Ušteda energenata na zgradama javnih ustanova pomoću solarnih sustava

Dukarić, Ana

Undergraduate thesis / Završni rad

2019

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:200:006562

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-24**

Repository / Repozitorij:

Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA I INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA

Sveučilišni studij

Ušteda energenata na zgradama javnih ustanova pomoću solarnih sustava

Ana Dukarić

Osijek, 2019.

Sadržaj

1. UVOD ... 1
2. SUNČEVA ENERGIJA ... 2
2.1 ŠTO JE SUNČEVA ENERGIJA? ... 2
2.2. ISKORIŠTAVANJE ENERGIJE SUNCA ... 3
2.3. DIREKTNA PRETVORBA SUNČEVE ENERGIJE U ELEKTRIČNU ENERGIJU ... 4
2.3.1. AKTIVNO ISKORIŠTAVANJE SUNČEVE ENERGIJE ... 4
2.3.2. PASIVNO ISKORIŠTAVANJE ENERGIJE SUNCA ... 6
3. SOLARNE ELEKTRANE ... 8
3.1. FOKUSIRANJE SUNČEVE ENERGIJE ... 8
3.2.Power Tower ... 8
3.3.Dish sustav ... 9
3.4.SOLARNE TERMALNE ELEKTRANE ... 10
3.4.1.SOLARANE TERMOELEKTRANE S PARABOLIČNIM ŽLJEBASTIM KOLEKTORIMA ... 11
3.4.2.SOLARNE TERMOELEKTRANE SA SREDIŠNJIM PRIHVATNIKOM NA TORNJU ... 12
3.4.3.SOLARNE TERMOELEKTRANE S PARABOLIČNIM TANJURASTIM KOLEKTORIMA ... 14
3.4.4.SOLARNE TERMOELEKTRANE S FRESNELOVIM REFLEKTORIMA ... 14
3.4.5.SOLARNE UZGONSKE ELEKTRANE ... 15
3.4.6.SOLARNA ELEKTRANA – JEZERO ... 16
4.FOTONAPONSKI SUSTAVI ... 17
4.1. PRINCIP RADA ... 17
4.2.VRSTE FOTONAPONSKIH ĆELIJA ... 18
4.3.FOTONAPONSKE ĆELIJE – SILICIJ ... 18
4.3.1.MONOKRISTALNI SILICIJ (c-Si) ... 18
4.3.2.POLIKRISTALNI SILICIJ (p-Si) ... 19
4.3.3.AMORFNI SILICIJ (a-Si) ... 20
4.4.FN ĆELIJE – TANKOSLOJNE ... 20
4.4.1.POLIKRISTALNE TANKOSLOJNE ... 20
4.4.2.CIS ... 21

4.4.3.MONOKRISTALNE TANKOSLOJNE ĆELIJE 22
4.5.ELEMENTI FOTONAPONSKOG SUSTAVA 23
4.5.1.SAMOSTALNI FOTONAPOSKI SUSTAVI 23
4.5.2 AKUMULATORI 24
4.5.3.REGULATOR PUNJENJA 25
4.5.4.INVERTER (PRETVARAČ) 25
4.6.MREŽNI FOTONAPONSKI SUSTAVI 25
4.6.1. FN SUSTAVI PRIKLJUČENI NA JAVNU MREŽU PREKO KUĆNE INSTALACIJE 26
4.6.2. FN SUSTAVI IZRAVNO PRIKLJUČENI NA JAVNU MREŽU 26
5. OBJEKT PROMATRANJA 28
5.1. PRORAČUN 29
5.1.2. PRVA MOGUĆNOST 31
5.1.3. DRUGA MOGUĆNOST 32
5.1.4. TREĆA MOGUĆNOST 33
ZAKLJUČAK 34
SAŽETAK 34
SUMMARY 34
LITERATURA 35
ŽIVOTOPIS 36

1. UVOD

Zadatak ovog završnog rada je u potpunosti opisati fotonaponske ćelije, ali i proces proizvodnje električne energije Sunčevog zračenja. Proces započinje od Sunčeve energije koja je dio obnovljivih izvora energije, te predstavlja glavni izvor. Prilikom opisa rada kreće se od solarne enegrije, opisa solarnih panela i fotonaponskih ćelija. Koristimo i formula koje uvelike pomažu prilikom matematičkih izračuna, do građe ćelije, nastajanja modula i nizova. Istražene su i opisane i nove tehnologije izrade fotonaponskih modula, te prikazani prednosti i nedostaci. U praktičnom dijelu ovog rada ispitivat će semogućnost smanjenja cijene energenata na osnovnoj školi Višnjevac kada bi se postavili solarni sustavi. Analizirat ćemo više sustava i odabrati najbolji i najpraktičniji.

2. SUNČEVA ENERGIJA

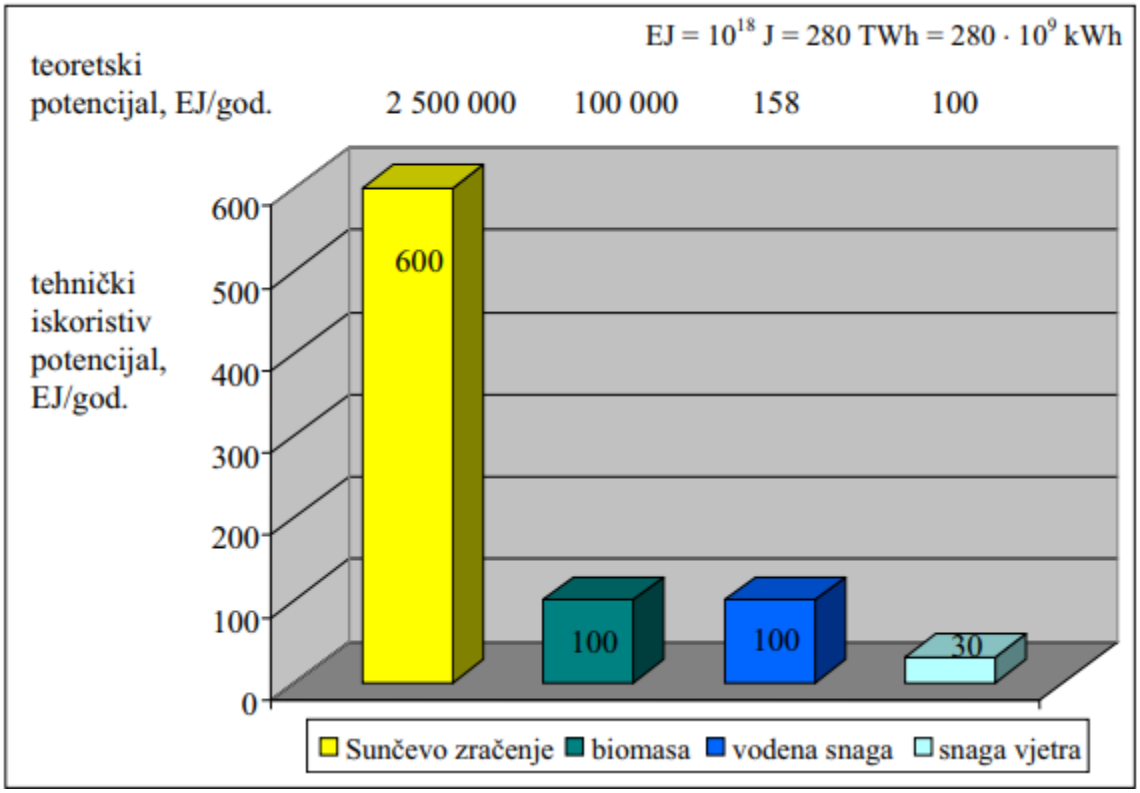
2.1 ŠTO JE SUNČEVA ENERGIJA?

Budući da se većina stvari na Zemlji pokreće energijom koju nam omogućava Sunce, kroz godine tehnologija za iskorištavanje Sunčeve energije napreduje velikom brzinom. Sunčeva energija spada u grupu obnovljivih izvora što znači da se smatra neograničenim izvorom. Količina energije prenesena zračenjem Sunca na površinu Zemlje definicija je Sunčeve energije. U jednoj sekundi Sunce će osloboditi više energije nego što je cijela civilizacija iskoristila za svoje vrijeme što nam govori koliko je zapravo Sunčeva energija važna. Pri pretvaranju u druge korisne oblike energije pomaže da se rješavaju pristune energetske krize.

Sunčevu energiju prema učestalosti pretvrobi pretvaramo ju u :

1. toplinsku (grijanje, solarne termoelektrane, topla voda)
2. električna (fotonaponi)

Možemo reći da zračenje Sunca prije nego što uđe u atmosferu sadrži skup usporednih elektromagnetskih valova što se zbog toga što su Sunce i Zemlja na velikoj udaljenosti. Zrake prolazeći kroz atmosferu slabe jer se događa interakcija s plinovima i vodenom parom. Tijekom tog procesa s plinovima, zrake će na tlo doći kao izravno i raspršeno zračenje. Direktno ili izravno Sunčevo zračenje potječe iz naizgled direktna smjera Sunca, dok difuzno ili raspršeno zračenje uzrokovano je razasutim zrakama Sunca te dolazi iz svih smjerova. Kada gledamo globalno zračenje onda promatramo i direktno i difuzno zračenje. Također, možemo spomenuti i reflektirano ili odbijeno zračenje koje se reflektira od zemlju ili vodenu površinu. [1]



Slika 2.1. Teoretski i tehnički potencijal obnovljivih izvora energije [3]

2.2. ISKORIŠTAVANJE ENERGIJE SUNCA

U unutrašnjosti Sunca vodik će se prilikom nuklearnih reakcija fuzije pretvoriti u helij i posljedicom reakcije oslobađa se velika količina energija. Tako nastala energija širi se u obliku svijetlosti i topline u svemir pa i dio te energije dopire do Zemlje.

