Fotonaponski sustav za navodnjavanje

Vukušić, Mario

Undergraduate thesis / Završni rad

2017

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:200:012479

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-28**

Repository / Repozitorij:

Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek

zir.nsk.hr

Image not found or type unknown

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

Sveučilišni studij

FOTONAPONSKI SUSTAV ZA NAVODNJAVANJE

Završni rad

Mario Vukušić

Osijek, 2017.

SADRŽAJ

1. UVOD 1
1.1. Zadatak završnog rada 3
2. FOTONAPONSKI SUSTAV 4
2.1. Tipovi fotonaponskih sustava 4
2.2. Fotonaponski moduli 6
3. PRIMJER FOTONAPONSKOG SUSTAVA ZA NAVODNJAVANJE 12
3.1. Komponente sustava 12
3.2. Punjenje lagune 18
4. NAVODNJAVANJE KAP PO KAP 24
5. PRIMJER PRORAČUNA SOLARNE CRPKE 25
6. ZAKLJUČAK 30
7. LITERATURA 31
8. SAŽETAK 32
9. SUMMARY 33
10. ŽIVOTOPIS 34

1. UVOD

Kada se solarna (sunčana) ćelija osvijetli, odnosno kada apsorbira sunčevo zračenje, fotonaponskim se efektom na njezinim krajevima pojavljuje elektromotorna sila (napon) i tako solarna ćelija postaje izvorom električne energije. Ovu fizikalnu pojavu nazimo fotonaponskim efektom. Uređaji u kojima se ova pretvorba odvija nazivaju se solarne ćelije koje tvore fotonaponske module.[1]

Skup fotonaponskih modula zajedno povezani sa ostalim komponetama projektirani tako da Sunčevu svjetlost direktno pretvaraju u konačnu električnu energiju koju potrošači koriste nazivamo fotonaponskim sustavom. Ovisno o načinu rada postoje dvije vrste fotonaponskih sustava:

1. samostalni (autonomni), za čiji rad električna mreža nije potrebna

2. mrežni, priključeni na električnu mrežu.

2.1 pasivni, kod kojih mreža služi (samo) kao rezervni izvor

2.2 aktivni (interaktivni), kod kojih mreža može pokrivati manjak, ali i preuzimati višak električne energije iz fotonaponskih modula.

Sustav kojeg ćemo opisati je samostalan (autonoman), za svoj rad ne zahtjeva priključak na gradsku električnu mrežu. Sustav kao takav mora isporučivati električnu energiju tijekom noći ili u periodima sa malim intenzitetom Sunčeva zračenja pa su mu potrebne baterije koje služe kao rezervoar električne energije. Tom sklopu dodaje se regulator koji kontrolira punjenje i pražnjenje baterije, a dodavanjem pretvarača autonomni sustav može zadovoljiti sve vrste mrežnih potrošača. Ovakvi sustavi su pogodni za osiguravanje potrebnih količina električne energije za izolirane i udaljene potrošače kao što su ruralna ili planinska naselja, brojne pojedinačne objekte različite namjene.[2]

U našem slučaju fotonaponski sustav koristimo za solarno navodnjavanje u Kneževim Vinogradima za uzgoj Paulovnije, brzorastućeg drveta. Sustav je projektiran tako da svoju primjenu može naći u uzgoju svih kultura, od povrtlarskih, voćarskih, ratarskih te šumarskih. Može se također koristiti i za napajanje stoke u intenzivnom uzgoju, ali i za napajanje divljih životinja u šumskim prostranstvima gdje je to do sada bilo nemoguće, ribnjičarstvu za prepumpavanje bazena te niza drugih primjena.

Sustav u potpunosti eliminira potrebu za dodatnim izvorima energije (dizel agregata), energetski je izvrsno učinkovit, produktivan i ekološki prihvatljiv.

Posebnost ovog sustava je vrlo brzo i učinkovito vrijeme izgradnje, kao i beznačajan utjecaj na zemlju korištenjem vijčanih elemenata pri konstrukciji koji ne zahtjevaju betoniranje, što omogućuje jednostavnu prenosivost na druge lokacije.**[**3**]**

Projekt je izrađen kao suradnja njemačke tvrke Lorentz sa hrvatskim tvrtkama Solarni Projekti i VR Enbekon. Prvi je sustav solarnog navodnjavanja u Republici Hrvatskoj. Solarno navodnjavanje je najkvalitetnija i najpouzdanija tehnologija koju tržište danas poznaje i garantira kvalitetu i pouzdanost sustava. Isplativost investicije je vrlo brza, a sustav je po sebi predstavnih obnovljivih izvora energije kao krucijalnih za boljitak čovječanstva te onaj pravac kamo bi se čovjek trebao okreniti za očuvanje okoliša i smanjivanje emisije ugljikovog dioksida za spašavanje našeg planeta Zemlje.

1.1. Zadatak završnog rada

Zadatak završnog rada je u teorijskom dijelu opisati potrebne komponente sustava za navodnjavanje pomoću fotonaponskih modula, a u praktičnom dijelu dimenzionirati sustav i prikazati osnovni idejni projekt. Osnovni cilj projekta je zamjena primarnog energenta za navodnjavanje(dizel goriva) sa ekološki prihvatljivim energentom(Sunce), u sve u svrhu proizvodnje električne energije koja će se koristiti za pogon crpki za navodnjavanje. Odrađena je zamjena vodenih crpki sa efikasnijim i prilagođenijim pogonu na sunčevu energiju te ugradnjom fotonaponskih modula kojima će se napajati vodene crpke.

U prvom dijelu završnog rada teorijski je objašnjen fotonaponski sustav i njegove komponente.

U drugom dijelu prezentiran je projekt solarnog navodnjavanja, njegove pogodnosti i uvijeti rada koji se moraju ispoštovati da bi se takav sustav solarnog navodnjavanja mogao koristiti.

Izračunat je proračun solarne crpke, odnosno kolika je prosječna električna energija proizvedena u jednom danu u mjesecu srpnju, pomoću fotonaponskih modula koji pogone crpku za navodnjavanje.

