve energije prikazano je na slici 7.

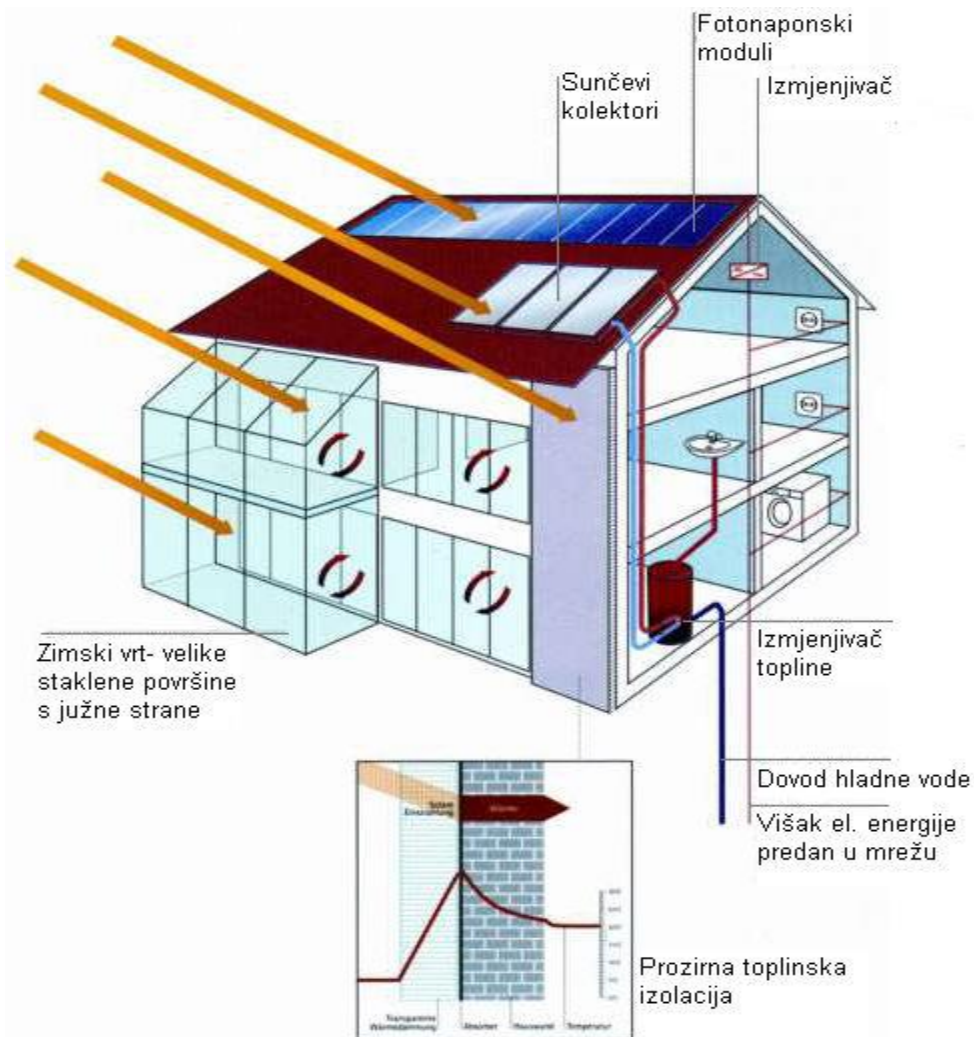
*Aktivno - Termičko iskorištenje energije Sunca* odnosi se na sunčevu energiju koja se pomoću uređaja sa zrakom ili tekućim medijem (kolektori) neposredno pretvara u toplinsku energiju [6]. U ovom slučaju strujanje medija zahtjeva posebnu energiju. Zagrijani medij najčešće se koristi za zagrijavanje sanitarne vode, ali ponekada i za zagrijavanje bazena, staklenika, sušenje voća i slično. Sakupljenu energiju najčešće je potrebno skladištiti, jer se želi koristiti kada Sunčeva energija nije na raspolaganju, odnosno proizvodi se kada nema potrebe za njenim korištenjem. Zagrijana tekućina, tako se skladišti u izoliranim spremnicima, a zagrijani zrak u akumulacijama od kamena.

*Aktivno - Fotonaponsko iskorištenje energije Sunca* podrazumijeva njegovo izravno pretvaranje u toplinsku ili električnu energiju. To pretvaranje vrši se pomoću različitih uređaja, a najčešći su solarni kolektori za stvaranje toplinske energije i fotonaponski paneli za stvaranje električne energije [6]. Na taj način dobivenu energiju istosmjernog napona može se koristiti za rasvjetu, ventilaciju i slično. Energija se može sakupiti i skladištiti u akumulatorima. U brojnim slučajevima, potrebna je opskrba električnom energijom na mjestima gdje nije izgrađena električna mreža, a zbog velikih troškova se niti ne planira (primjerice vikendice, otoci i udaljena mjesta). U ovim slučajevima nameću se kao rješenje fotonaponski sustavi, i to samostalni ili u kombinaciji sa vjetrogeneratorima ili dizelskim generatorima, takozvani hibridni sustavi.

Glavna područja primjene ovih sustava su [6]:

- zgrade udaljene od energetske mreže, vikendice, farme, skladišta (rasvjeta, ventilacija, sigurnosna tehnika),
- navodnjavanje, prepumpavanje podzemnih voda, pojilišta za životinje,
- napajanje električnom energijom reklamnih uređaja,
- napajanje uređaja za javne potrebe.

Slika 7. Aktivno i pasivno korištenje Sunčeve energije u zgradama



Izvor: Koški Ž, Zorić G, *Akumulacija Sunčeve energije u pasivnim obiteljskim kućama*, [hrcak.srce.hr/file/94763](http://hrcak.srce.hr/file/94763), 03.04.2016.

*Pasivno iskorištenje energije Sunca* primjenjuje se prvenstveno u graditeljstvu. Tu se podrazumijevaju orijentacije zgrada, energetske koncipirane vanjski zidovi, višeslojne fasade i slično [6]. Tako izgrađena zgrada troši značajno manje energije za grijanje u odnosu na klasično građene zgrade. Osnovno je kod planiranja tih zgrada da su prostorije u kojima se najviše boravi orijentirane prema jugu, jer u tom slučaju mogu iskoristiti energiju Sunčeva zračenja. Uz to, prostorije u kojima se manje boravi, odnosno koje je potrebno manje grijati, orijentiraju se na sjevernu stranu građevine. Slojevitim fasadama rješava se kako toplinska izolacija, tako i skladištenje topline. Bit pasivnog korištenja solarne energije jest da navedene stavke ne koriste se pojedinačno, već da po mogućnosti se sve integriraju u jednu cjelinu.

Korištenje Sunčeve energije u zgradama na pasivan način ne traži nikakve nove i komplicirane tehnologije. Sustav funkcionira tako da se pomoću dobro ukomponiranih tradicionalnih

materijala za građenje, kao što su beton, kamen, staklo, drvo i metal, maksimalno iskoristi snaga vječnog izvora topline Sunca.