Za direktno iskorištavanje energije Sunca možemo iskoristiti osnove pristupe poput grijanja i fotoefekta. Za pretvaranje Sunčeve energije u toplinsku energiju vode ili druge tekućine, služimo se pomoću solarnih kolektora. Voda koju je potrebno zagrijati prolazi direktno kroz kolektor na krovu zovemo otvoreni sistem za grijanje vode, ili zatvoreni u kojima je kolektor ispunjen antifrizom (tekućina koja se neće smrznuti). Tijekom sunčanog dana voda može biti ugrijana samo u kolektorima, ali ako vrijeme nije lijepo kolektori pomažu pri grijanju te vode i time će se smanjiti potrošnja struje. [2]

Pretvorba Sunčeve energije u toplinsku ili električnu će biti temelj ovog završnog rada gdje ćemo pokazati u daljenjem izračunu i opisu može li se uštedjeti pomoću ovog izvora.

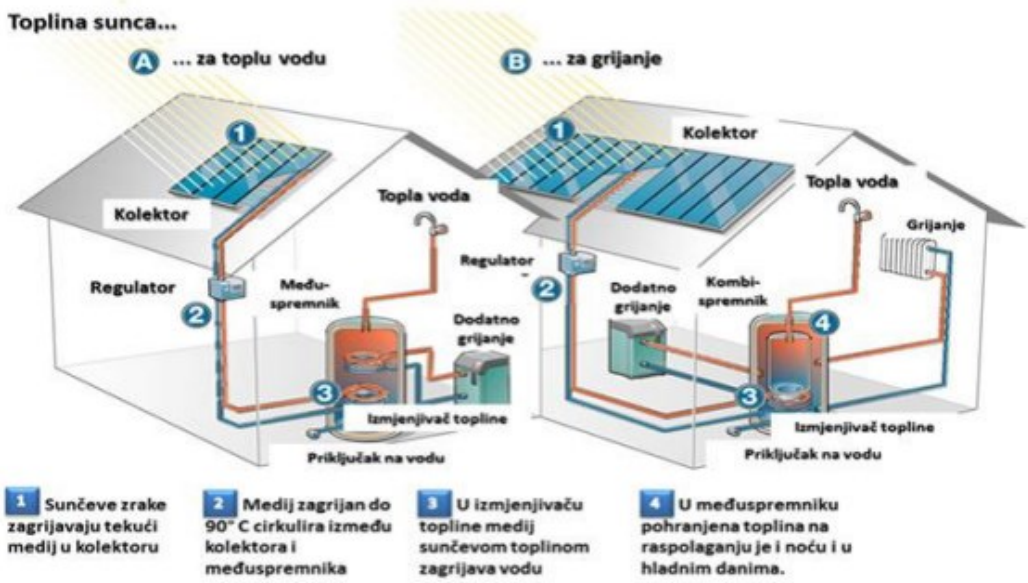
Osnovni pristupi za direktno iskorištavanje Sunca su grijanje i fotoefekt.

2.3. DIREKTNA PRETVORBA SUNČEVE ENERGIJE U ELEKTRIČNU ENERGIJU

Direktnu pretvrobu Sunčeve u električnu energiju dobit ćemo pomoću poluvodičkih elemenata, tj. fotonaponskih ćelija. Fotonaponske ćelije se mogu iskoristiti kao dodatni ili samostalni izvor energije. Samostalni izvor energije koristi se u udaljenim objektima koji trebaju dugotrajan izvor energije (sateliti). O isplativosti i korisnosti fotonaponski ćelija objasnit će se kroz daljnje informacije završnog rada.

2.3.1. AKTIVNO ISKORIŠTAVANJE SUNČEVE ENERGIJE

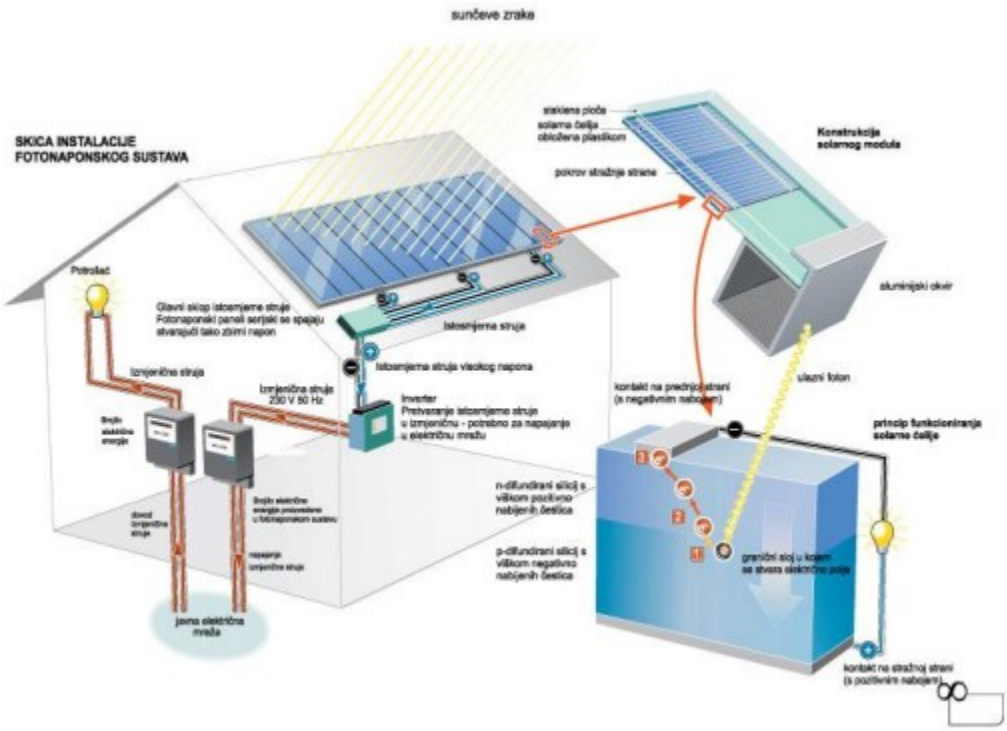
Aktino iskorištavanje Sunčeve energije je moderna tehnologija za grijanje vode i prostora, prozvodnje električne energije te pare. Sunčevu energiju pomoću uređaja sa zrakom ili kolektorom (tekući medij) neposredno pretvaramo u toplinsku energiju. Zagrijani medij najčešće koristimo za zagrijavanje bazena, vode, staklenika, sušenje voća. Energiju koju skupimo trebamo uskladištiti da je možemo koristiti kada nemamo sunčeve energije, tj.nema potrebe za njenim korištenjem. Tekućinu koju smo zagrijali čuva se u izoliranim spremnicima, a zagrijani zrak u akumulacijama od kamena.



Slika 2.2. Aktivni način iskorištavanja energije Sunca za proizvodnju potrošne tople vode [3]

Pomoću fotonaponskih sustava energija Sunca pretvara se u električnu energiju i na taj način pomoću istosmjernog napona koristimo je za rasvjetu i ventilaciju. Potrošačima kojima je potreban izmjenični napon od 230 V koriste ove sustave, ali uz dodatne inverterske jedinice. Prikupljena energija se skladišti u akumulatorima.

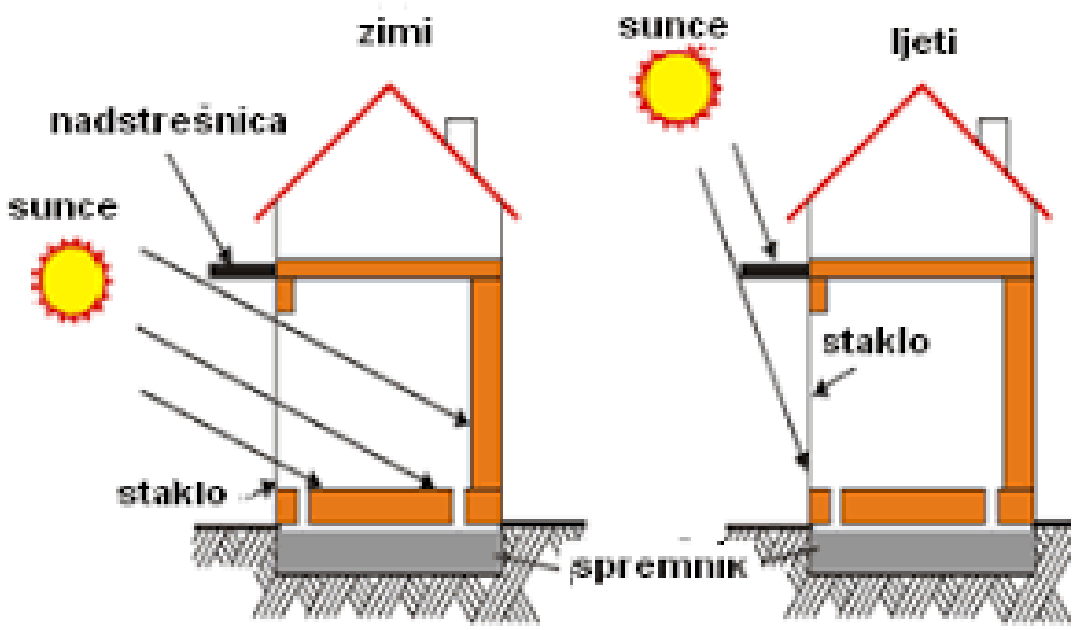
Kada je potrebna električna energija na mjestima gdje nema električne mreže (vikendice, udaljena mjesta, otoci i sva ona na kojima se ne isplati raditi mreža) nameću se fotonaponski sustavi kao rješenje, samostalni ili kombinacija s dizelskim generatorima – hibridni sustavi.



Slika 2.3. Aktivni način iskorištavanja energije Sunca za dobivanje električne energije [3]

2.3.2. PASIVNO ISKORIŠTAVANJE ENERGIJE SUNCA

Pasivno iskorištavanje energije Sunca koristimo u građevini (zgrade) – energetske vanjske zidove, orijentacija zgrade, višeslojne fasade. Kada imamo zgradu s takvim elementima, troši se manje energije u odnosu na klasično izgrađene zgrade. Da bismo više uštedjeli bitno je kod izgradnje paziti da su prostorije koje se koriste najviše okrenute prema jugu, a prostorije koje ne zahtjevaju grijanje budu okrenute na sjevernu stranu. Po zimi za takav način gradnje imamo toplinske dobitke. Višeslojnom fasadom rješavamo skladištenje topline i toplinsku izolaciju. Svi ovi elementi za pasivno korištenje energije Sunca trebaju se iskoristiti kao cijelina za izgradnju jedne zgrade.