2. FOTONAPONSKI SUSTAV

2.1. Tipovi fotonaponskih sustava

Fotonaponski sustavi mogu se podijeliti u dvije osnovne skupine:

1. Fotonaponski sustavi koji nisu priključeni na mrežu, samostalni sustavi, odnosno off-grid sustavi

2. Fotonaponski sustavi koji su priključeni na javnu elektroenergetsku mrežu, odnosno on-grid sustavi

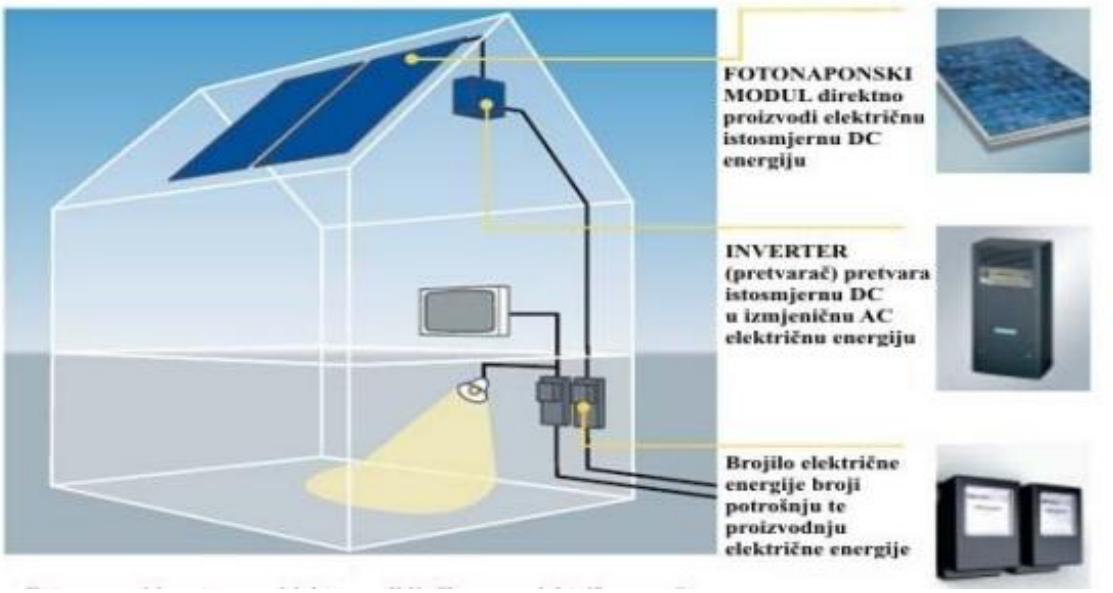
Također postoje mnogi podtipovi fotonaponskih sustava u ovisnošću o vrsti i načinu priključka na javnu mrežu i načinom uskladištenja električne energije. [9]

Mrežno spojeni fotonaponski sustavi (on-grid)

Osnovni dijelovi sustava su fotonaponski moduli, fotonaponski izmjenjivač, priključni mjerni ormar sa zaštitnom opremom i montažna konstrukcija.

Fotonaponski moduli pretvaraju sunčevu energiju u električnu energiju istosmjernog oblika, zatim fotonaponski izmjenjivač prilagođava proizvedenu energiju u oblik u kojem se može predati javnoj elektroenergetskoj mreži. Izmjenični napon se predaje elektroenergetskoj mreži preko mjerne i zaštitne opreme. Preko mrežnih izmjenjivača osigurava se da će napon koji se isporučuje biti u fazi sa naponom elektroenergetske mreže. Izlazni napon prema normama mora iznositi 230 V, te se u normalnim uvijetima ne smije razlikovati od nazivnog napona više od $\pm$10 %. [9]

Primjer on-grid sustava možemo vidjeti na slici 1. :

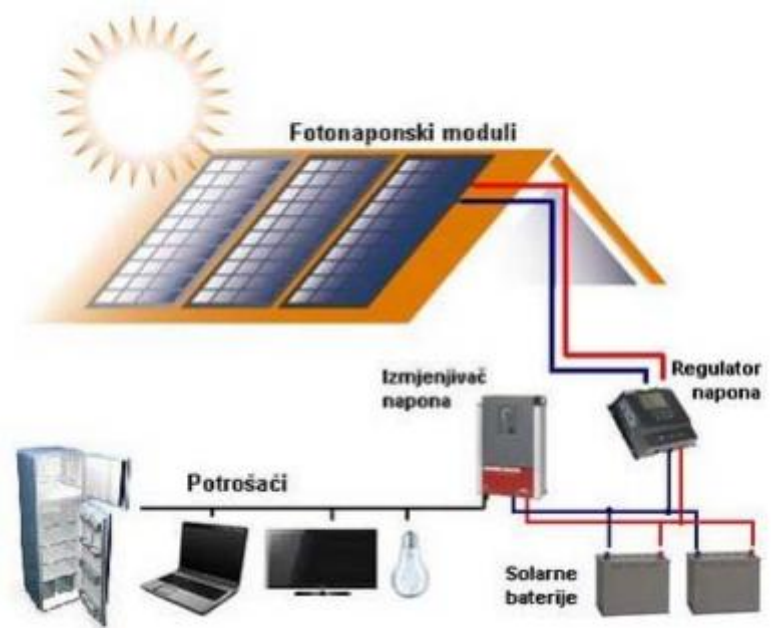


Sl. 1. *On-grid fotonaponski sustav [9]*

Samostalni sustavi (off-grid)

Nazivamo ih još otočnim sustavima. Pogodni su za ruralna područja gdje ne postoji električna mreža. Ovakvi sustavi spojeni su na baterije (akumulatore), koji pohranjuju električnu energiju. Također se koriste inverteri, odnosno izmjenjivači koji osiguravaju izmjeničnu struju za potrebe električnih uređaja. Ovakav sustav u potpunosti pokriva sve osnovne potrebe za električnom energijom u pojedinim kućanstvima ili ako se radi o većoj fotonaponskoj mreži koja može osigurati dovoljno električne energije za nekoliko kućanstava. [9]

Samostalni off-grid sustav možemo vidjeti na slici 2. :



Sl.2. *Samostalni (off grid) sustav [9]*

2.2. Fotonaponski moduli

Fotonaponski modul ili solarna ploča sastoji se od grupe sunčevih ćelija povezanih u jednu cjelinu. Za prikupljanje struje, metalni kontakti su postavljeni na obje strane ploče da bi prikupljali struju induciranu fotonima na ćelijama. Kontakt je omogućen preko donje (tamne) površine i na jednom bridu gornje (svijetle) površine. Tanka vodljiva očica na preostaloj gornjoj površini skuplja struju i pušta prolaz svijetla. Razmaci vodljivih vlakana u očici je stvar kompromisa između povećanja električne vodljivosti i smanjivanja neprotočnosti svijetla. Prednje lice ćelije ima anti-reflektirajuću oplatu da bi se što je više moguće umanjila refleksiju, a mehanička zaštita je zaštitno staklo s prozirnim ljepilom. [4]

Tehnološki pravci:

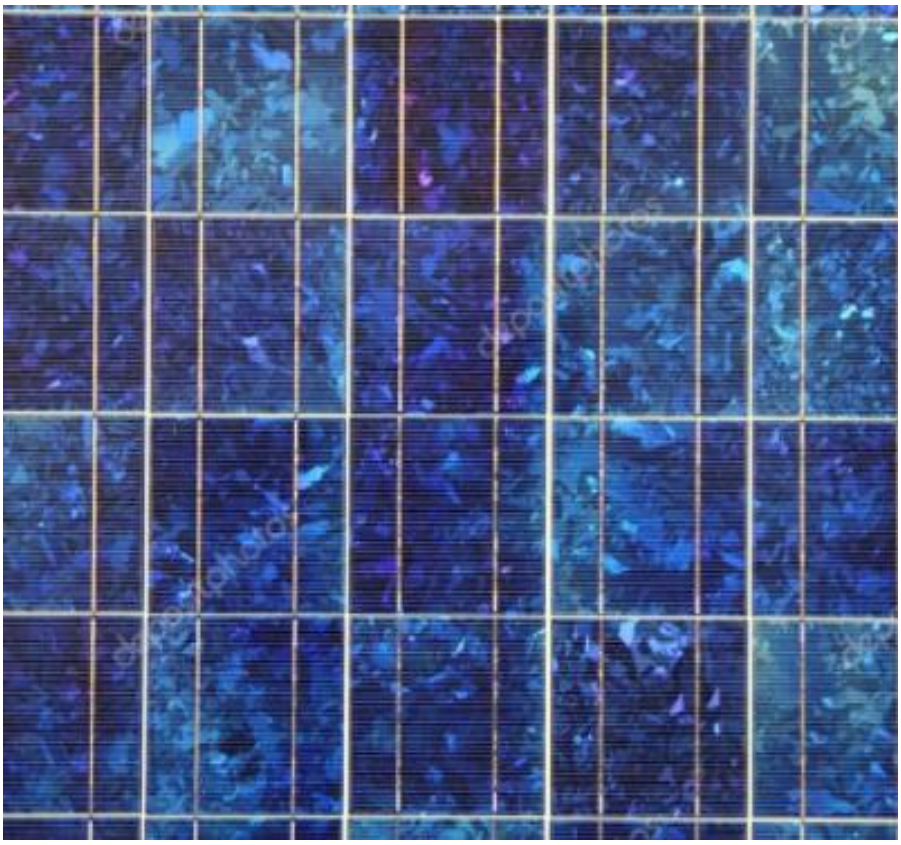
1. Monokristalni (i polikristalni) Silicij

Površina ovisi o površini presjeka monokristala od kojeg se proizvode i iznosi 5 do 10 cm, debljina im je od 0,2 do 0,3 mm. Elektromotorna im je sila 0,55 do 0,70 V. Za proizvodnju monokristalnih Silicija ćelija potreban je apsolutno čisti poluvodički materijal. Monokristalni štapići se izvade iz rastaljenog silicija i režu na tanke pločice. Takav način izrade omogućuje relativno visoki stupanj iskoristivosti: teorijska učinkovitost do 25 %. Stvarna oko 13-19 % za monokristalni, 11-15% za polikristalni. Visoka proizvodna cijena (kompliciran tehnološki postupak) solarnih ćelija od kristalnog silicija jedina je njihova mana. Tehnologija je te proizvodnje međutim znatnije napredovala, pa je i proizvodna cijena znatno snižena. Poseban problem predstavlja vijek trajanja solarnih ćelija koje su izložene atmosferskim utjecajima (kiša, snijeg, tuča). [4]

Monokristalni i polikristalni silicij možemo vidjeti na slikama 3. i 4. :



Sl.3. *Monokristalni Silicij [8]*

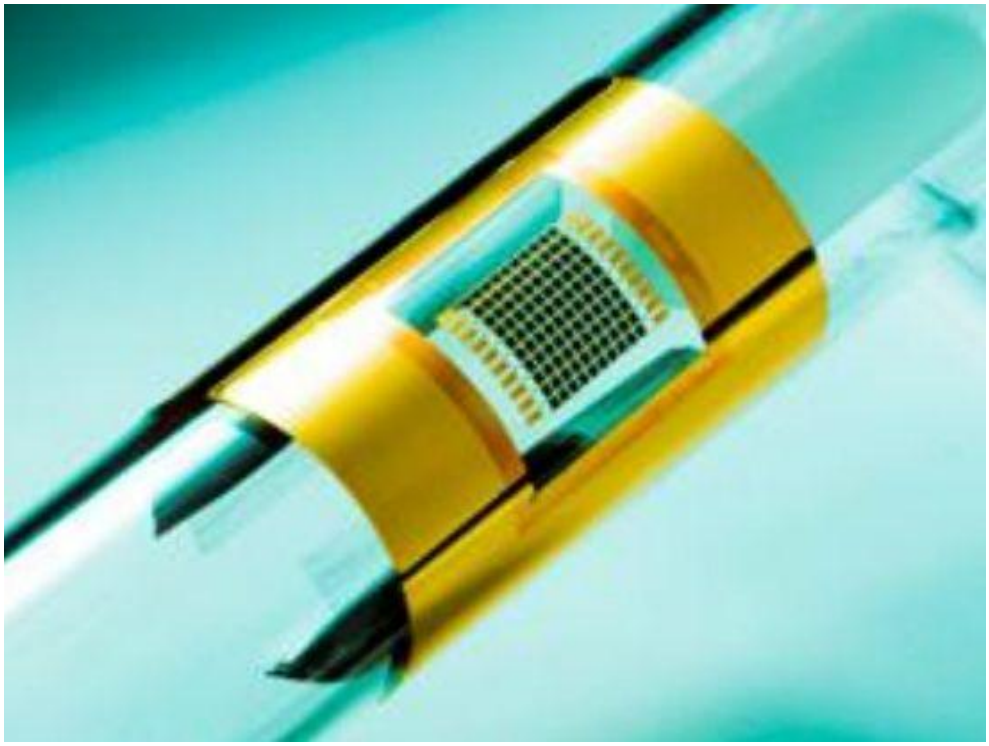


Sl. 4.*Polikristalni Silicij [8]*

2. Galij- arsenid i višeslojne ćelije

Solarne ćelije od galij-arsenida prave se u obliku tankog filma od jedne (GaAs) ili dviju komponenata odnosno slojeva. Prema teorijskim razmatranjima ćelije trebaju biti vrlo učinkovite. Elektronička svojstva ovakvih svojstava ukazuju na teorijsku učinkovitost 25-40 %. Značajan problem ove tehnologije je visoka cijena.[4]

Ovakvu vrstu tehnologije možemo uvidjeti na slici 5. :



Sl. 5. *Galij-arsenid solarna ćelija [8]*

3. Novi koncepti:

Cilj je ovakvih tehnologija poboljšati efikasnost te postići prihvatljivu cijenu za kupce. Nazivaju se "Dye-sensitized" (obojane), organske, također postaje neorganske ćelije koje imaju još nižu cijenu, a manju efikasnost. Istraživanja pokazuju da će "vrući elektroni", nanostrukture, kvatni izvori, dvosmjerne pretvorbe povećavati efikasnosti na 30-60 %. [4]