Osnova za udobnost takvih kuća je i izvedba građevinskih elemenata i materijala koji bi trebali biti estetski, oblikovno i funkcionalno povezani. Takva kvaliteta građenja utječe na ukupnu energetske potrošnje cijele godine. Pasivna kuća nije nova tehnologija gradnje, već dosljedno izvedena kuća koja troši vrlo malo energije. Zgrada i njezina funkcija ostaju potpuno tradicionalne, a nema ograničenja ni u oblikovanju. To je zgrada s godišnjom potrebnom toplinom za grijanje do  $15 \text{ kWh/m}^2\text{a}$  [20]. Potrebna toplina za grijanje dovodi se preko uređaja za prozračivanje koji istodobno osigurava i vraćanje topline iskorištenog zraka (grijanje toplim zrakom).

Temeljni princip pasivnog korištenja Sunčeve energije sastoji se u tome da se zgrada otvara prema Suncu i koristi njegovu energiju. Čim Sunca nestane i čim vanjski uvjeti postanu nepovoljni, treba se zaštititi od gubitaka topline zatvaranjem prema okolini. Realizacija ovih nimalo jednostavnih zahtjeva nalazi se u sveobuhvatnom proučavanju fizikalnih procesa koji se odvijaju nakon prodora Sunčevih zraka u unutrašnjost zgrade. U svakom projektu treba zasebno analizirati što će se događati s energijom Sunca koja uđe u zgradu i elemente zgrade prilagoditi tako da se pasivno korištenje Sunčeve energije provede na praktično izvodiv i ekonomski prihvatljiv način.

Zadatak pasivnih solarnih sustava je prihvatiti, odnosno akumulirati što više Sunčeve energije u elementima zgrada kada je to korisno u sezoni grijanja, a da se prostorije ne pregriju. Isto tako treba se maksimalno zaštititi od jakog djelovanja Sunca u ljetnom periodu, jer će ono stvoriti prekomjerno zagrijavanje prostorija.

Općenito, akumulacija topline je svojstvo građevinskih materijala da mogu prihvatiti dovedenu im toplinu, u sebi je akumulirati (sačuvati) i kod hlađenja okoline ponovo je predavati okolini [20]. Ova karakteristika vrlo je bitna u zgradama tijekom zimskog perioda kada grijanje ne radi kontinuirano cijeli dan, već se u pravilu prekida preko noći. Akumulirana toplinska energija omogućuje da se temperatura u prostorijama bitno ne smanji tijekom noći. Količina toplinske energije koja se akumulira u građevinskom elementu ovisi najviše o razlici temperatura elementa i okolnog zraka, te o specifičnom toplinskom kapacitetu i masi elementa. Koeficijent akumulacije topline ( $W$ ) je količina topline koju građevinski element akumulira po jedinici površine, za jediničnu razliku temperatura unutarnjeg i vanjskog zraka, kada je postignuto stacionarno stanje [33].

Pasivna kuća utroši i do 80% manje energije u usporedbi s klasičnim građevinama, a njezina učinkovitost bazirana je na vrlo dobrom i kvalitetno izvedenom sloju toplinske izolacije, zatim kvalitetnim prozorima i vratima koji sprječavaju gubitak topline, sustavu strujanja zraka koji osim prozračivanja osigurava dodatno čuvanje energije, te korištenju Sunčeve energije.

Teorija akumuliranja, odnosno pohranjivanja topline iz sunčevog zračenja u elementima zgrada, razlikuje tri osnovna načina:

1. *direktan zahvat sunčevog zračenja* kao princip izvedbe staklenih površina na južnoj strani kuće, kako bi propustile što veću količinu Sunčevog zračenja;
2. *trombov zid* je konstrukcija tamno obojenog zida sa staklenom plohom na južnoj strani;
3. *staklenik* na južnoj strani kuće.

Zaključno, pasivna kuća predstavlja objekt u kojem je tijekom cijele godine prisutna ugodna temperatura. Naglasak je na riječi pasivno, što u praksi znači da toplinske potrebe kuće treba zadovoljiti bez trošenja ogrjeva, samo uporabom Sunčeve topline i promišljenim iskorištenjem toplijeg ili hladnijeg zračnog strujanja.

#### **4.4. Solarne inovacije za budućnost**

Posljednjih nekoliko stoljeća način sakupljanja i korištenja Sunčeve energije stekao je i širu pažnju javnosti, a proizvodnja tehnologija zasnovanih na korištenju Sunčeve energije i njihova komercijalna upotreba je u porastu. Međutim, razvoj tehnologije nije bez izazova i prepreka. Postoji niz istraživanja, inovacija i otkrića koja bi mogla obilježiti stoljeće pred čovječanstvom i pokrenuti revoluciju u korištenju solarne energije.

Istraživanje i razvoj solarnih ćelija prvenstveno su fokusirani na efikasniju konverziju energije. Solarni paneli koji su trenutno u upotrebi ekonomski su pristupačni i isplativi, ali rade do najviše 40% efikasnosti [22]. Najzastupljeniji paneli imaju indeks efikasnosti od samo 6 do 8%. Cilj naučnika i inženjera je da se nivo efikasnosti dovede do 80%. U informatici, moto za dizajn mikročipova „*manje je bolje*“ dao je izvanredne rezultate. Istraživači solarnih ćelija smatraju da se isti moto može primijeniti i u području solarnih panela.

„*Sprej solarnih ćelija*“ i „*Silicijumska solarna tinta*“ su izumi koji su dosad postigli zavidne rezultate. Prskanje solarnih ćelija oslanja se na *nano* materijale koji upijaju svjetlost i 10 000



puta su manje od vlasi kose. Silicijumska solarna tinta zasnovana je na istom principu, s tim što je trenutno na 18% efikasnosti, ali tu se svakako neće stati.

Oslanjajući se na jednostavan fizički princip da „*topli zrak ide gore*“ dizajneri su se posvetili prikupljanju sunčeve topline kako bi podigli temperaturu zraka. To se postiže pomoću staklenika koji okružuju kulu. Kada zrak postane dovoljno vreo, prostruji kroz turbine, koje se nalaze unutar „*dimnjaka*“. Mana inovacije „*Solarne kule*“ je cijena tog projekta. Bilo bi potrebno 10 ili više godina prije nego se investicija isplati. Međutim, zahvaljujući činjenici da je projekt povoljan po životnu sredinu (nulta emisija CO<sub>2</sub>), uspio je privući investitore. Samo države sa velikim nenaseljenim površinama i solidnim indeksom Sunca godišnje mogu najviše dobiti od ove ideje.

Koncept „*Solarni otok*“ je ogromne instalacije (5 km radijus, 20m visina) koje će biti sagrađene u pustinjama ili dizajnirane tako da plove po moru [22]. Prototip Solarnog otoka koji se testira je vidljiv na slici 8. Cilj ovog projekta je iskoristiti sunčevu svjetlost kako bi vodu pretvarao u paru. Tankeri pod visokim pritiskom usmjeravaju paru u turbine koje će uspjeti generirati i do 1GW struje.

Slika 8. Prototip „Solarnog otoka“



Izvor: Logoetika, *Solarna energija - inovacije za budućnost*, <http://logoetika.blogspot.hr/2012/12/solarna-energija-inovacije-za-buducnost.html>, 04.04.2016.