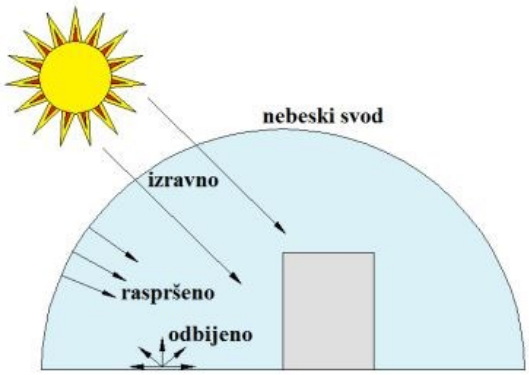


Slika 2.4. Pasivno korištenje Sunčeve energije [6]

3. SOLARNE ELEKTRANE

3.1. FOKUSIRANJE SUNČEVE ENERGIJE

Da dobijemo električnu energiju fotoelektričnim efektom moramo imati usmjereno gibanje struje, tj. fotoelektrona. Fokusiranje Sunčeve energije upotrebljava se za toplinske pogone ili za pogon velikih generatora.

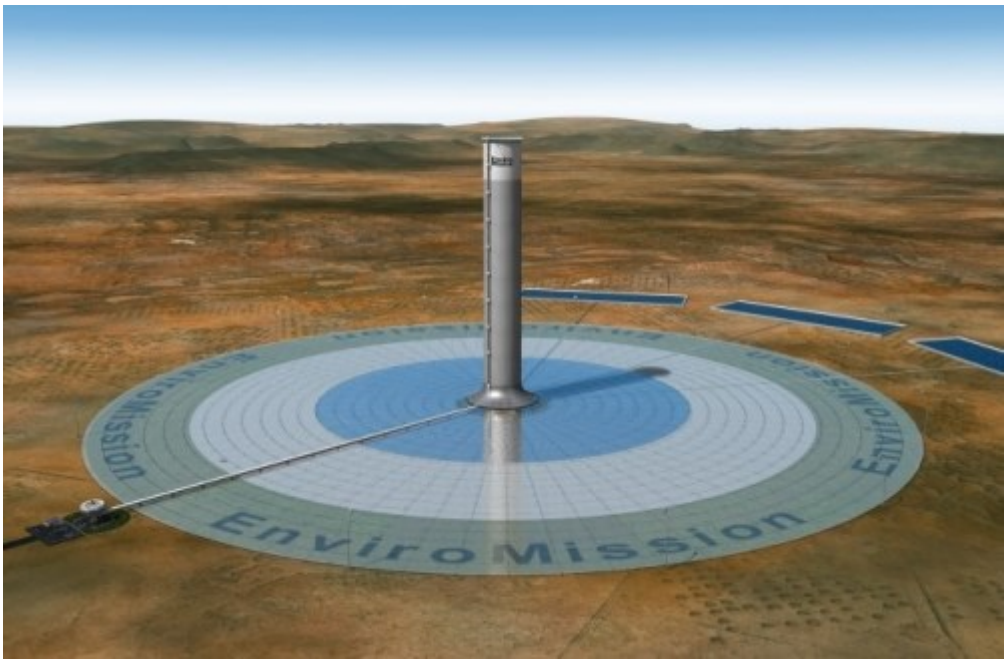


Slika 3.1. Sunčevo zračenje ovisno u načinu upada zraka Sunca na postavljeni objekt na Zemlji [4]

3.2. Power Tower

Solarni toranj ili Power Tower je vrsta solarne termalne elekrane koji spada u obnovljive izvore energije. Ovakav tip elektrane fokusira sunčeve zrake pomoću tisuća zrcala na kolektor koji se nalazi na vrhu samoga tornja. Zrcala rasporođena oko tornja imaju ugrađene motore koji rotiraju zrcala. Sustav ovog tipa iskorištava svjetlost koja pada okomito na njega. Trajanje obasjavanja Suncem ne možemo kontrolirati stoga trebamo imati skladištenje toplinske energije kako bi sustav funkcionirao i pod danima kada nema povoljnih vremenskih uvjeta, tj. Sunca. Efikasnost solarnih tornjeva iznosi oko 15%. Nedostatak ovakve elektrane je to što zauzima veliku površinu, a da bi ovakav način bio efikasan potrebne su veće snage elektrane na manjoj jedinici površine. Prednosti

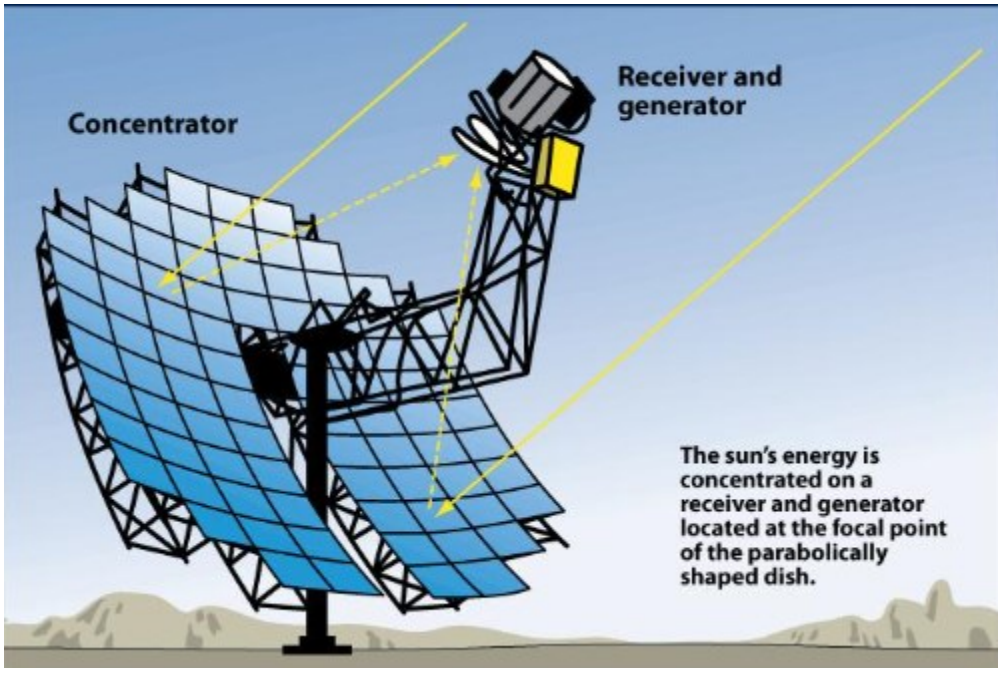
ove vrste izvora energije što nema nikakvog posebnog održavanja, ne koristi nikakvog gorivo osim Sunčeve svijetlosti i nema emisije zagađanje okoline. [6]



Slika 3.2. Power Tower u Arizoni [6]

3.3. Dish sustav

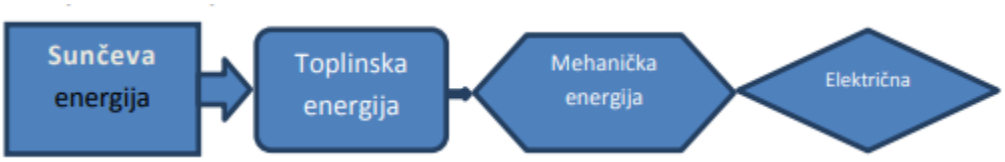
Dish sustav ili Stirlingov tanjur prati kretanje Sunca i tako fokusira sunčeve zrake. Ovo je najučinkovitiji sustav za proizvodnju električne energije. Tehnologija ovog načina je da se sustav sastoji od velikog reflektirajućeg tanjura koji fokusira sunčeve zrake u točku koja se nalazi iznad tanjura koja pretvara zrake u nama korisnu energiju. Učinkovitost tanjura iznosi i do 32%. Prednosti Stirlingovog tanjura, osim visoke učinkovitosti također je to što svaki tanju samostalno može proizvesti energiju. Nedostatak ovakve elektrane je nemogućnost skladištenja energije. [7]



Slika 3.3. Dish izgled [7]

3.4. SOLARNE TERMALNE ELEKTRANE

Solarne termalne elektrane daju električnu struju tako što zagrijavamo tekućinu ili krutinu, a potom taj proizvod koristimo u kružnom procesu.



Slika 3.4. Slijed pretvorbe energije u solarnoj termoelektrani [9]

Načelo rada solarne termoelektrane kao i kod konvecionalne termoelektrane temelji se na toplinskom stroju koji pretvara toplinu koju daje energetski izvor (Sunce, biomasa, fosilno i nuklearno gorivo), u mehaničku energiju.

Imamo više vrsta solarnih termoelektrana. Skupina koncetrirajućih sustava:

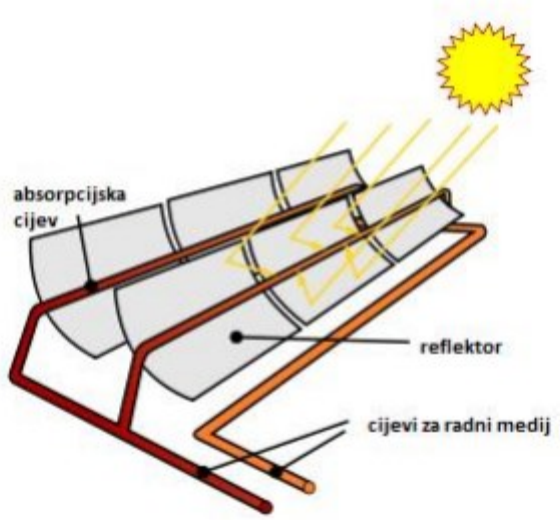
- s paraboličnim žljebastim kolektorima
- sa središnjim prihvatnikom na tornju i poljem heliostata
- s paraboličnim tanjurastim kolektorima
- s Fresnelovim kolektorima

Solarane termoelektrane koje ne spadaju u skupinu koncentrirajućih solaranih sustava:

- solarna uzgonska elektrana
- solarna termoelektrana – jezero

3.4.1. SOLARANE TERMOELEKTRANE S PARABOLIČNIM ŽLJEBASTIM KOLEKTORIMA

Instalirana postrojenja koja se sastoje od dugih paralelnih zrcala savijenih u korito koje prati Sunce. Sunčeve zrake se potom fokusiraju na cijev smještenu u fokus zracala. Ovakvi kolektrori pogodni su za rad na temperaturi od 150 do 500ºC.