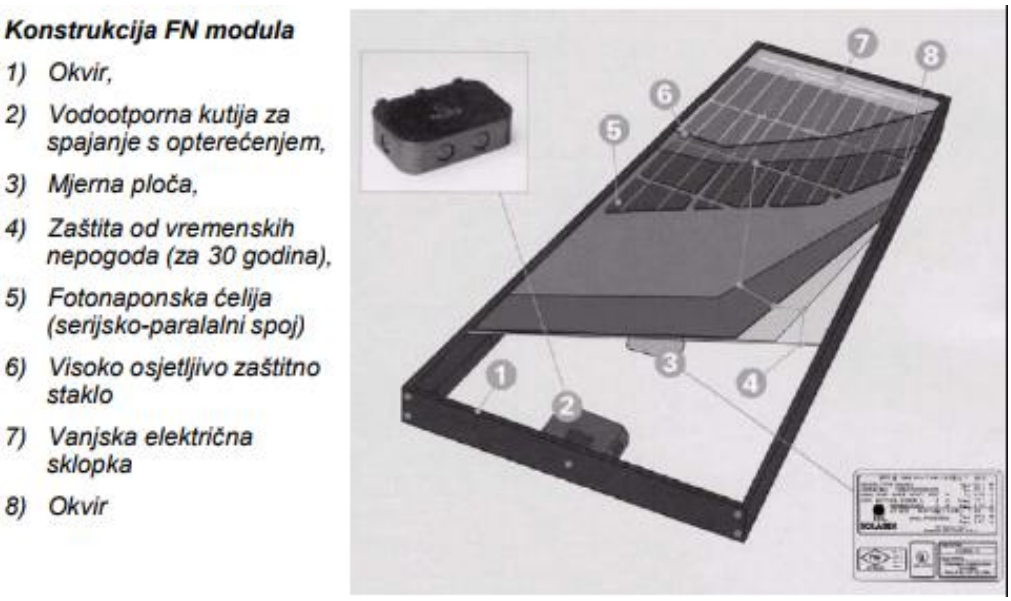
Različite tehnološka pravce možemo vidjeti na slici 6. :



Sl.6. *Različiti tehnološki pravci pri izgradnji fotonaponskih modula [8]*

Konstrukcija fotonaponskih modula sastoji se od vodootporne kutije za spajanje s opterećenjem, mjerna ploča, zaštita od vremenskih nepogoda, fotonaponska ćelija (serijsko-paralelni spoj), visoko osjetljivo zaštitno staklo, vanjska električna sklopka i okvir.

Konstrukcija je prikazana na slici 7. :



Sl.7. *Konstrukcija fotonaponskog modula [4]*

Osnovne prednosti fotonaponske pretvorbe i sustava su:izravna pretvorba električne energije, modularna karakteristika i jednostavno korištenje i održavanje.

3. PRIMJER FOTONAPONSKOG SUSTAVA ZA NAVODNJAVANJE

Za primjer uzet je prvi sustav solarnog navodnjavanja u Hrvatskoj na lokaciji Kneževih vinograda, nedaleko od Osijeka.

3.1. Komponente sustava

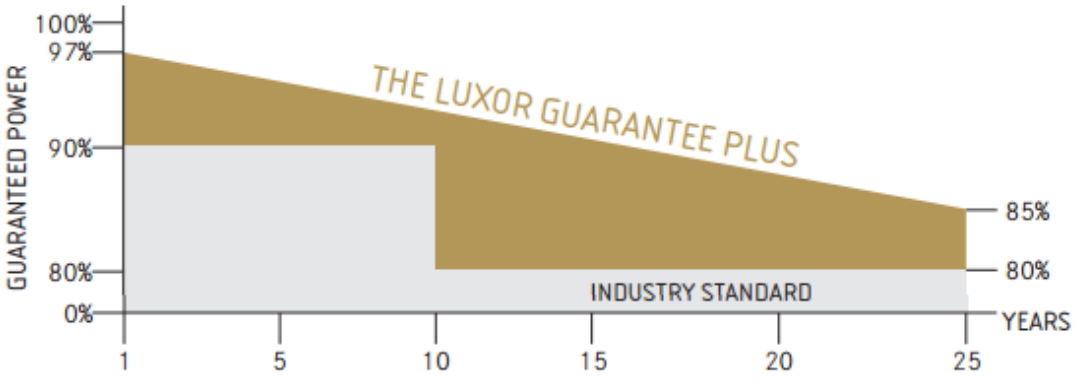
Fotonaponski moduli

U projektu su korišteni Enbekon DIAMOND polikristalni moduli. Modul se sastoji od 60 ćelija. Visoka snaga čini modul idealnim rješenjem za industrijsku opremu. Njena učinkovitost iznosi 20,6 %. Najbolje se ponaša od svih modula pri najslabijem osvjetljenju i tako osigurava najvišu izlaznu energiju i to pri tolerancijama od 0Wp do 6,49 Wp. Fotonaponski moduli korišteni u projektu prikazani su slikom 8. :



Sl.8. *Fotonaponski moduli [3]*

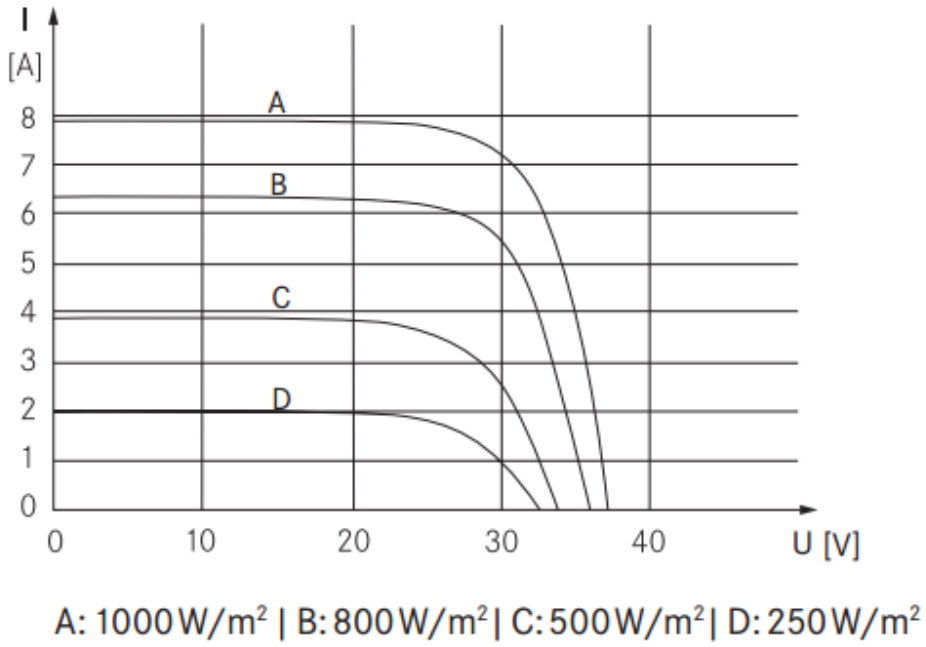
Jedan od problema fotonaponskih modula je njihov rok trajanja. Moguće ih je koristiti do 25 godina, no s godinama njihova se učinkovitost smanjuje. Korišteni su nešto moderniji fotonaponski moduli od standardnih industrijskih sa boljom zaštitom od korozije i atmosferskih uvjeta. Graf možemo vidjeti na slici 9. :