Korištenje solarne energije u kućama i stanovima je u porastu. *Heliotrop* (vidljivo na slici 9.) je arhitektonsko remek-djelo koje koristi najsuremenija znanstvena znanja u svrhu zaštite sredine i osnaživanja ekonomije [1]. Energija koju kolektori ugrađeni u kuću skupe, koristi se za struju, grijanje i toplu vodu. Kuća se okreće oko svoje osi kako bi pratila Sunce i sakupila

što više energije. U zavisnosti od doba godine, heliotrop proizvodi od 4 do 6 puta više energije nego što troši.

### Slika 9. **Heliotrop**



Izvor: arciTEC24.de, *Heliotrop*,

[http://www.architec24.de/projekte.html?user\\_projekte\\_pi1\[projektID\]=89&user\\_projekte\\_pi1\[VIEW\]=SINGLE&cHash=bd7519b0fd770ecb70847f441d5c9f68](http://www.architec24.de/projekte.html?user_projekte_pi1[projektID]=89&user_projekte_pi1[VIEW]=SINGLE&cHash=bd7519b0fd770ecb70847f441d5c9f68), 04.04.2016.

„*Window Socket*“, odnosno *prozorska utičnica* je utičnica jednostavnog dizajna, a unutar nje nalaze se mali fotonaponski panel koji apsolutno opravdava svoju svrhu. Kako bi napunili neki od uređaja koji se svakodnevno koriste dovoljno je utičnicu zalijepiti za prozor uz pomoć prijanjajuće kapice [4], kao što je vidljivo na slici 10.

Ugrađene solarne ćelije proizvode električnu energiju koja se pohranjuje u bateriji koja se nalazi u utičnici. Utičnicu samo treba zalijepiti na prozor okrenut prema Suncu. Punjenje traje od 5 do 8 sati, nakon čega ima vijek trajanja od 10 sati [33]. Na nju se može spojiti mobitel, laptop ili neki drugi uređaj za vrijeme dok se korisnik nalazi izvan svog doma ili jednostavno u blizini nema klasičnu utičnicu. Iako je javnost oduševljena, proizvod još uvijek nije krenuo u masovnu proizvodnju.

Slika 10. Prozorska utičnica



Izvor: *Solar powered window socket*, <http://www.blessthisstuff.com/stuff/technology/misc-gadgets/solar-powered-window-socket/>, 04.04.2016.

Neke od solarnih inovacija jesu i *tanki solarni film* koji se odnosi dobivanje velike količine solarne energije koje više ne mora značiti korištenje dimenzijama ogromnih solarnih panela. Zahvaljujući inovacijama u solarnoj tehnologiji i novim tehnologijama izrade tankog filma, mogu se doslovno „*isprintati*“ solarni paneli debljine filma i dolaze namotani u rolama. To znatno smanjuje troškove proizvodnje i transporta, a puno je lakša i brža, a time i jeftinija, montaža. Tako se otvaraju dodatne mogućnosti za postavljanje solarnih elektrana koje sada mogu biti integrirane u materijal krovišta zgrada te građevinskih i drugih objekata.

*Solarni prozori* su prozori čija je površina tretirana s novom vrstom sloja koji ima sposobnost sunčevo svjetlo trajno pretvarati u električnu struju čime se postiže veliki napredak u značajnim uštedama potrošnje električne energije [40]. Velika prednost takvih solarnih prozora je i u tome što se mogu proizvoditi na sobnoj temperaturi što osigurava relativno nisku nabavnu cijenu.

*Solarni baloni* pokazuju na najbolji mogući način kako koristiti postojeću tehnologiju za dobivanje solarne energije i to na velikim poljima sastavljenih od srebrnih balona. Veliki plastični baloni koncentriraju i usmjeravaju Sunčevu energiju na solarne ćelije koristeći lako dostupne (i relativno jeftine) komponente.

Jedan od važnijih dijelova opreme za stambenu solarnu energiju slagalice je inverter – uređaj koji istosmjernu struju (DC) iz akumulatora ili proizvedenu u solarnim ćelijama pretvara u

izmjeničnu struju (AC) koja se koristi u kućanstvima [40]. Cijena invertera dovoljne snage kojom bi se mogli napajati svi potrošači električne energije u domaćinstvu je prilično visoka, ali dolaskom *mikroinvertera*, moguće je imati samo jednu ploču i jedan inverter integriran u nju kako biste mogli početi koristiti solarnu energiju.

Solarna energija koja se dobiva trenutačnim solarnim panelima dolazi isključivo iz vidljivog spektra svjetlosti, što ostavlja veliki dio spektra svjetlosti neiskorištenim. No, istraživanje dodavanjem novih materijala (vanadija i titana) u solarnim poluvodičima moglo bi značiti da će u budućnosti, solarni paneli moći uhvatiti dijelove *infracrvenog spektra svjetlosti* i pretvoriti ih u električnu energiju.

Kao što je to slučaj sa svim tehnološkim i ekonomskim inovacijama, potrebno je sačekati neko vrijeme da to postane dio svakodnevnice čovječanstva. No, budućnost solarne energije za sada izgleda svijetla.

#### **4.5. Sufinanciranje projekata za izgradnju solarnih panela**

Nova mogućnost bespovratnog financiranja iz EU fondova vezana je za financiranje proizvodnje energije iz obnovljivih izvora od kojih je posebno zanimljivo bespovratno financiranje 50% investicijske vrijednosti projekata solarnih elektrana na postojećim objektima ili na neizgrađenom zemljištu. U Republici Hrvatskoj se sve više važnosti pridaje obnovljivim izvorima energije, pa se zbog toga često uvode i različiti programi za poticanje – i kod fizičkih, i kod pravnih osoba. Programi se često uvode na regionalnoj i lokalnoj razini, te nemaju uvijek iste uvjete i nisu namijenjeni uvijek istim kandidatima [26].

Republika Hrvatska se, kao članica EU, obvezala na prihvaćanje europskog klimatsko-energetskog paketa koji podrazumijeva i Direktivu 2009/28/EZ o poticanju uporabe energije iz obnovljivih izvora. Prihvaćanjem direktive, Hrvatska je preuzela obvezu povećanja uporabe energije iz obnovljivih izvora, pri čemu bi u 2020. godini udio energije iz obnovljivih izvora u bruto neposrednoj potrošnji trebao iznositi najmanje 20%, promatrano na razini EU. Strategija energetskog razvoja Republike Hrvatske kao razvojnu smjernicu navodi smanjenje uporabe električne energije za toplinske potrebe te, između ostalog, postavlja cilj od 0,225 m<sup>2</sup> sunčevih toplinskih kolektora po stanovniku u 2020. godini [11]. U svrhu poticanja razvoja i korištenja obnovljivih izvora energije u Hrvatskoj, izrađeni su programi sufinanciranja nabave takvih sustava od strane Fonda za zaštitu okoliša i energetske učinkovitost te sustav poticanja

proizvodnje električne energije putem povlaštenih otkupnih cijena (takozvani „*feed in*“ tarifni sustav).