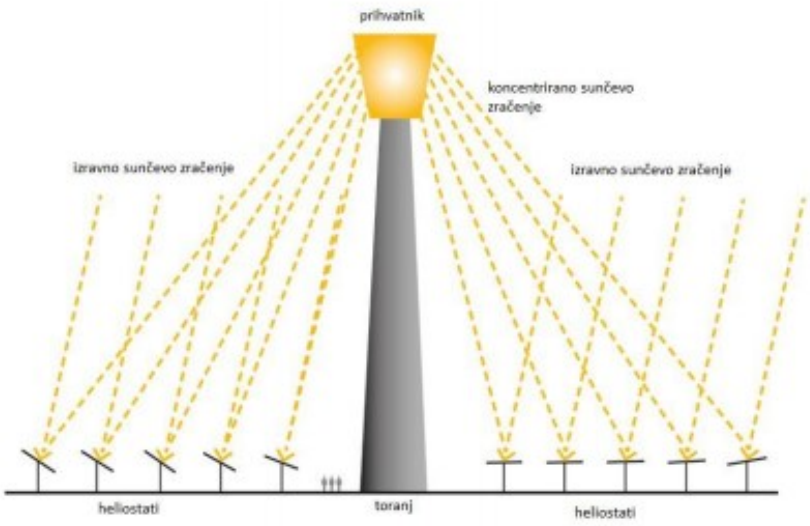
Slika 3.5. Jednostavni prikaz funkcioniranja paraboličnog žljebastog kolektora [5]

Slika 3.6. Postrojenje s paraboličnim žljebastim kolektorima [7]

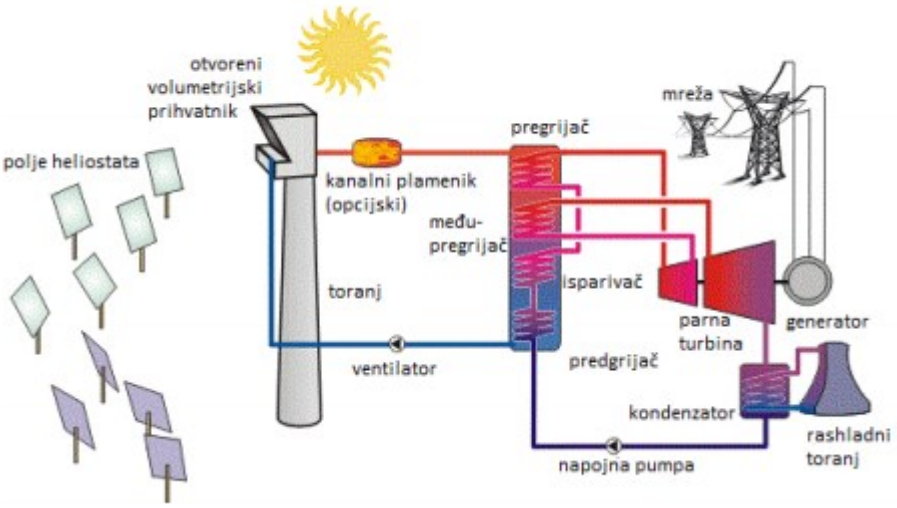
3.4.2. SOLARNE TERMOELEKTRANE SA SREDIŠNJIM PRIHVATNIKOM NA TORNJU

Prozivodnja električne energije nastaje tako što se fokusiraju Sunčeve zrake na prihvatnik smješten na tornju. Sunčevo zračenje je fokusirano preko polja pojedinačnih ogledala – heliostata, u jednu točku na vrhu tornja. U ovim solarnim termoelektranama postižu se temperature i do 1000ºC.

Ovakav sustav pogodan je za elektrane veličine 30 do 400 MW spojene na elektroenergetski sustav.



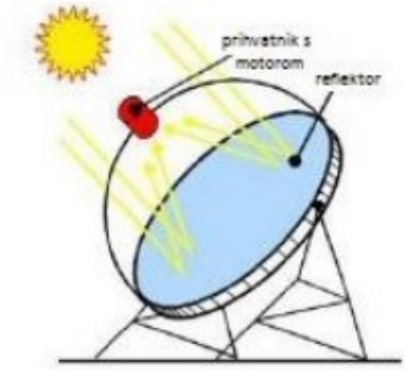
Slika 3.7. Koncept solarne termoelektrane s centralnim prihvatnikom na tornju i poljem heliostata [13]



Slika 3.8. Pojednostavljena shema hibridne solarne termoelektrane s otvorenim volumetrijskim prihvatnikom na tornju i poljem heliostata [13]

3.4.3. SOLARNE TERMOELEKTRANE S PARABOLIČNIM TANJURASTIM KOLEKTORIMA

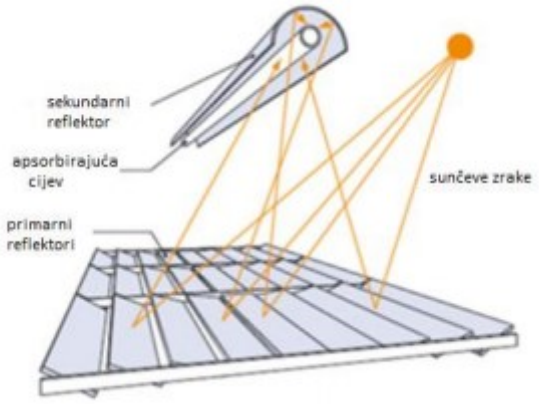
Način rada ove elektrane svodi se na parabolična zrcala u obliku tanjura na način da Sunčeve zrake koje upadaju na površinu zrcala reflektiraju se u jednu točku. U prihvatnik (točku) nalazi se i Stirlingov motor koji Sunčevu energiju pretvara u mehaničku, a generator koji je direktno spojen s motorom mehaničku pretvara u električnu energiju. Zbog fizičke osnove ovakav sustav može opremati manje potrošače snage do 100 kW. Radni medij se može zagrijati i preko 1000ºC jer tanjur prati hod Sunčeva zračenja.



Slika 3.9. Koncept koncentriranja sunĉevih zraka kod tanjurastog paraboliĉnog kolektora [13]

3.4.4. SOLARNE TERMOELEKTRANE S FRESNELOVIM REFLEKTORIMA

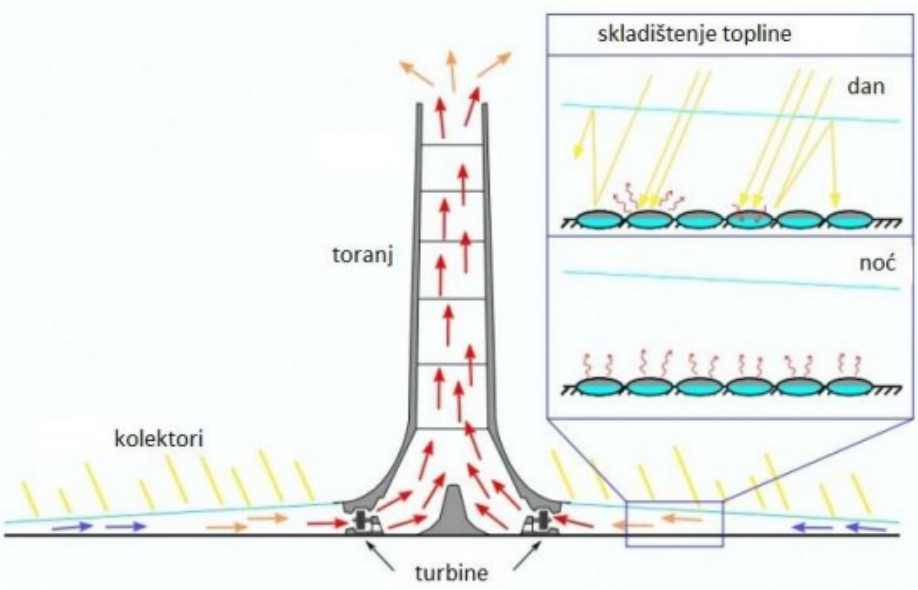
Fresnelov kolektor je linearni koncentrirajući sustav s prihvatnikom, ali ne prati hod sunčevog zračenja, ali primarni reflektori (zrcala) se naginju u smjeru sjever-jug. Takvo praćenje se najbolje usmjerava prema sekundarnim reflektorima koji skreće zrake na apsorbirajuću cijev. Lakše se održavaju od paraboličnih sustava, ali efikasnost im je 30% manja. Imaju gubitke zbog sjene jutranjih i večernjih sati pa postoji neujednačenost snage rada elektrane u sunčanim danima.



Slika 3.10. Princip djelovanja Fresnelovih kolektora [9]

3.4.5. SOLARNE UZGONSKE ELEKTRANE

Princip rada uzgonske elektrane zasniva se na principu efektra staklenika i toplinskog uzgona. Ima veliku površinu prekrivenu pokrovom koja apsorbira zrake i materijal poput stakla ili polivinil-flourida koji služi kao kolektor topline. Učinkovitost ove elektrane je niska – od 0.5 do 1.3%, ali iskoristivost ćemo povećati visinom dimnjaka, ali ako je iznad 1500m predstavlja tehničke i ekonomske prepreke.