Sl.9. *Iskoristivost snage u ovisnosti o godini starosti fotonaponskog modula* ***[3]***

Fotonaponski moduli poredani su kombinirano pa pri najsunčanijim danima ozračenje iznosi do 1000 W/m^2, dok pri kišovitom vremenu ono iznosi 250 W/m^2. Modularna karakteristika nam omogućuje postupno povećanje snage modula.

Karakteristiku možemo vidjeti na slici 10. :



Sl.10. *Strujno naponska karakteristika fotonaponskog modula* ***[3]***

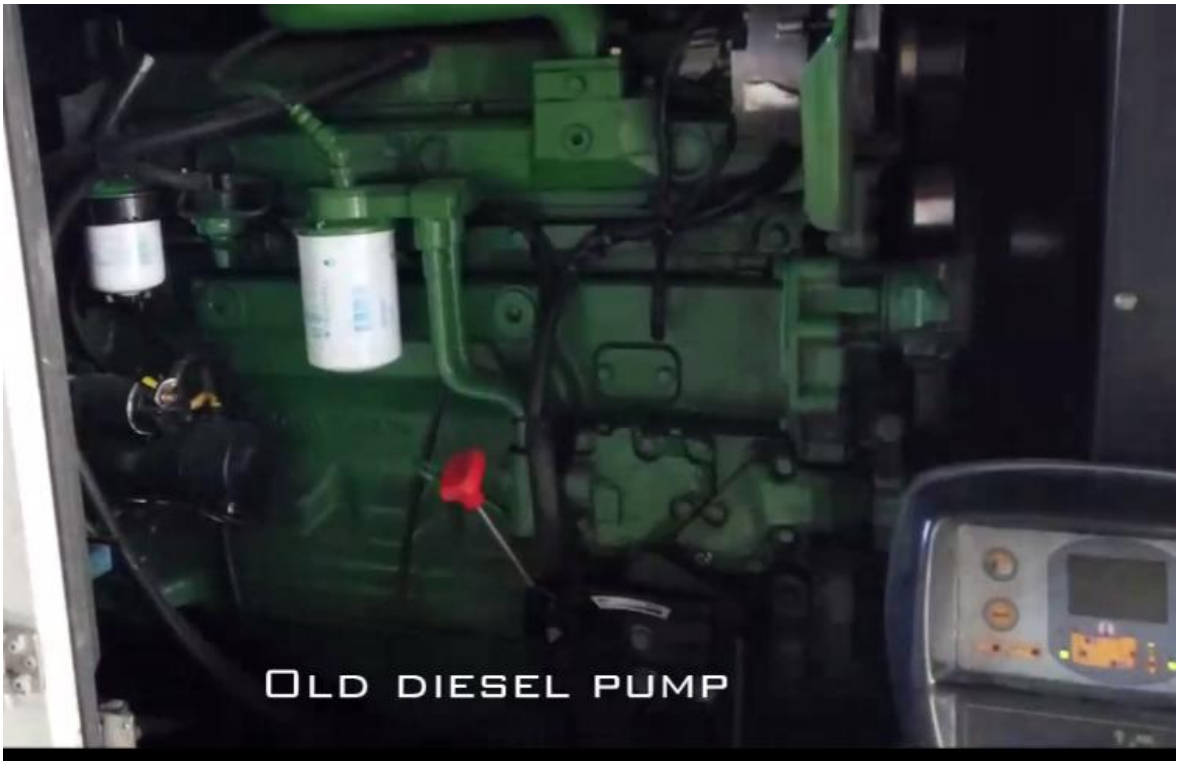
Nazivna snaga fotonaponskog modula iznosi 245 W. Nazivna struja 8,05 A te nazivni napon iznosa 30,51 V. Iskoristivost pri sunčevom zračenju do 200 W/m^3 iznosi 14,64 %. Također ostale specifikacije navedene na slici 11. :

Electrical data	LX-245P	LX-250P	LX-255P	LX-260P	LX-265P
Rated power Pmpp [Wp]	245,00	250,00	255,00	260,00	265,00
Pmpp range from	245,00	250,00	255,00	260,00	265,00
Pmpp range to	251,49	256,49	261,49	266,49	271,49
Rated current Impp [A]	8,04	8,14	8,23	8,32	8,41
Rated voltage Vmpp [V]	30,51	30,75	31,02	31,28	31,54
Short-circuit current Isc [A]	8,56	8,59	8,62	8,66	8,70
Open-circuit voltage Uoc [V]	37,73	37,31	37,48	37,94	38,40
Efficiency at STC	15,07%	15,38%	15,69%	15,99%	16,30%
Efficiency at 200 W/m²	14,64%	14,94%	15,23%	15,53%	16,15%
NOCT [°C]	45 ± 2°C	45 ± 2°C	45 ± 2°C	45 ± 2°C	45 ± 2°C

Sl.11. *Specifikacije fotonaponskog polikristalnog modula* ***[3]***

Solarna crpka :

Za sustav navodnjavanja potrebna je crpka uz izvor vode iz kojeg će voda iz spremnika (u našem slučaju akumulacije) crpiti i teči dalje sustavom navodnjavanja, pogonjena fotonaponskim modulima. Općenito u navodnjavanju koriste se centrifugalne crpke koje pomoću vlastitog rotora potiskivaju vodu kroz lopatice. Zbog djelovanja centrifugalne sile voda protječe većom brzinom kroz cijevi. Netom prije izvedbe solarne crpke na njenom mjestu koristila se stara dizel pumpa. U našem slučaju ovakva vrsta crpki zamjenjena je sa solarnom crpkom. U nastavku možemo vidjeti ove dvije vrste crpki na slikama 12. i 13. [5]