Fond za zaštitu okoliša i energetska učinkovitost sufinancira nabavu sustava za korištenje obnovljivih izvora energije građanima, tvrtkama, ali i jedinicama lokalne i regionalne samouprave te ostalim institucijama. Sufinanciraju se isključivo sustavi za vlastitu uporabu i to kroz programe energetske obnove (sustavi za korištenje obnovljivih izvora energije su opravdan trošak u programima obnove obiteljskih, višestambenih i nestambenih zgrada), kroz Javni poziv za sufinanciranje projekata korištenja obnovljivih izvora energije u turističkom sektoru i Javni natječaj za sufinanciranje obnovljivih izvora energije namijenjen trgovačkim društvima, obrtnicima i pravnim osobama iz javnog sektora koji žele investirati u projekte korištenja obnovljivih izvora energije.

Javni poziv za sufinanciranje projekata korištenja obnovljivih izvora energije u 2015. godini bio je namijenjen isključivo turističkom sektoru i vrijedan 13 milijuna kuna. Namjena je bila poticanje uporabe Sunčeve energije u kampovima, ulaganju u toplinske sunčeve sustave te povećanju učinkovitosti rashladnih sustava u hotelima i drugim turističkim objektima. Iako je primarni cilj tog javnog poziva bio uvođenje sunčevih toplinskih sustava u kampove, to nije isključivalo poticanje uporabe Sunčeve energije i u ostalim turističkim objektima, posebice malim hotelima i turističkim naseljima. Investicija u solarne sustave kampovima se isplati već nakon 5-6 godina, s obzirom na režim korištenja potrošne tople vode.

Zahvaljujući zagrijavanju potrošne tople vode uz pomoć Sunca, smanjuje se potrošnja drugih energenata za zagrijavanje, a subvencije od 40-80% koje nudi Fond čine takvu investiciju izuzetno povoljnom, odnosno skraćuju rok povrata uloženi sredstava na svega 2-3 godine. Imajući u vidu viši stupanj luksuza kojeg hoteli trebaju nuditi svojim gostima da bi ih zadržali i željeno produljenje turističke sezone, u hotelima će stoga dodatno potiču i centralizirani sustavi grijanja i hlađenja te kogeneracije.

U Republici Hrvatskoj, zemlji koja obiluje sunčanim satima, pogotovo priobalno područje, od 14% potrošene energije koja nastaje iz obnovljivih izvora energije, većinu čine velike hidroelektrane izgrađene u prošlosti, dok je udio iz drugih obnovljivih izvora energije manji od 2%, a udio iskorištene solarne energije računa se u promilima i iznosi 0,001% [18]. Uglavnom, Republika Hrvatska je daleko od preuzete obveze 20% obnovljivih izvora energije do 2020. godine, a uza sve to uvozi veliku količinu relativno skupe električne energije iako bi je mogla nadomjestiti proizvodnjom iz solarnih fotonaponskih elektrana. Ipak, plan o isplativoj

investiciji i zaradi zapeo je u birokratske prepreke pri ulaganju u solarne elektrane. Pokrenut je niz procesa od projektiranja do izvođenja, mjerenja i ispitivanja te puštanja u pogon solarnih elektrana pa se značajan broj tvrtki okupio oko tog energetskeg koncepta.

Vijek trajanja solarnih elektrana je 25 godina, tako da može nastaviti proizvodnju i dalje, ali prema tržišnoj, a ne povlaštenoj cijeni. Razlike primorskog i kontinentalnog dijela Hrvatske u insolaciji je 30% u korist jadranskog dijela. Hrvatska uvozi panele je nema vlastitu tehnologiju za proizvodnju solarnih panela, ali postoje tvrtke koje dijelove panela slažu i montiraju i koje su uložile u proizvodnju prateće opreme za solarne elektrane.

Prosječna cijena kWh sa svim davanjima je 0,80 kuna, a poticajna cijena solarnog kW je od 2,5 do 3 kune [18]. Da nema poticaja, posao se ne bi isplatio, pa država nadoknađuje tu cijenu. Pretpostavlja se da država zbog financijskih problema nema mogućnosti isplaćivati razliku i kvotama reže cijeli sustav. Otvaranjem toga procesa, uvođenjem boljih kvota, otvorili bi se poslovi za niz malih firmi pa bi i država imala višestruke koristi, od investiranja, poreza i slično. Pokušaj isplaćivanja poticaja bio je preko cijene kW, ali to je bilo nemoguće jer cijena energije lagano pada. Drugi pokušaj bio je penaliziranje zagađivača, što je u zapadnom svijetu zaživjelo, ali ne i u Hrvatskoj. To su problemi za koje se ne zna kako će ih država riješiti i zbog toga je „Sunce u hladu“ [18].

#### **4.6. Potencijal energije Sunca u Ličko-senjskoj županiji**

Položaj Ličko-senjske županije između južnog - jadranskog i sjevernog - podunavskog područja daje joj središnji geografski položaj i važno spojno značenje unutar prostora hrvatske države. Većim dijelom pripada Gorskoj Hrvatskoj, a manjim dijelom Hrvatskom primorju.

U Ličko-senjskoj županiji živi ukupno 53.099 stanovnika, a grad Gospić s 13.113 stanovnika je njezino administrativno sjedište. Površina Ličko-senjske županije iznosi 5.947,03 km<sup>2</sup> (6,78% ukupne površine Hrvatske), od čega na površinu kopna otpada 5.350,50 km<sup>2</sup> (9,45% kopna Hrvatske), a na more 596,53 km<sup>2</sup> (1,92% mora Hrvatske). Dužina cjelokupne obalne linije Ličko-senjske županije iznosi oko 200 km [3].

Reljef je vrlo dinamičan i raznovrstan, a čine ga tri zasebne cjeline. Prva je Velebitski planinski niz koji se pruža 100 km kroz Županiju s najvišom točkom visine 1.757 metara nad morem. Druga reljefna cjelina je zapadno-lička zavala, smještena između Velebita, Kapele i Ličkog sredogorja, a treća je otok Pag. Primorski reljefni niz čine otok Pag, niži pojas velebitske padine

s podgorskim podom te njezin srednji dio s udolinskim pregibom između 800 i 900 metara nadmorske visine. Lički niz čine polje Gacke (ispod 450 metara nadmorske visine) i velebitska padina. Posebno mjesto pripada Velebitu, najdužoj i najistaknutijoj hrvatskoj planini, koja razdvaja prostor Županije na dva pročelja: primorsko i kontinentalno. Sjeverni, srednji i veći dio južnog Velebita dominira prostorom Županije. Velebit je ujedno Park prirode i svjetski rezervat biosfere unutar kojega su dva nacionalna parka. Tu je i lička gorsko-krška zavala s orografskim obodom Plješivice i Kapele, koja zbog svoje geološko geomorfološke predispozicije, predstavlja najveći prirodni spremnik kvalitetne pitke vode u Hrvatskoj, te izuzetno atraktivne rijeke Gacka, Lika, Una i Korana.