Slika 3.11. Načelo rada solarne dimnjaćne elektrane [8]

3.4.6. SOLARNA ELEKTRANA – JEZERO

Solarno jezero je otvoreni spremnik s tamnim dnom. Umjetno ćemo izazvati proces – termoklima. Zbog različite slanoće voda je podijeljena u tri sloja. Donji sloj je sloj visoke slanoće čija je debljina uvjet za toplinski kapacitet elektrane jer je u izravnom doticaju s tamnim dnom koje se zagrijava jer se upija Sunčevo zračenje – efekt crnog tijela. Efikasnot je oko 0.5% i ovih elektrana ima najmanje te su u fazi razvoja.

Slika 3.12. Solarno jezero [10]

4.FOTONAPONSKI SUSTAVI

4.1. PRINCIP RADA

Svjetlost ima dvojni karakter prema kvantnoj fizici. Ono je i val i čestica, a čestice svjetlosti se nazivaju fotoni. Fotoni se gibaju brzinom svijetlosti i to su čestice bez mase mirovanja. Pomoću Planckovog zakona možemo izračunati energiju fotona:

$$E = h * v$$

Gdje E predstavlja energiju fotona, h=6.626x10^{-34} Js; Planckova konstanta i v predstavlja frekvenciju fotona.

Elektroni su slobodni što znači da se slobodno mogu gibati, a mogu biti i valentni koji su vezani u atom. Da može nastati slobodni elektron treba se dobiti energija koja će biti veća od energije vezanja kojom je elektron vezan za atom u atomskoj vezi. Kada spominjemo fotoelektrični efekt, elektron će tu potrebnu energiju dobiti od sudara s fotonom, gdje će se dio energije pretvoriti u kinetičku energiju, a dio će se iskoristit za pucanje veze vezanog (valentnog) elektrona. Fotoelektron je slobodni elektron dobiven fotoelektričnim efektom. [3]

4.2. VRSTE FOTONAPONSKIH ĆELIJA

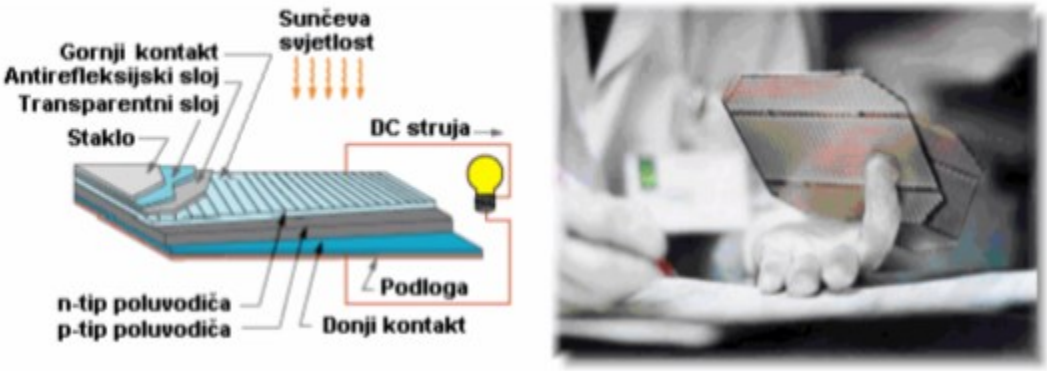
Fotonaponske ćelije izrađene su od različitih tipova poluvodičkih materijala. Materijali mogu biti posloženi u različite strukture da bi se postigla što bolja efikasnost pretvorbe. Materijali i tehnologija kojom se izrađuju fotonaponske ćelije su:

- Silicij (Si) – monokristalni silicij (c-Si), polikristalni silicij (p-Si), amorfni silicij(a-Si)
- Polikristalni tankoslojni materijali (polikristalni tanki film) – CIS spoj poluvodičkih materijala (Bakar-Indij-Diselenid), CdTe (Kadmij-Telurid), 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 [4]

4.3. FOTONAPONSKE ĆELIJE – SILICIJ

4.3.1. MONOKRISTALNI SILICIJ (c-Si)

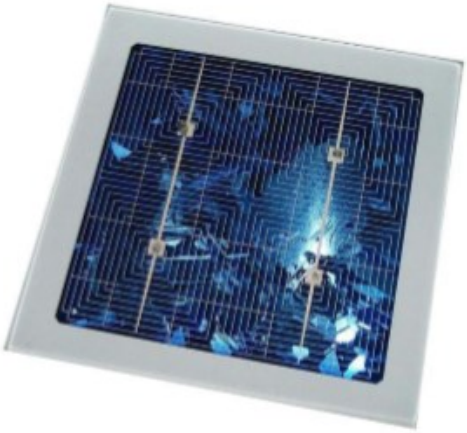
Kada su ćelije izgrađene od monokristalnog silicija znači da se sastoje od materijala koji je napravljen tako da je na jednoj strani ćelije n-slo, a drugo p-sloj Si poluvodiča. Površina ovakvih ćelija ovisit će o presjeku monokristala, a iznosi od 5 do 10 cm, dok im je debljina od 200 do 300 μm. Napon iznosi od 0.55 di 0.70 V, a efikasnost u teoriji iznosi 22% dok je u stvarnosti to oko 15%. Nedostaci ćelija od monokristalnog silicija je to što imaju visoku cijenu proizvodnje te kompliciran i neefikasan proces proizvodnje.



Slika 4.1. Struktura i izgled monokristalne (c-Si) ćelij [5]

4.3.2. POLIKRISTALNI SILICIJ (p-Si)

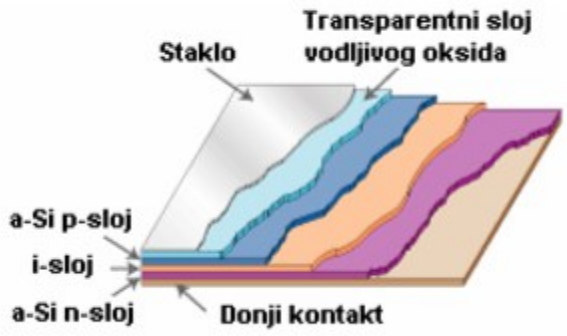
Ćelije izrađene od polikristalnog silicija imaju identičnu strukturu kao ćelije izrađene od monokristalnog silicija, ali suprotnost je to što je polikristalni silicij ima više malih kristala i to dolazi do pojave granica. Pojava granica spriječava tok elektronima što dovodi do smanjenje izlazne snage ovakve ćelije. Proizvodnja ovakve vrste ćelija je jeftinija od procesa proizvodnje monokristalnih ćelija. Imaju manju stvarnu efikasnot između 10 i 13% dok je u teoriji 18%.



Slika 4.2. Polikristalna FN ćelija (p-Si) [5]

4.3.3. AMORFNI SILICIJ (a-Si)

Ćelija amorfnog silicija nema formiranu kristalnu strukturu. Za razliku od monokristalnog silicija, amorfni upija sunčevo zračenje 40 puta efikasnije, tako da kada je obasjan može upiti 90% energije na sloju debljine 1 μm. Amorfni silicij je ekonomičan jer se može proizvoditi na niskim temperaturama i biti postavljen na cijenom prihvatljive materijale (metal, plastika, staklo i sl.). Nedostatak je nestabilnost jer nakon prvog puta što se ćelija izloži sunčevom zračenju smanjuje se vremenski interval što dovodi do gubitaka izlazne snage. Teorijska efikasnost iznosi oko 12% dok je stvarna oko 7% i niže.



Slika 4.3. Struktura amorfne (a-Si) ćelije [5]

4.4. FN ĆELIJE – TANKOSLOJNE

4.4.1. POLIKRISTALNE TANKOSLOJNE

Riječ „tanki film“ ili „tankoslojne“ u ovoj terminologiji odnosi se na tehniku polaganja filma. Tankoslojne fotonaponske ćelije slažu se u tankim slojevima iona,molekula ili atoma. Prednost ovih ćelija s tankim slojem su:

- koristi se manje materijala jer je debljina od 1 do 10 μm
- postavljaju se na jeftine podloge (staklo,plastika,čelik i sl.)
- odabranom podlogom skraćuje se proces proizvodnje

Slika 4.4. Struktura polikristalne tankoslojne FN ćelije [5]

4.4.2. CIS

CIS ili Bakar-Indij-Diselenid je tankoslojni polikristalni materijal koji ima veliku mogućnost apsorbiranja. Upija 99% sunčeve svjetlosti obasjane na ćeliju napravljenu od CIS-a. Sloju koji apsorbira dodaje se količina Galija da bi se još više poboljšala efikasnost (CIGS struktura). Teorijska efikasnost iznosi oko 15% ,ali u stvarnosti je taj iznos puno manji.

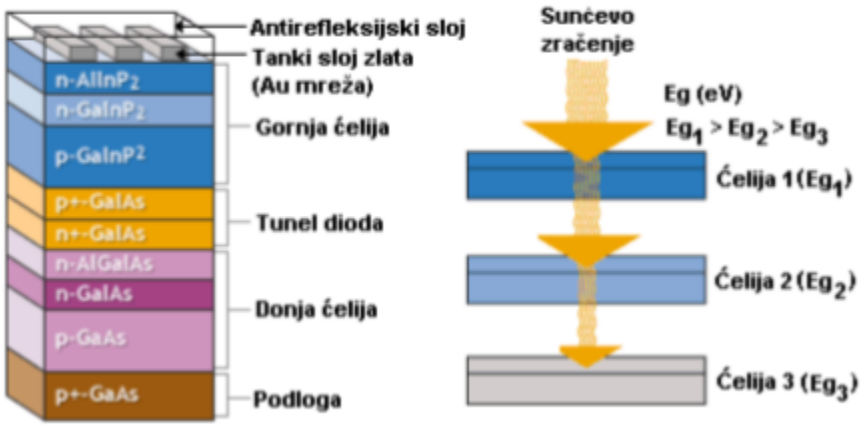
Kadmij-Teluirid (CdTe), također ima veliku mogućnost apsorbiranja i koristi se u napravama gdje se ne mora dodavati drugi materijal. Kao i kod CIS-a, ovi tanki filmovi se isto mogu polagati na cijenovno jeftine podloge. Teorijska efikasnost iznosi oko 15% ,ali u stvarnosti je taj iznos puno manji.