Sl.12. *Stara dizel pumpa [3]*

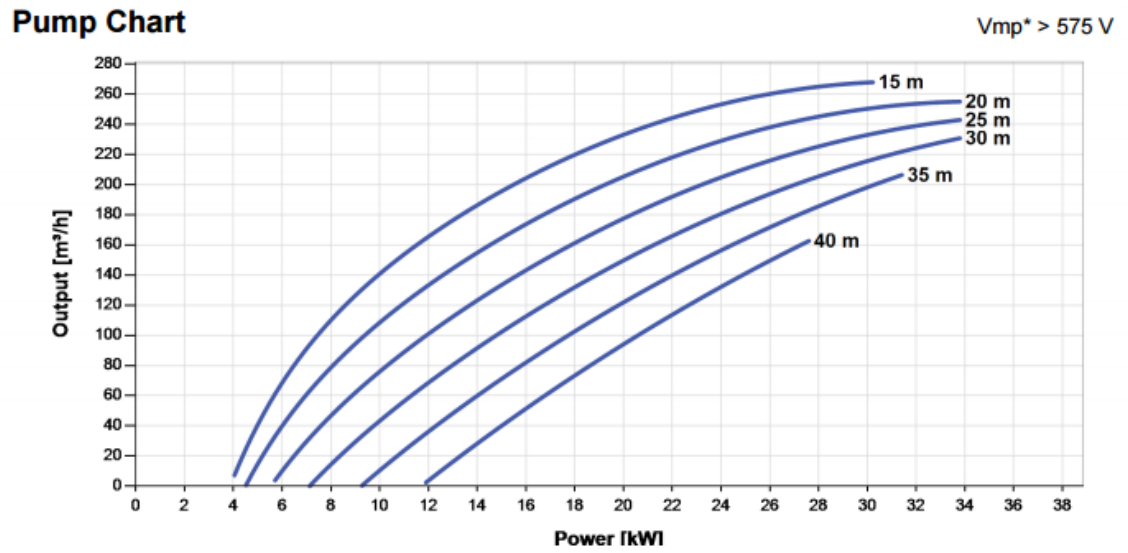


Sl.13. *Nova fotonaponska električna crpka* ***[****3****]***

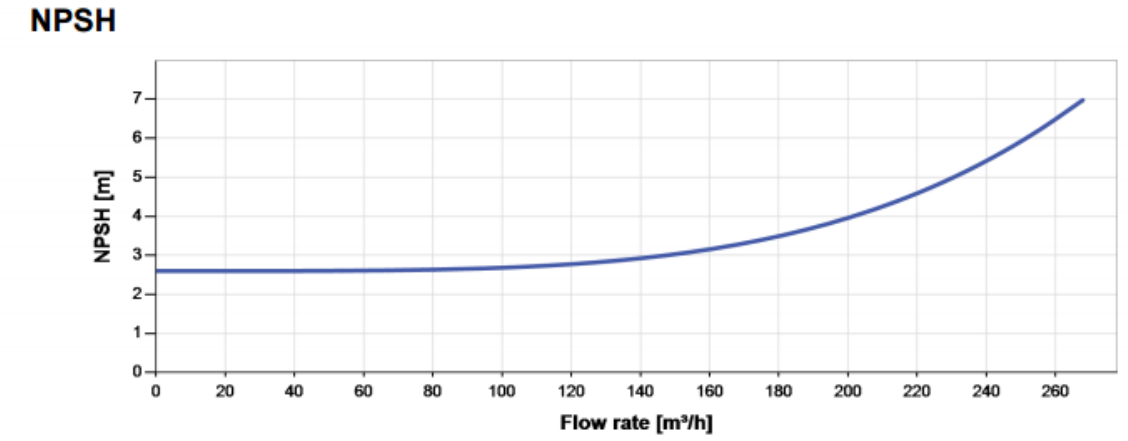
600 vodenih crpki opskrbljavaju 2000 m^3 vode u dnevnim intervalima sa 100 kW električne energije.

Također važna karakteristika crpke jest NPSH (eng. *Net Positive Suction Head*), odnosno Neto pozitivna usisna visina. Posebno je važna u centrifugalnim pumpama i turbinama, koji su dijelovi hidrauličkog sustava koji su najosjetljiviji na kavitaciju.
Ako dođe do kavitacije, koeficijent otpora armature rotora drastično će se povećati. Eventualno zaustavljanje protoka, a produženo izlaganje će oštetiti impeler.

NPSH (Neto pozitivna usisna visina) karakteristika i pumpna karakteristika prikazani na slikama:



Sl.14. *Karakteristika crpke-ovisnost protoka o električnoj snazi* ***[3]***



Sl.15. *Neto pozitivna usisna visina u ovisnosti o protoku vode* ***[3]***

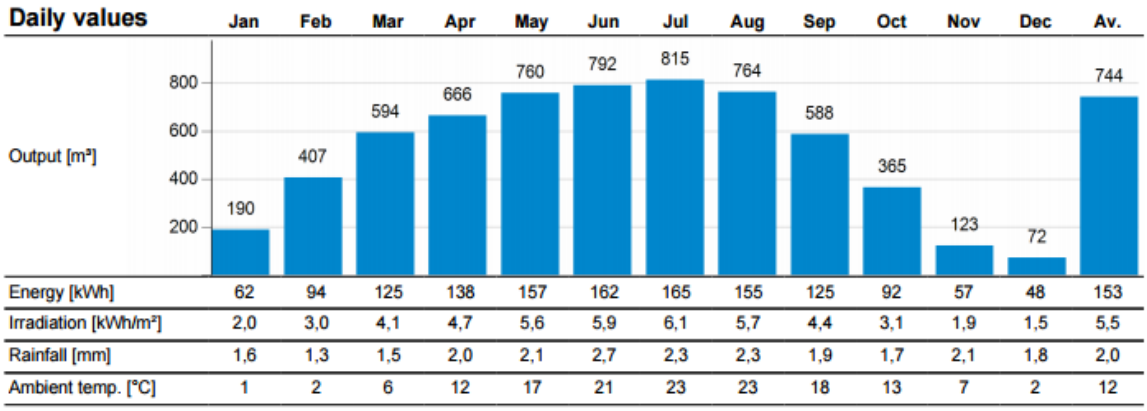
Možemo uočiti da kako protok vode raste NPSH (Neto pozitivna usisna visina) raste eksponencijalno. Grafikon odgovara teorijskom razmatranju pa se simulacija smatra valjanom.