Zahvaljujući tektonskom razvoju, prevladavajućem vapnenačkom sastavu podloge i vlažnoj klimi na širem području Velebita i Like nastalo je mnogo špilja i jama. Županija se ističe svojim raznolikim gorskim i primorskim reljefom, mnogim rijekama, jezerima i šumama koji zajedno čine jedinstven, ali i očuvan ekosustav. Prema broju i raznovrsnosti zaštićenih prirodnih objekata i lokaliteta Ličko-senjskoj županiji pripada jedno od vodećih mjesta među hrvatskim županijama (1.490 km<sup>2</sup>, odnosno 28% površine Županije, što čini udio od 25% u ukupnoj površini pod zaštitom u Hrvatskoj). Među njima središnje mjesto imaju Nacionalni parkovi „Plitvička jezera”, „Sjeverni Velebit” i „Paklenica” te Park prirode i svjetski rezervat biosfere „Velebit”.

Na području Ličko-senjske županije susreću se zračne mase koje se gibaju iz Srednje Europe i kontinentalne unutrašnjosti zemlje prema Jadranskom moru i one u obratnom smjeru iz područja Jadranskog mora prema unutrašnjosti. Velebit ograničava toplinski utjecaj Jadranskog mora, ali ne može spriječiti prodor vlage s mora duboko u unutrašnjost. Zato je u ovoj Županiji velika raznolikost u klimi pojedinih područja. U ličkom zaleđu ističu se umjereno kontinentalna i planinska, a u primorskom prostoru submediteranska i mediteranska klimatska obilježja. Unutar ličkog zaleđa velika raznolikost klime osobito dolazi do izražaja pod modifikatorskim utjecajem reljefa jer su velike razlike između zatvorenih depresija (zavala, polja) i planina, prisojnih i osojnih padina, privjetrine i zavjetrine. Klima je negostoljubiva i oštrija od sjeverozapada prema jugoistoku. Tu su i niske zimske temperature, veće količine padalina i znatni snježni nanosi.

Godišnja ozračenost vodoravne plohe osnovni je parametar kojim se može procijeniti prirodni potencijal energije Sunca na nekoj lokaciji ili širem području. Ozračenost vodoravne plohe na nekom širem području (poput područja Županije) je prostorno distribuirana ovisno o zemljopisnoj dužini (povećava se u smjeru sjever-jug), topografiji terena (smanjuje se u smjeru

od mora prema kopnu) te klimatološkim značajkama samog prostora. Ličko-senjska županija većih dijelom obuhvaća područje Like s oštrom, brdsko-planinskom klimom i uski pojas obale između Velebita i mora te dio otoka Paga gdje vlada mediteranska klima. Prostorna distribucija sunčevog zračenja značajno je pod utjecajem granice dviju klima i visokog planinskog masiva Velebita, tako da se u uskom obalnom pojasu vrijednosti ozračenosti značajno mijenjaju ovisno o lokaciji, krećući se između 1,45 MWh/m<sup>2</sup> za zapadni dio otoka Paga do 1,30 MWh/m<sup>2</sup> uz same padine Velebita. Duž obalne crte godišnja ozračenost iznosi 1,35 MWh/m<sup>2</sup>. Distribucija sunčevog zračenja na području Like je relativno stalna i kreće se između 1,25 i 1,30 MWh/m<sup>2</sup>, a nešto manja ozračenost se primjećuje na području Kapele i Plješivice (do 1,20 MWh/m<sup>2</sup>) [3]. Detaljni podaci o sunčevom zračenju na području Ličko-senjske županije dostupni su za tri lokacije na kojima se provode meteorološka mjerenja: Gospić, Senj i Zavižan.

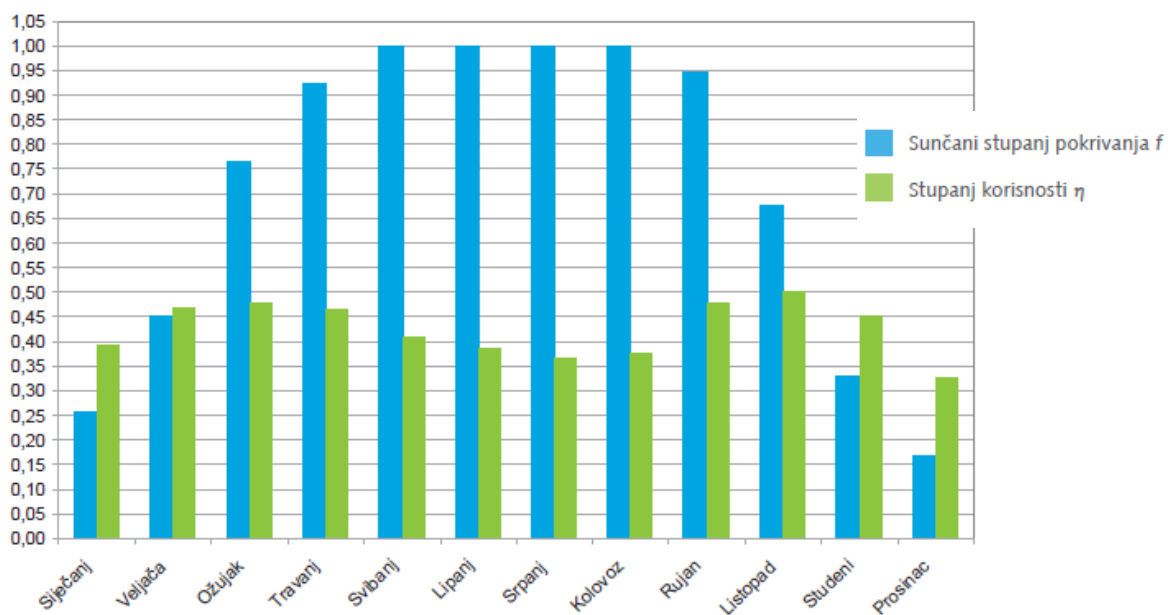
Kao što je spomenuto u ovom poglavlju rada, energiju sunčevog zračenja moguće je koristiti na dva načina – korištenjem sunčanih toplinskih sustava za zagrijavanje potrošne tople vode i podršku grijanju te korištenjem fotonaponskih sustava za proizvodnju električne energije. Sunčani toplinski sustavi u Ličko-senjskoj županiji, u najvećoj mjeri koriste se za grijanje potrošne tople vode, a u nešto manjoj mjeri i kao podrška grijanju (gdje je to tehnološki i ekonomski opravdano, kao primjerice, u niskotemperaturnom grijanju). Osnovi dio koji sunčani toplinski sustav razlikuje od toplinskih sustava na druge energente jest sunčani kolektor, uređaj u kojemu se dozračenom energijom zagrijava radni medij. Radni medij cirkulira sustavom te u spremniku tople vode zagrijava sanitarnu vodu. Spremnici tople vode služe za pohranu tople vode uz niske gubitke pa se zagrijana voda može koristiti tijekom cijelog dana. Ovakvi sustavi u pravilu imaju i dodatni energent za zagrijavanje (ogrjevno drvo, moderna biomasa, plin, električna energija) koji se koriste u nepovoljnim razdobljima. Uobičajena primjena sunčanih toplinskih sustava je u objektima koji se koriste kroz cijelu godinu, poput obiteljskih kuća, bolnica ili domova umirovljenika, ali i u objektima koji se koriste sezonski, poput hotela ili apartmana za iznajmljivanje. U obiteljskim kućama se najčešće koristi relativno mali sustav koji se sastoji od sunčanih kolektora površine cca 4 m<sup>2</sup> i spremnika tople vode volumena 300 litara. Takav sustav na području Gospića može zadovoljiti do 70% energetske potrebe za zagrijavanje potrošne tople vode u slučaju kućanstva od četiri člana.