4.4.3. MONOKRISTALNE TANKOSLOJNE ĆELIJE

Većinom su izrađene od Galij-Arsenida (Ga-As). To je poluvodič od dva elemnta: galija i arsena. Galij je rijedak element dok arsen nije, ali je poprilično otrovan.

S multijunction strukturom ćelijama postižemo veću efikasnost pretvorbe jer se uključuje veći dio solarnog spektra nego inače. Ćelije su naslagane jedna na drugu i to tako da će sunčeva svijetlost prvo pasti na materijal koji ima najveći energetski procijep. To se zove selektivni proces apsorbiranja – prve zrake padaju na ćeliju s najvećim energetskim procjepom i idu prema najmanjoj.

Prednosti ovih ćelija su to što je Ga-As otporan na moguća oštećenja koja su izazvana zračenjem i zbog toga se može koristiti za svemirske potrebe. Također, mogu podnijeti visoke temperature i zbog svojstva apsorbacije ćelije su rađene od debljine nekolike mikrometara. Nedostatak je visoka cijena, stoga će se koristiti samo u koncentratorskim sustavima. U teoriji efikasnost monokristalnih ćelija iznosti 28%, a stvarna je 17%



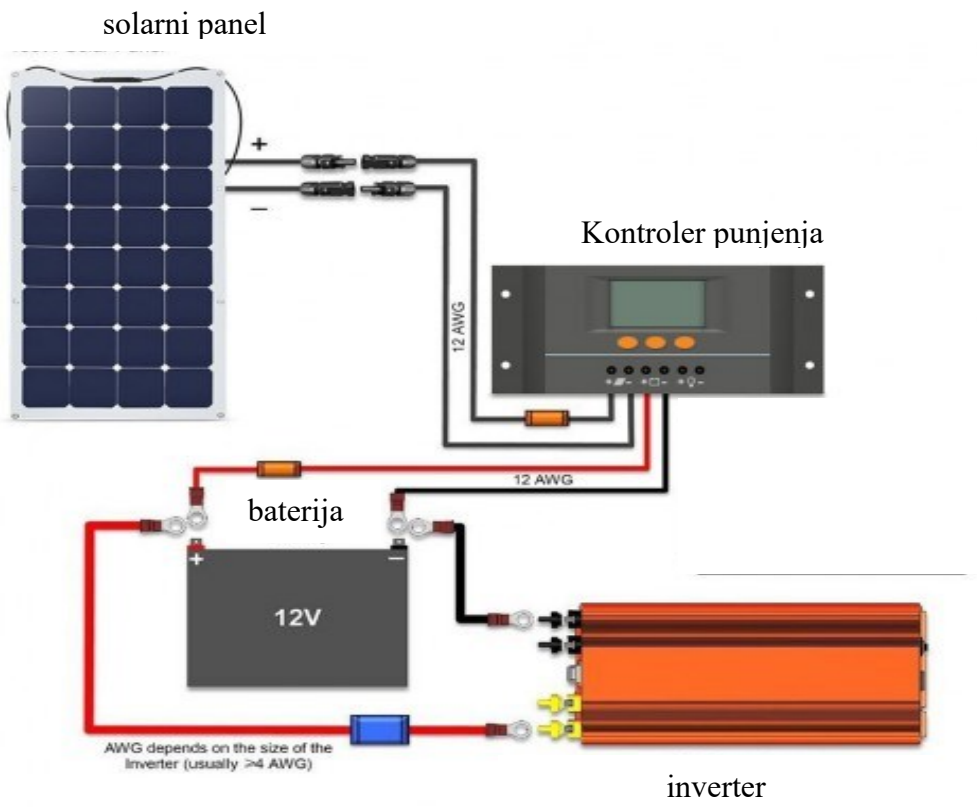
Slika 4.5. Struktura multijunciton FN ćelije i proces apsorbiranja svjetlosti [13]

4.5. ELEMENTI FOTONAPONSKOG SUSTAVA

4.5.1. SAMOSTALNI FOTONAPOSKI SUSTAVI

Kada se radi samostalni fotonaponski sustav prvo trebamo napraviti detaljnu analizu potrošnje i korištenja. Ovakvi sustavi koriste se na mjestima gdje nije moguće izgraditi električnu mrežu ili to nije efikasno. Elementi fotonaponskog sustava su:

- fotonaponske ploče
- akumulatori
- inverteri (pretvarači)
- regulator punjenja
- ugradbeni dijelovi
- provodnici



Slika 4.6. Način rada elemenata fotonaponskih sustava [11]

4.5.2 AKUMULATORI

Sunčevi akumulatori (baterija) je spremište za neiskorištenu energiju koju su fotonaposnke ploče proizvele za vrijeme punjenja. Služe i kao izvor energije kada nema Sunca – vrijeme pražnjenja. Razdbolje između punjenja i praženjenja nazivamo cikličkim ciklusom rada. Taj način rada skraćuje životni vijek akumulatora.

4.5.3. REGULATOR PUNJENJA

Ili kontroler punjenja je elektronski uređaj koji je postavljen između ploča i akumulatora, a cilj mu je da promjenjivi napon iz fotonaponske ploče pretvara u kontrolirani napon kojim se pune i održavaju baterije. Napon se automatski podešava ovisno o temperaturi baterije, tipu i napunjenosti. Još jedan zadatak regulatora je da štiti bateriju od prepunjenosti ili predubokog pražnjenja.

4.5.4. INVERTER (PRETVARAČ)

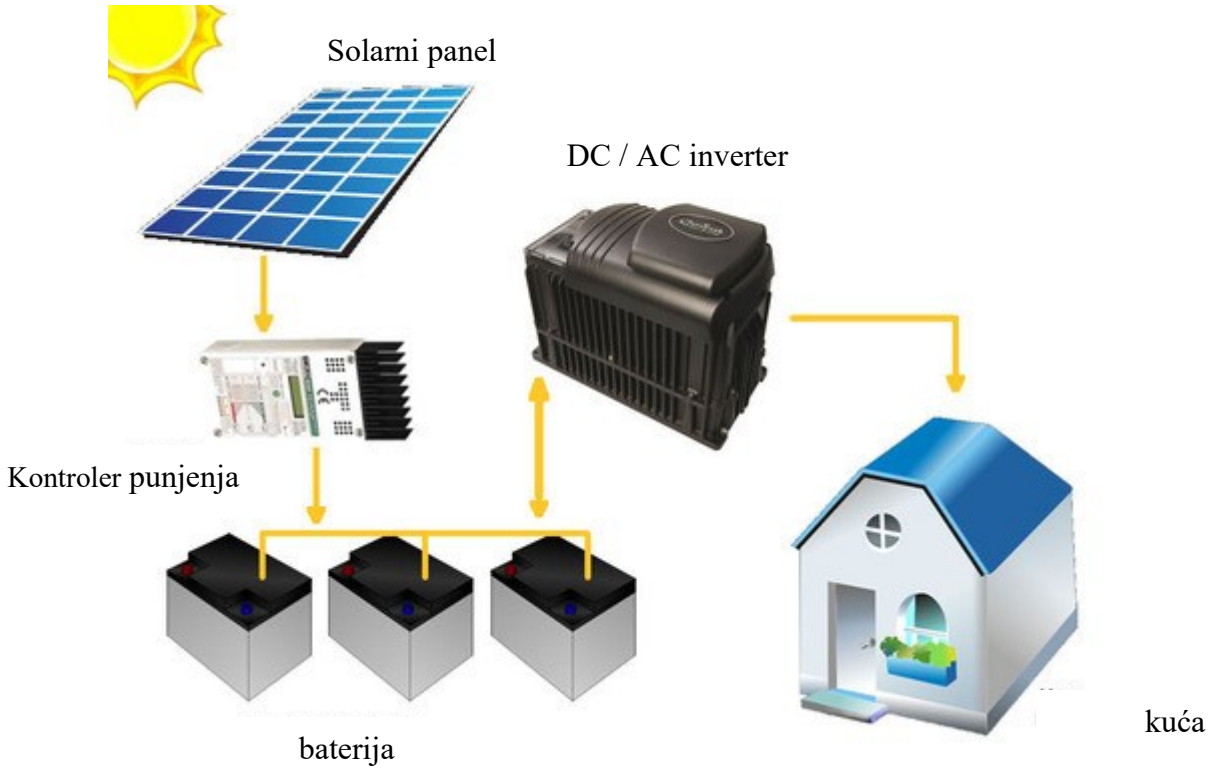
Pretvarač ili inverter služi za pretvorbu energije istosmjernog napona (12 ili 24 V) iz akumulatora u izmjenični napon (230 V). Treba se staviti sinusni pretvarač jer takav omogućuje neometani rad svih standardnih električnih uređaja, a najveća greška u planu fotonaponskog sustava je to što se stavlja manji inverter od potrebnog.

4.6. MREŽNI FOTONAPONSKI SUSTAVI

Mrežni fotonaposki sustavi koriste javnu mrežu, ne koriste akumulatore već energiju koja je prikupljena kao višak tijekom dana vraćaju natrag u mrežu, a noću se manjak prikriva iz mreže. Dijelimo ih na off grid, koji koriste spremnike za skladištenje energije, i on grid sustave koji vraćaju u elektroenergetsku mrežu svu prikljupljenu energiju.

4.6.1. FN SUSTAVI PRIKLJUČENI NA JAVNU MREŽU PREKO KUĆNE INSTALACIJE

Ovakav sustav omogućuje povezivanje sustava priključenih na niskonaponsku razinu elektroenergetskog sustava. Primjena ovakvog sustava je ugradnja na krovove (kose ili ravne) ili ugradnja u fasadu građevine, sportske dvorane, ugostiteljski objekti itd.-off grid sustavi. S obzirom na instaliranu snagu, dijelimo ih do 30 kW, od 30 do 100 kW i preko 100 kW.