3.2. Punjenje lagune

Tab. 1. *Parametri korišteni pri simulaciji*

Lokacija:Kneževi Vinogradi	Temperatura vode:20°C	Visina: 100m	Dodatna oprema: ⬇
Dnevna proizvodnja vode: 600 m^3	Gubitci: 5%	Motorni kabal:20 m	Zaštita od prenapona
Vrsta cijevi:plastična	Tlačna glava:35m	Dužina cijevi: 1800m	Senzor vode
Postavke pumpi:min:250 W/m^3	Dnevna proizvodnja vode: 744m^3	Korišteni moduli:VR ENBEKON DIAMOND 25OW	Kontroler, motor i pumpa

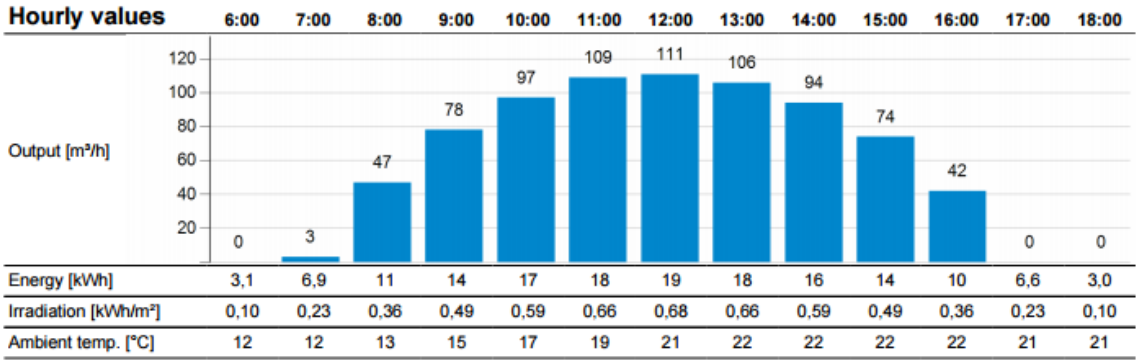
Odrađene su simulacije na temelju parametra te su se dobile navedene karakteristike sustava:



Sl.16. *Mjesečna proizvodnja vode* ***[3]***

Možemo iz priložene slike zaključiti kako je najveći protok vode u lipnju i sprnju što se moglo i očekivati jer je tada najjače Sunčevo zračenje.

Također odrađene su simulacije dnevne proizvodnje vode:

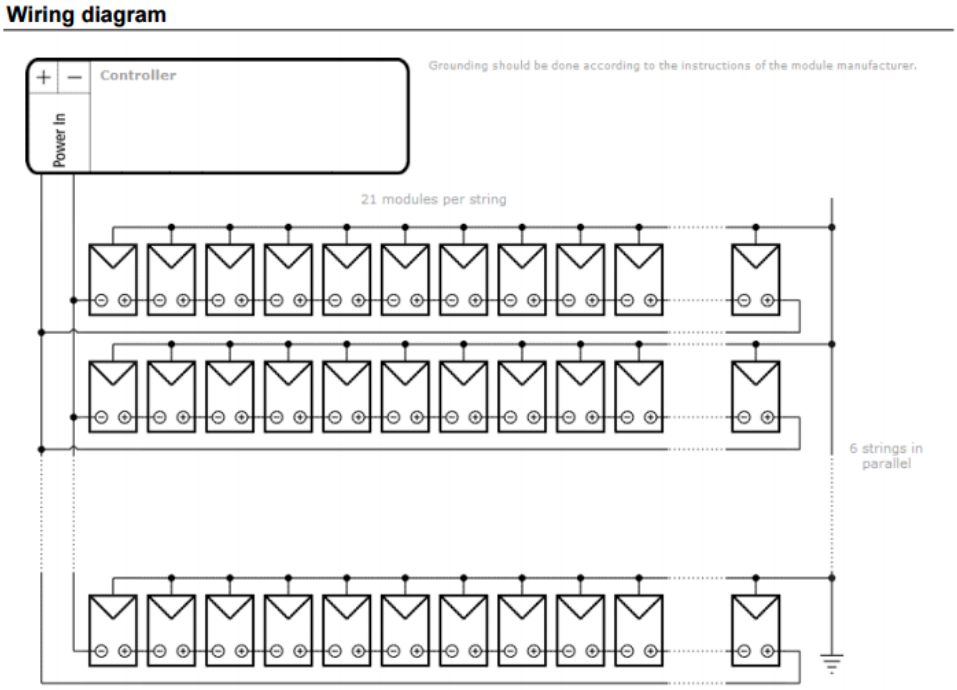


Sl.17. *Dnevna proizvodnja vode* ***[3]***

Najveći protok vode je u 12 sati kada je Sunčevo zračenje najjače, što se dalo i naslutiti.

Akumulaciju pune preko solarne pumpe 21 serijski spojena fotonaponska modula u nizu, te njih 6 u paraleli.

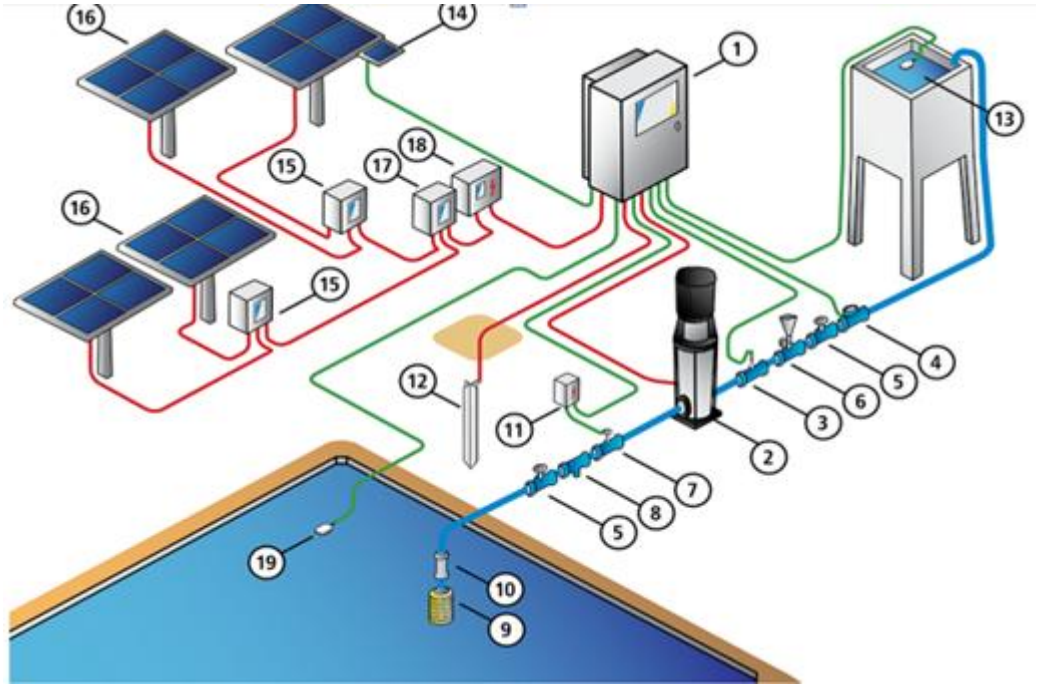
Dijagram ožičenja možemo vidjeti na priloženoj slici:



Sl.18. *Dijagram ožičenja* ***[3]***

Čitav sustav čine kontroler, površinska pumpa, senzor tlaka, vodomjer, ventil za zatvaranje, senzor za vodu, punilo, zatezač, nepovratni venti, filterski kavez, prenaponski zaštitnik, uzemljenje, prekidač za plovak, prekidač za izvorišnu sondu, fotonaponski moduli i zaštita.