Na grafikonu 2. prikazana je procjena pokrivanja energetske potrebe kroz godinu, kao i stupanj korisnosti sunčanog toplinskog sustava u Ličko-senjskoj županiji. Fotonaponski sustavi tradicionalno se koriste za opskrbu električnom energijom objekata udaljenih od elektroenergetske mreže, a u novije vrijeme i za proizvodnju električne energije u mrežno vezanim



sustavima, posebice radi poticajnih cijena otkupa takve energije (takozvana feed-in tarifa). Fotonaponski sustavi zasnivaju svoj rad na pretvorbi sunčevog zračenja u električnu energiju putem fotoelektričkog efekta. Sunčana ćelija je osnovni element ovakvih sustava, a spajanjem više ćelija u jednu cjelinu dobiva se fotonaponski modul.

**Grafikon 2. Godišnji tijek sunčanog stupnja pokrivanja potreba za toplom vodom i stupnja korisnosti sunčanog toplinskog sustava u Ličko-senjskoj županiji**



Izvor: Bačan A *et al*, *Potencijal obnovljivih izvora energije – IX. Ličko – senjska županija*, Energetski institut Hrvoje Požar, Zagreb, 2012., str. 9.

Fotonaponski modul je gotov uređaj kojim je moguće generirati električnu energiju, međutim kako se oni proizvode u relativno malim snagama (do maksimalno nekoliko stotina vata), više fotonaponskih modula se slaže u fotonaponsko polje kako bi se postigle veće snage. Fotonaponski moduli generiraju istosmjernu električnu struju te se za pretvorbu iz istosmjerne u izmjeničnu, pogodnu za predaju u elektroenergetsku mrežu, koriste izmjenjivači. Osim prilagodbe oblika, izmjenjivači imaju još dvije važne zadaće – praćenje optimalne radne točke fotonaponskog polja te odspajanje sustava s mreže u slučaju nestanka električne energije radi sigurnosnih razloga. Ovisno o izvedbi, na jedan izmjenjivač je moguće spojiti više polja fotonaponskih modula pa se jedan takav kompletan sustav može smatrati generatorom električne energije u punom smislu te riječi. Spremnici energije (najčešće baterijske akumulatorske banke) koriste se kod autonomnih sustava koji nisu spojeni na elektroenergetsku

mrežu. Fotonaponske sustave moguće je instalirati na stambenim objektima, objektima komercijalne ili proizvodne namjene kojima proizvodnja električne energije nije osnovna zadaća. Uobičajeno je da se fotonaponski moduli u ovim slučajevima postavljaju na krovove objekata (bilo ravne, bilo kose), ali su u posljednje vrijeme sve češće primjene korištenja specijalnih fotonaponskih modula kao elementa fasade. Proizvodnja električne energije u fotonaponskom sustavu, osim o dozračenju energiji na lokaciji, ovisi o cijelom nizu čimbenika poput zasjenjenja, kuta nagiba i orijentacije fotonaponskih modula, tehničkim karakteristikama modula, temperaturi okoline, karakteristikama izmjenjivača, gubicima u kabelima i slično. Fotonaponski sustav snage 10 kW postavljen pod optimalnim kutom, bez zasjenjenja na području Gospića može proizvesti oko 10.500 kWh električne energije godišnje (tablica 3).

**Tablica 3. Procjena proizvodnje električne energije za fotonaponski sustav na području grada Gospića**

Mjesec	Generirana električna energija u FN modulima (kWh)	Električna energija isporučena u mrežu (kWh)
Siječanj	383	360
Veljača	534	509
Ožujak	961	922
Travanj	1.089	1.044
Svibanj	1.339	1.284
Lipanj	1.327	1.272
Srpanj	1.432	1.373
Kolovoz	1.413	1.356
Rujan	1.067	1.024
Listopad	778	744
Studeni	408	386
Prosinac	289	269
<b>Ukupno</b>	<b>11.021</b>	<b>10.543</b>

Izvor: Bačan A et al, *Potencijal obnovljivih izvora energije – IX. Ličko-senjska županija*, Energetski institut Hrvoje Požar, Zagreb, 2012., str. 9.

Proizvodnost fotonaponskog sustava je količina električne energije koju može proizvesti sustav jedinične snage. Za Gospić bi ona iznosila oko 1.050 kWh/kW godišnje. Za različite lokacije

na području Ličko-senjske županije ona bi iznosila između 950 kWh/kW (područje Kapele i Plješivice) do 1.200 kWh/kW za područje otoka Paga [3].

U Prostornom planu Županije daju se odredbe sa ciljem razvoja sustava iskorištavanja Sunčeve energije na području cijele Županije. Iskorištavanje Sunčeve energije Planom se omogućava kroz uređenje i izgradnju prostora solarnih parkova, te kroz individualno korištenje za potrebe pojedinačnih zgrada i korisnika.

Osnovni i nužni uvjeti za započinjanje istraživanja, odabira lokacija te utvrđivanja konačnih eksploatacijskih polja za uređenje i izgradnju solarnih parkova daju se u odredbama Plana. Ishođenje svih potrebnih akata za izgradnju i uređenje uređaja i postrojenja za iskorištavanje obnovljivog izvora energije Sunca - solarnog parka, biti će na osnovu konačno utvrđenih polja solarnog parka sukladno i drugim propisima i zakonskoj regulativi vezano za eksploatacije prirodnih sirovina.

U skladu s postojećim prirodnim potencijalom u Ličko-senjskoj županiji se ističe energetska potencijal biomase, primarno iz sektora šumarstva i drvne industrije. Za održivo korištenje ostalih obnovljivih izvora primjerena su mala/mikro postrojenja. Uz definiranje prostora namijenjenog isključivo sustavima obnovljivih izvora energije izvan građevinskog zemljišta, prostorno-planski dokumenti na županijskoj i na lokalnoj razini trebali bi dati upute (uvjete) o načinu integracije malih fotonaponskih i sunčanih toplinskih sustava u građevinskim zonama te o iskorištavanju obnovljivih izvora energije u zgradarstvu.

## 5. ZAKLJUČAK

Svijetu treba sve više i više energije. Stalni porast populacije za sobom donosi i konstantno veće potrebe za energijom i čovječanstvo je u kontinuiranoj potrazi za izvorima energije koji bi primjereno pokrili energetske potrebe. Dugoročno gledano, potreba za energijom se cijelo vrijeme povećava.