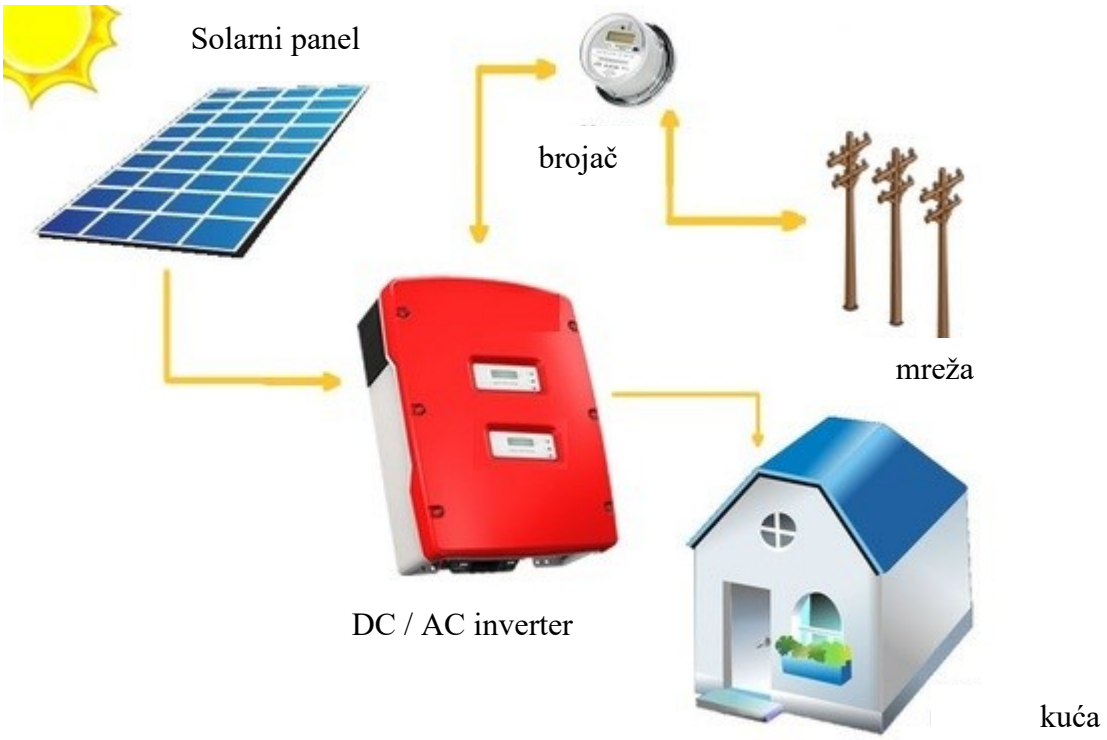


Slika 4.7. Off grid solarni sustav [11]

4.6.2. FN SUSTAVI IZRAVNO PRIKLJUČENI NA JAVNU MREŽU

Ovi sustavi su priključeni na javnu mrežu i svu električnu energiju koja je proizvede predaju natrag u elektroenergetski sustav – on grid sustavi. Imaju jaču snagu i primjenjuju se na velikim

površinama u blizini mreže. Fotonaponske elektrane rade na ovaj princip rada. S obzirom na instaliranu snagu, dijelimo ih do 10 MW, od 10 do 30 MW i preko 30MW.



Slika 4.8. On grid solarni sustav [11]

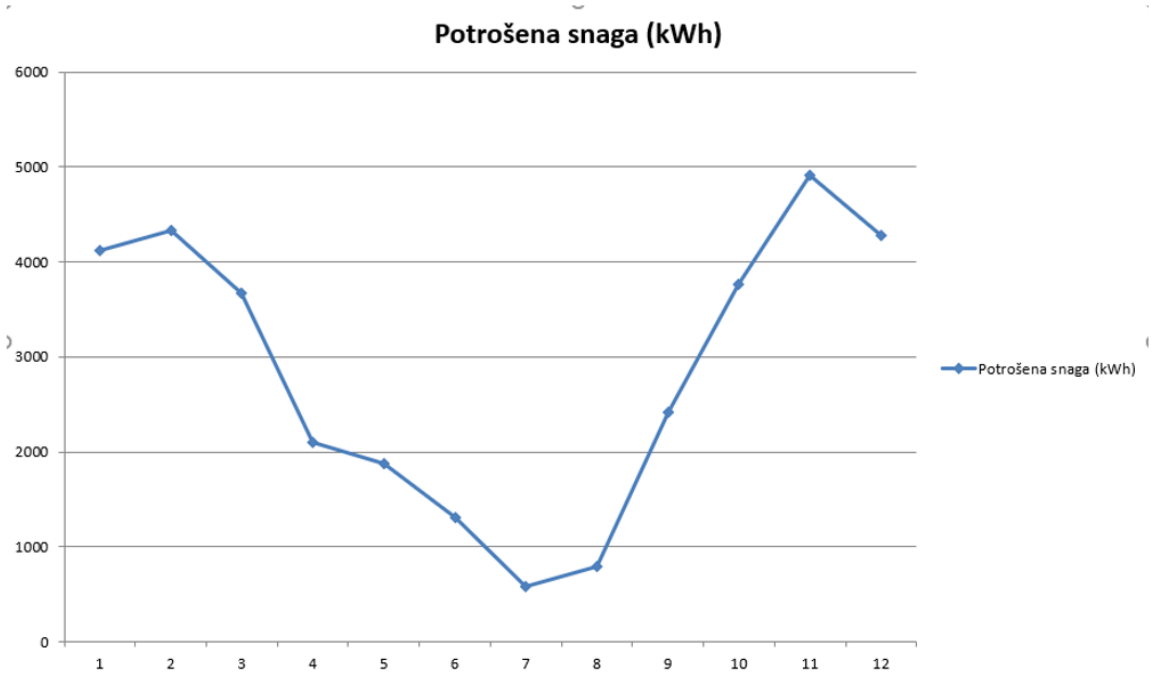
5. OBJEKT PROMATRANJA

Nakon teorijske podloge u završnom radu promatrat ćemo Osnovnu školu Višnjevac kao javni objekt na kojem ćemo napraviti analizu za moguću ugradnju fotonaponskih sustava. Ukupna površina školskog prostora iznosi 5 625 m^2. Škola je izgrađena 1972. godine i u dobrom je stanju.

Slika 5.1. OŠ Višnjevac [12]

5.1. PRORAČUN

U ovome završnom radu za proračun smo uzeli prosjek 2017. i 2018. godine potrošnje električne energije u osnovnoj školi Višnjevac. Škola se sastoji od škole i školske dvorane koje sadrže jednako potrošnju električne energije. Slijedeći dijagram (5.1.) i tablica (5.1.) obuhvaća prosječnu potrošnju energije u 2 godine.



Dijagram 5.1. Prosječna potrošnja električne energije u kWh

Mjeseci	Potrošnja u kWh
1.	4116,5
2.	4325

3.	3674,5
4.	2105,5
5.	1876
6.	1307
7.	577
8.	795
9.	2423
10.	3759,5
11.	4912
12.	4280

Tablica 5.1. Potrošnja električne energije

Kako bismo izračunali isplativost fotonaponski ploča koristit ćemo software PV GIS koji je izdrađen za takve izračune i analize. Uzeli smo prosjek jedinične cijene električne energije u 2017. i 2018. godine i napravili smo 3 mogućnosti s različitim nagibom i azimutom. Nagib predstavlja veličinu kuta fotonaponskog modula u odnosa s površinom krova, a azimut je kut između Sjevera i pravca kretanja.

KONSTANTNI PODACI:

- broj ploča: 73

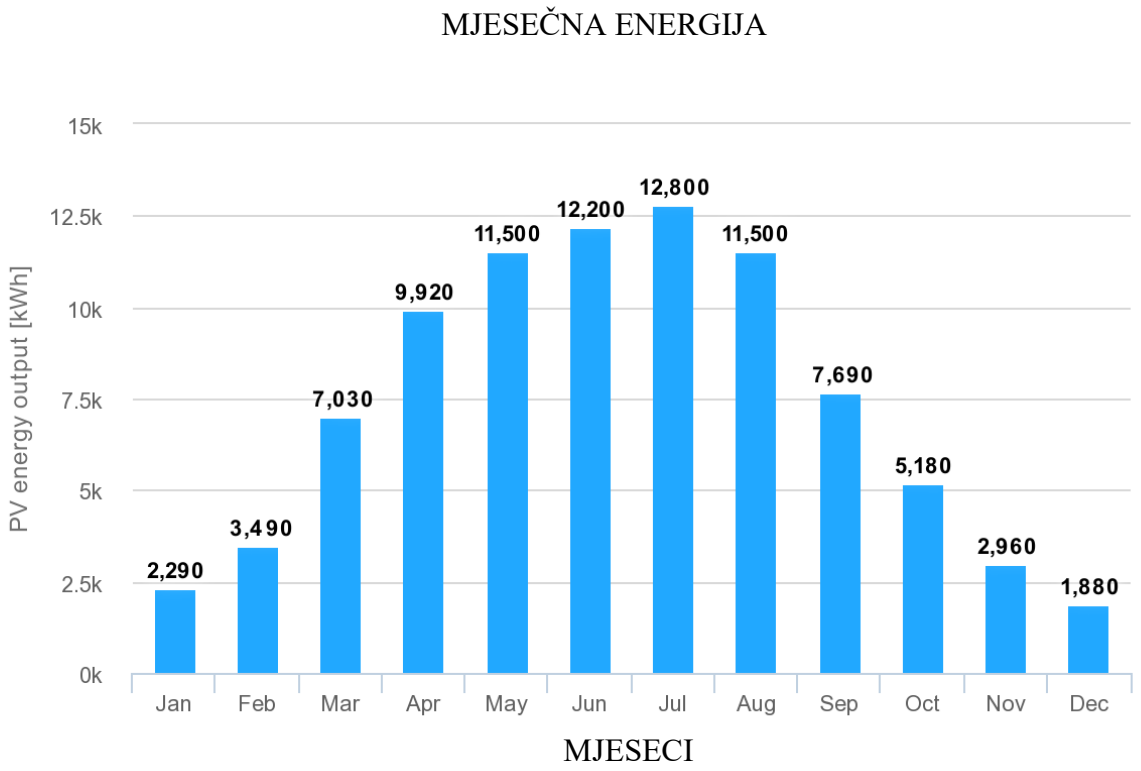
- pozicija: samostojeća zgrad

- tehnologija: kristalni silicij

- prosjek jedinične cijene: 0.64215

5.1.2. PRVA MOGUĆNOST

- nagib: 0°
- azimut:50°



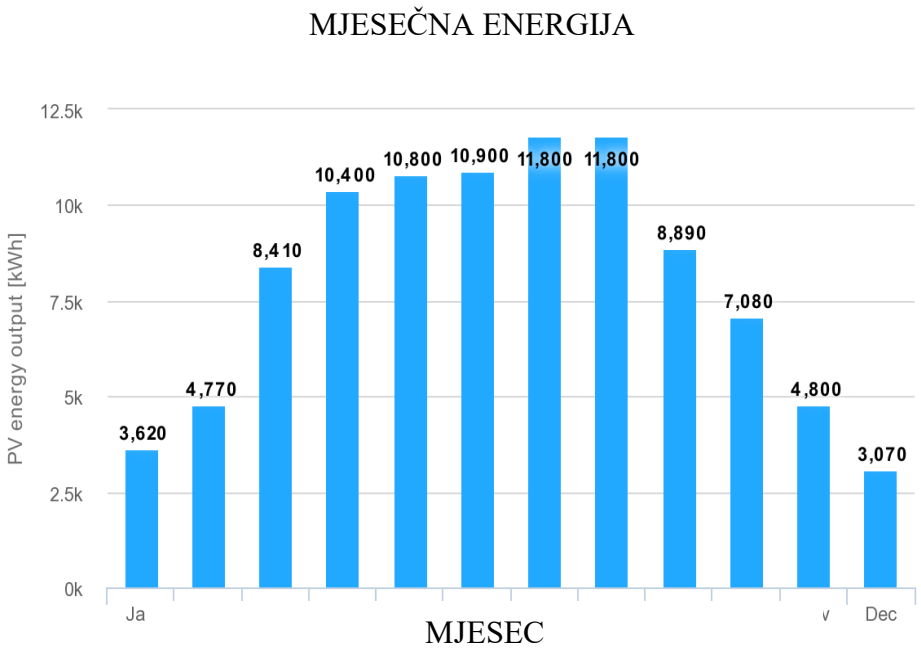
Dijagram 5.2. Prva mogućnost

Pod kutem od 0° i azimutom od 50° dobili smo veliku proizvodnju električne energije u periodu od travnja do rujna koja nama nije potrebna jer potrebe škole na zahtjevaju toliku potrošnju energije u tim mjesecima pa ovakav način nije isplativ.

5.1.3. DRUGA MOGUĆNOST

-nagib: 45°

-azimuth:35°



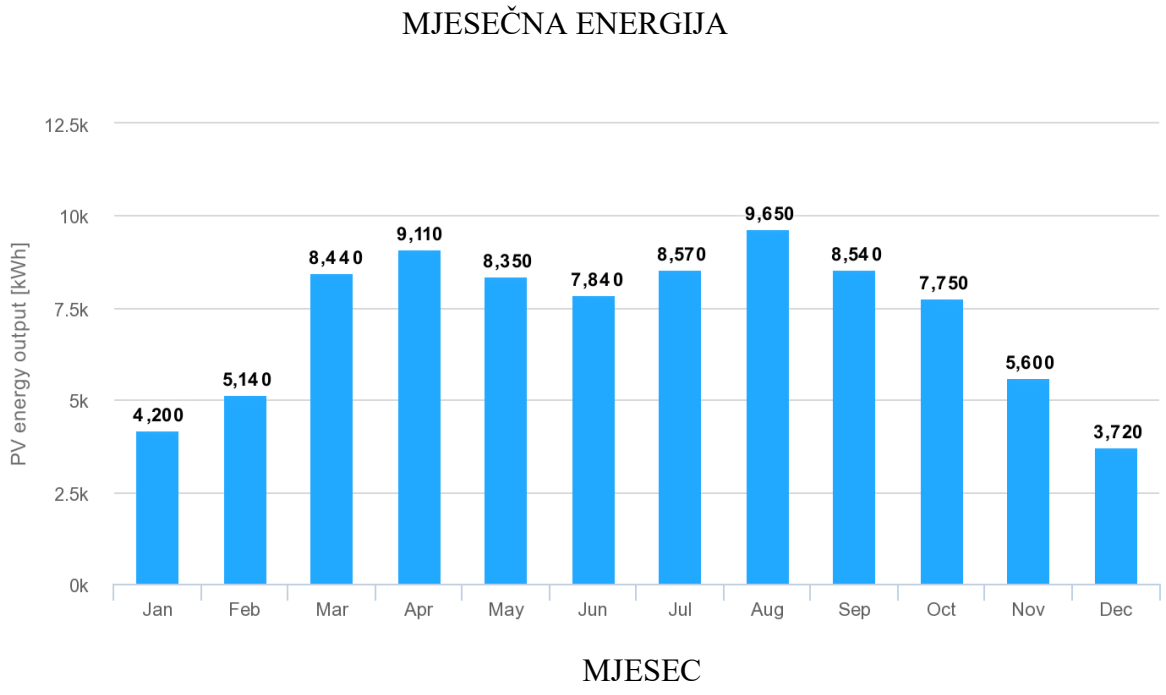
Dijagram 5.3. Druga mogućnost

Pod kutem od 45° i azimutom od 35° dobili smo veliku proizvodnju električne energije u periodu od ožujka do listopada što je bolje nego u prvom slučaju, ali u mjesecima kada nam je najviše potrebna električna enegija, nemamo dovoljno snage.

5.1.4. TREĆA MOGUĆNOST

-nagib: 75°

-azimut:0°



Dijagram 5.4. Treća mogućnost

Pod kutem od 75° i azimutom od 0° dobili smo veću proizvodnju električne energije u mjesecima kada je nama najpotrebnija električna energija u odnosu na prijašnja dva slučaja.

ZAKLJUČAK

Ispitivao se položaj i vrsta fotonaponskog sustava za određenu lokaciju. Podacima koje smo prikupili možemo zaključiti sljedeće: treći slučaj kada imamo 73 fotonaponske ploče od monokristalnog silicija. Postavljene su pod nagibom od 75° i azimutom od 0° jer je krov ravan i ovakav položaj ne zahtjeva azimut, a zahtjeva nagib. S ovako postavljenim sustavom dobivamo količinu električne energije koja najviše odgovara potrošnji električne energije osnovne škole Višnjevac. Kada bi se uložilo u ovakav sustav i u kvalitetan pretvarač osnovna škola Višnjevac bi veliki dio električne energije proizvodila samostalno te bi samo nekoliko puta godišnje uzimala struju iz mreže. Ovime osnovna škola Višnjevac ostvaraje veliku energetsku neovisnost.

SAŽETAK

Sunčeva energija je vodeći obnovljivi izvor energije koji je relativno malo istražen i ima puno mjesta za napredak. Opisani su svi fotonaponski sustavi i objašnjena je njihova učinkovitost. Pokušavajući unaprijediti iskoristivost sunčeve energije možemo koristiti i u svakodnevnom životu što je dokazano računom u ovom završnom radu.

Ključne riječi: sunce, energija, fotonaposki sustav, CIS, solarni toranj, pretvarač

SUMMARY

Solar energy is leading renewable source which is relatively little researched and it has much room for improvement. We described all photovoltaic systems and explained their effectiveness. Trying

to advance their effectiveness of solar energy we can use it in everyday life which was proven in this final work.

Key words: sun, energy, photovoltaic system, CIS, Power Tower, converter

LITERATURA

[1] Matić, Zdeslav: „Sunčevo zračenje na području Republike Hrvatske – Priručnik za energetsko korištenje Sunčevog zračenja“, Energetski institut Hrvoje Požar, Zagreb, 2007.

[2] Izvori energije, s interneta, http://www.izvorienergije.com/energija_sunca.html, srpanj 2008.

[3] Wikipedia, s interneta, http://hr.wikipedia.org/wiki/Solarna_%C4%87elija, srpanj 2008

[4] Bilić, Z: „Napajanje udaljenog stambenog objekta pomoću energije vjetra i sunčevog zračenja“, diplomski rad, Elektrotehnički fakultet Osijek, Osijek, 2006.

[5] Portal New Scientist, s interneta - https://www.newscientist.com/article/mg22229674-200-sun-focusing-satellite-dish-heats-water-on-your-roof/

[6] Wikipedia, s interneta - https://hr.wikipedia.org/wiki/Stirlingov_tanjur

[7] Izvor energije, s interneta - https://www.izvorienergije.com/energija_sunca.html

[8] Solarni paneli, s interneta -http://www.solarni-paneli.hr/pdf/01_handbook_fotonapon.pdf

[9] Labudović, B.: Osnove primjene fotonaponskih sustava, Energetika marketing, Zagreb, 2011.

[10] Solarni toranj, s interneta - https://www.gradjevinarstvo.rs/tekstovi/2174/820/solarni-toranj-od-800-metara-u-arizona-pustinji-video

[11] Betti, T: „Optimalni kut nagiba fotonaponskog panela“, diplomski rad, Fakultet elektrotehnike, strojarstva i brodogradnje, Split, 2001.

[12] Potrtal Osijek 031, s interneta - http://www.osijek031.com/osijek.php?topic_id=39222

[13] Web trgovina Solar Shop, s interneta - https://www.solarno.hr/katalog/proizvod/Centralno-/solarno-centralno-grijanje

ŽIVOTOPIS

Ana Dukarić rođena je u Osijeku 8. rujna 1996. godine. Živi u Josipovcu kraj Osijeka gdje je pohađala osnovnu školu. Nakon osnovne škole upisuje Prvu gimnaziju s pravom javnosti Gaudeamus u Osijeku.

Nakon srednjoškolskog obrazovanja,2015.godine upisuje nekadašnji Elektrotehnički fakultet u Osijeku, sada Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija u Osijeku na Sveučilištu Josipa Jurja Strossmayera. Na drugoj godini preddiplomskog smjera elektrotehnike opredjeljuje se za smjer elektroenergetika.