Svijet pokriva svoje energetske potrebe uglavnom neobnovljivim izvorima energije, većinom fosilnim gorivima – ugljenom, naftom i prirodnim plinom. Kao što i samo ime govori, ovi izvori energije nisu obnovljivi, a to znači da imaju ograničeno trajanje te će u određenom trenutku biti potrošeni. Fosilna goriva su također vrlo štetna za okoliš zbog ispuštanja velike količine ugljičnog dioksida (CO<sub>2</sub>) i zagađenja okoliša. Postoji mnogo razloga zbog kojih su fosilna goriva i dalje dominantni izvori energije u većini država diljem svijeta. Jedan od glavnih razloga je to što su to tradicionalni izvori energije s dugom poviješću, te zbog slabe tehnološke podrške sektoru obnovljivih izvora energije. Za razliku od neobnovljivih oblika energije, obnovljivi oblici energije ne mogu se vremenom iscrpiti, ali je moguće u potpunosti iscrpiti njihove potencijale. Obnovljivi izvori energije obuhvaćaju geotermalnu energiju, energiju valova, plime i oseke, energiju vjetra, kao i energiju zračenja Sunca, bioenergiju i energiju vode. Dio obnovljivih izvora energije nije moguće uskladištiti i transportirati u prirodnom obliku (vjetar, zračenje Sunca), a dio jest (voda u vodotocima i akumulacijama, biomasa i bioplin). Izvore energije koje nije moguće uskladištiti treba iskoristiti u trenutku kad se pojave ili ih pretvoriti u neki drugi oblik energije. Energija Sunca nema dovoljnu iskoristivost i skupa je, energija vjetra nije svugdje dostupna u dovoljnim količinama, energetske potencijali vode već su u velikoj mjeri iskorišteni. Geotermalna energija može se optimalno iskorištavati samo na tektonskim rasjedima, odnosno na mjestima na Zemlji gdje toplinska energija iz unutrašnjosti Zemlje dolazi vrlo blizu površini. Energija plime i oseke, te energija valova predstavljaju veliki potencijal, ali zbog male dostupnosti trenutno se izuzetno malo energije koristi iz tih izvora. Bioenergija ili biogoriva nameću se kao zamjena za klasična fosilna goriva, ali ta goriva također u atmosferu ispuštaju razne štetne plinove pa nisu ekološki potpuno prihvatljiva.

Ono što je bitno za shvaćanje značenja Sunca za život na Zemlji jest da energija sa Sunca do Zemlje dolazi u obliku sunčevog zračenja. U unutrašnjosti Sunca odvijaju se nuklearne reakcije, prilikom kojih se fuzijom vodik pretvara u helij uz oslobađanje velikih količina energije. Dio te energije dolazi i do čovječanstva te im omogućava odvijanje svih procesa, od fotosinteze pa do konačnog, ono što je u energetici značajno, proizvodnje električne energije. Većina

tehnologije obnovljivih izvora energije se na direktan ili indirektan način napaja iz Sunca. Sunce je gotovo neiscrpan izvor obnovljive energije. Energija Sunca, odnosno solarna energija ne zagađuje, te je također besplatna. Dakle, cilj bi trebao biti iskoristiti solarnu energiju do najveće mjere. Osim poznatih primjera iskorištavanja sunčeve energije za grijanje prostora, vode, bazena i za proizvodnju električne energije za rasvjetu, solarna energija može biti primijenjena na mnogo drugih načina. Sunčeve tehnologije široko se karakteriziraju kao ili pasivna sunčeva ili aktivna sunčeva, ovisno o načinu prikupljanja, pretvaranja i raspoređivanja sunčeve svjetlosti. Aktivne sunčeve tehnike uključuju primjenu fotonaponskih ploča i sunčeva toplina kolektora (s električnom ili mehaničkom opremom) kako bi se sunčeva svjetlost pretvorila u iskoristive proizvode. Pasivne sunčeve tehnike uključuju orijentaciju zgrada prema suncu, odabir materijala s povoljnim svojstvima termalna masa ili svjetlosnim svojstvima raspršenja, te oblikovanjem prostora u kojima zrak prirodno kruži prirodno kruženje zraka.

Solarna energija obiluje mnogobrojnim inovacijama u čiji se razvitak ulaže, a tehnološke i ekonomske inovacije trebat će sačekati neko vrijeme da postanu dio svakodnevnice čovječanstva. No, budućnost solarne energije za sada izgleda svijetla. Sa sigurnošću se može reći da budućnost i sadašnjost pripadaju prirodnim obnovljivim izvorima energije.

## LITERATURA

- [1] arciTEC24.de, *Heliotrop*,  
[http://www.architec24.de/projekte.html?user\\_projekte\\_pi1\[projektID\]=89&user\\_projekte\\_pi1\[VIEW\]=SINGLE&cHash=bd7519b0fd770ecb70847f441d5c9f68](http://www.architec24.de/projekte.html?user_projekte_pi1[projektID]=89&user_projekte_pi1[VIEW]=SINGLE&cHash=bd7519b0fd770ecb70847f441d5c9f68), 04.04.2016.
- [2] Alerić I, *Načini pretvorbe geotermalne energije u električnu energiju*,  
<http://www.obnovljivi.com/geotermalna-energija/69-nacini-pretvorbe-geotermalne-energije-u-elektricnu-energiju?showall=1>, 15.03.2016.
- [3] Bačan A., *et al*, *Potencijal obnovljivih izvora energije – IX. Ličko-senjska županija*, Energetski institut Hrvoje Požar, Zagreb, 2012.
- [4] Bless this stuff.com, *Solar powered window socket*,  
<http://www.blessthisstuff.com/stuff/technology/misc-gadgets/solar-powered-window-socket/>, 04.04.2016.
- [5] Božić, K. *et al*, *Geotermalni izvori energije*,  
[http://ipaq.petagimnazija.hr/wpcontent/uploads/2013/10/Obnovljivi\\_Geotermalna\\_slozen.pdf](http://ipaq.petagimnazija.hr/wpcontent/uploads/2013/10/Obnovljivi_Geotermalna_slozen.pdf), 13.03.2016.
- [6] Centar energije.com, *Načini aktivnog i pasivnog korištenja energije Sunca*,  
<http://www.centar-energije.com/nacini-aktivnog-i-pasivnog-koristenja-energije-sunca>, 02.04.2016.
- [7] Cetinić I, Drnovšek, V., *Korištenje energije Sunčeva zračenja kao izvora energije u sustavima grijanja, hlađenja, ventilacije i pripreme tople vode*,  
<http://seminar.tvz.hr/materijali/materijali14/14S04.pdf>, 29.03.2016.
- [8] Cvrk I, *Optimiranje korištenja solarne energije fotonaponskom pretvorbom*,  
<http://www.ieee.hr/download/repository/DR08ICvrk.pdf>, 29.03.2016.
- [9] Debelec I, Vraničar, M., *Panели sunčanih ćelija*,  
[https://www.fer.unizg.hr/download/forum/Panели\\_sun%C4%8Danih\\_%C4%87elija\\_seminar.pdf](https://www.fer.unizg.hr/download/forum/Panели_sun%C4%8Danih_%C4%87elija_seminar.pdf), 29.03.2016.
- [10] EKO Zagreb.hr, Gradski ured za energetiku, zaštitu okoliša i održivi razvoj, *Fokusiranje Sunčeve energije*, <http://www.eko.zagreb.hr/default.aspx?id=88>, 31.03.2016.

- [11] Fond za zaštitu okoliša i energetska učinkovitost,  
[http://www.fzoeu.hr/hr/energetska\\_ucinkovitost/obnovljivi\\_izvori\\_energije/](http://www.fzoeu.hr/hr/energetska_ucinkovitost/obnovljivi_izvori_energije/), 08.04.2016.
- [12] Habjanec D, *Obnovljivi i neobnovljivi izvori energije*,  
<http://web.zpr.fer.hr/ergonomija/2004/habjanec/Dokumenti/Energija.pdf>, 11.03.2016.
- [13] Izvori energije.com – portal o energiji,  
[http://www.izvorienergije.com/geotermalna\\_energija.html](http://www.izvorienergije.com/geotermalna_energija.html), 15.03.2016.
- [14] Izvori energije.com – portal o energiji  
[http://www.izvorienergije.com/energija\\_oceana.html](http://www.izvorienergije.com/energija_oceana.html), 15.03.2016.
- [15] Izvori energije.com – portal o energiji,  
[http://www.izvorienergije.com/energija\\_vjetra.html](http://www.izvorienergije.com/energija_vjetra.html), 15.03.2016.
- [16] Izvori energije.com – portal o energiji,  
[http://www.izvorienergije.com/energija\\_vode.html](http://www.izvorienergije.com/energija_vode.html), 17.03.2016.
- [17] Jerkić L, *Načini pretvorbe energije vodotoka u električnu energiju*,  
<http://www.obnovljivi.com/energija-vode/57-nacini-pretvorbe-energije-vodotoka-u-elektricnu-energiju?showall=1>, 17.03.2016.
- [18] Kalajžić M, *Postavljanje solara na krovove kuća ostalo bez državnih poticaja*,  
<http://www.slobodnadalmacija.hr/dalmacija/zadar/clanak/id/214478/postavljanje-solara-na-krovove-kuca-ostalo-bez-drzavnih-poticaja>, 10.04.2016.
- [19] Kalea M, *Obnovljivi izvori energije – energetska pregled*, Kiklos, Zagreb, 2014.
- [20] Koški Ž, Zorić, G., *Akumulacija Sunčeve energije u pasivnim obiteljskim kućama*,  
[hrcak.srce.hr/file/94763](http://hrcak.srce.hr/file/94763), 03.04.2016.
- [21] Labudović B, *et al*, *Osnove primjene biomase*, Energetika Marketing, Zagreb, 2012.
- [22] Logoetika, *Solarna energija - inovacije za budućnost*,  
<http://logoetika.blogspot.hr/2012/12/solarna-energija-inovacije-za-buducnost.html>,  
04.04.2016.
- [23] Međimorec D, *Biomasa za bioenergiju*,  
<http://www.obnovljivi.com/energija-biomase/404-biomasa-za-bioenergiju?showall=1>,  
16.03.2016.

- [24] *Obnovljivi izvori energije*,  
[http://www.pmfbl.org/majam/modeli\\_simulacije\\_ekologiji/seminarski%20radovi/obnovljivi\\_izvori\\_energije.pdf](http://www.pmfbl.org/majam/modeli_simulacije_ekologiji/seminarski%20radovi/obnovljivi_izvori_energije.pdf), 11.03.2016.
- [25] Opričić M, *Energetska efikasnost i obnovljivi izvori energije*,  
<http://sr.scribd.com/doc/142107026/Obnovljivi-Izvori-Energije-Seminarski-Rad#scribd>,  
[10.03.2016.](http://sr.scribd.com/doc/142107026/Obnovljivi-Izvori-Energije-Seminarski-Rad#scribd)
- [26] *Poticaži za obnovljive izvore energije u Hrvatskoj*,  
<http://www.toplinskepumpe.com/2011/05/poticaži-za-obnovljive-izvore-energije-u-hrvatskoj/>, 08.04.2016.
- [27] Prelec Z, *Izvor energije – utjecaj na okoliš*,  
[http://www.riteh.uniri.hr/zav\\_katd\\_sluz/zvd\\_teh\\_term\\_energ/katedra4/Inzenjerstvo\\_zastite\\_okolisa/2.pdf](http://www.riteh.uniri.hr/zav_katd_sluz/zvd_teh_term_energ/katedra4/Inzenjerstvo_zastite_okolisa/2.pdf), 16.03.2016.
- [28] Razvojna agencija Zagreb – RAZA,  
<http://www.raza.hr/Poduzetnickipojmovnik/Obnovljivi-izvori-energije>, 12.03.2016.
- [29] Sučić I, *Povijest korištenja energije Sunca*,  
<http://www.obnovljivi.com/energija-sunca/50-povijest-koristenja-energije-sunca?showall=1>, 25.03.2016.
- [30] Sučić I, *Moderni načini pretvorbe energije Sunca u električnu energiju – fotonapon*,  
<http://www.obnovljivi.com/energija-sunca/53-moderni-nacini-pretvorbe-energije-sunca-u-elektricnu-energiju-fotonapon?showall=1>, 29.03.2016.
- [31] Sustainable Energy BiH, *Hydroenergija*,  
<http://www.sustainable-energybih.org/res2/hpp>, 17.03.2016.
- [32] Sutlović I, *Oblici energije. Potrošnja energije u svijetu*,  
[https://www.fkit.unizg.hr/download/repository/3\\_predavanje\\_Energetika\\_premaUE\\_prema\\_3\\_pred\\_u\\_Power\\_pointu%5B1%5D.pdf](https://www.fkit.unizg.hr/download/repository/3_predavanje_Energetika_premaUE_prema_3_pred_u_Power_pointu%5B1%5D.pdf), 10.03.2016.
- [33] Šimetin V, *Građevinska fizika*, GI Fakultet građevinskih znanosti Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 1983.
- [34] Udovičić B, *Energetika*, Školska knjiga, Zagreb, 1993.



- [35] Vrljika I, *Čista i neiscrpna solarna energija*,  
[http://www.gimnazija-vnazora-zd.skole.hr/upload/gimnazija-vnazora\\_zd/images/newsimg/1883/File/CISTA\\_I\\_NEISCRPNA.pdf](http://www.gimnazija-vnazora-zd.skole.hr/upload/gimnazija-vnazora_zd/images/newsimg/1883/File/CISTA_I_NEISCRPNA.pdf), 29.03.2016.
- [36] Wikipedija – slobodna enciklopedija, *Hidroenergija*  
<https://hr.wikipedia.org/wiki/Hidroenergija>, 17.03.2016.
- [37] Wikipedija – slobodna enciklopedija, *Hidroelektrana*,  
<https://hr.wikipedia.org/wiki/Hidroelektrana>, 17.03.2016.
- [38] Zelena energetska zadruga, *Prelazak Hrvatske na 100% obnovljivih izvora energije*,  
<http://www.greenpeace.org/croatia/Global/croatia/Prelazak%20Hrvatske%20na%20obnovljive%20izvore%20energije.pdf>, 19.03.2016.
- [33] Zeleni partner, *Korisna inovacija utičnica koja koristi solarnu energiju*,  
<http://zelenipartner.eu/art/korisna-inovacija-uticnica-koja-koristi-solarnu-energiju>,  
04.04.2016.
- [40] Zeleni partner, *Top 6 inovacija u solaru*,  
<http://zelenipartner.eu/art/top-6-inovacija-u-solaru>, 04.04.2016.