Cijeli dimenzionirani sustav može se vidjeti na slici 19. :



Sl.19. *Prikaz dimenzioniranog sustava* ***[****3****]***

Značenje oznaka:

1: Kontrolor sustava (eng. *PSk2 Controller*)- hibridni sustav za pumpanje koji automatski može spojiti električnu mrežu i generatorsko napajanje sa solarnim sustavom napajanja.

2: Površinska pumpa (eng. *Surface Pump*)

3: Senzor tlaka (eng. *Pressure Sensor*)

4: Vodomjer (eng. *Water Meter*)

5: Ventil za zatvaranje (eng. *Gate Valve*)

6: Punilo (eng. *Filler*)

7: Vodomjer (eng. *Water Meter*)

8: Zatezač (eng. *Strainer*)

9: Filter (eng. *Filter*)

10: Nepovratni ventil (eng. *Nonreturn Valve*)

11: Prenaponski zaštitnik (eng. *Surge Protector*)

12: Uzemljenje (eng. *Grounding Rod*)

13: Prekidač za plovak (eng. *Float Switch*)

14: Fotonaponski modul za solarnu sklopku (eng. *PV Module for Sun Switch*)

15: Zaštitna kutija (eng. *PV Protect*)

16: Fotonaponski moduli (eng. *PV Generator*)-moduli spojeni serijski te poredani paralelno jedan uz drogoga

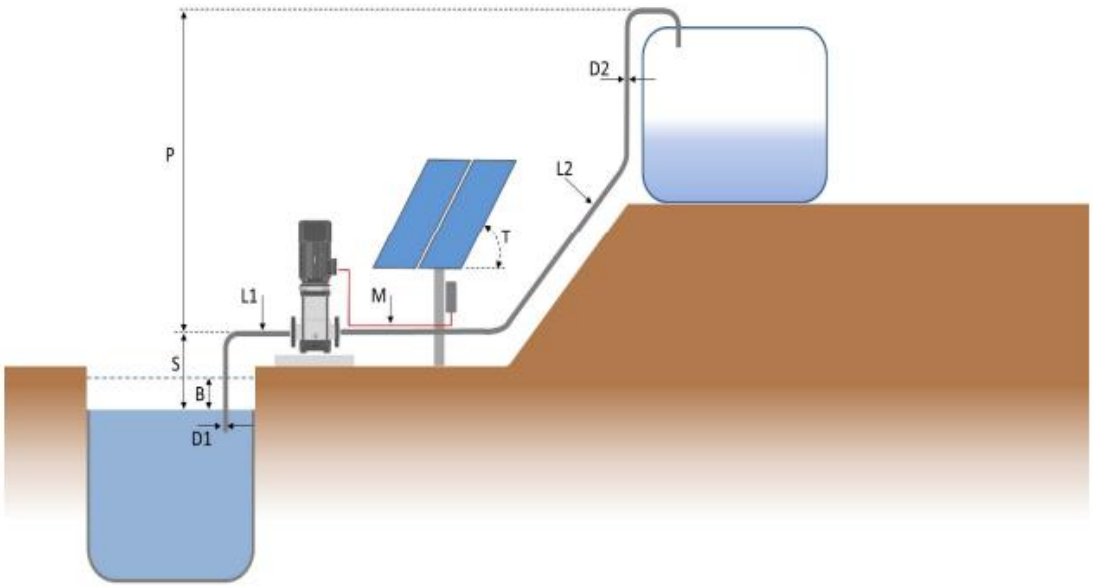
17: Zaštitna kutija (eng. *PV Protect*)

18: Zaštitna kutija (eng. *PV Protect*)

19: Prekidač za izvorišnu sondu (eng. *Float Switch for Well Probe*)

Punjenje akumulacije i lagune je osmišljeno u izvedbi sa 6 vodenih pumpi i 365 fotonaponskih modula. Namjena postrojenja Rabo I je proizvodnja električne energije koju pokreće vodena pumpa kojom se tranportira voda do izvora vode do lagune u kojoj se akumulira voda.

To možemo vidjeti na slici 20. :



Sl.20. *Prikaz dimenzija* ***[****3****]***

Značenje oznaka:

P tlačna visina (eng. *Pressure head*) -Vertikalna visina od pumpe prema najvišoj točki isporuke

S usisna visina (eng.*Suction head*) -Vertikalna visina od razine vode do ulaza crpke gdje je razina vode ispod same crpke

B pad (eng. *Drawdown*) -Smanjenje razine vode ovisno o brzini protoka i povratu vode u rezervoar

D1,D2 unutarnji promjeri cijevi (eng. *Pipeline inner diameter*)

L1,L2 dužine cijevi (eng. *Pipe lenght*)

M kabel između kontrolora i pumpe (eng. *Motor cable*)

T kut nagiba (eng. *Tilt angle*) -kut nagiba fotonaponskih modula u odnosu na zemljinu površinu

Svaka pumpa posebno se napaja s pripadajućim fotonaponskim poljem. Svaki od 4 fotonaponska sustava podijeljen je na 3 niza fotonaponskih modula sa ukupno 4 modula po nizu.



Sl.21. *Prikaz akumulacije iz kojeg crpka crpi vodu* ***[****3****]***

4. NAVODNJAVANJE KAP PO KAP

Navodnjavanje sustava kap po kap predstavlja najracionalniji utrošak vode u odnosu na ostale načine i tipove navodnjavanja. Koristi se u našem projektu na način da kontinuirano distribuira malu količinu vode u jedinici vremena, pa nema preplavljivanja niti zbijanja tla.

Ovakav princip zahtjeva mali radni pritisak pa je i utrošak energije time racionalniji od drugih načina navodjavanja. Temeljni princip metode je da voda iz sustava postavljenih plastičnih cijevi izlazi kroz posebne kapaljke, postavljene duž cijevi i "kap po kap" vlaži tlo. Ovom metodom može se najpovoljnije dodavati voda potrebna u tlu. Jedna od najznačajnijih prednosti ovog navodnjavanja je mogućnost primjene tehućih gnojiva istodobno s navodnjavanjem. [6]

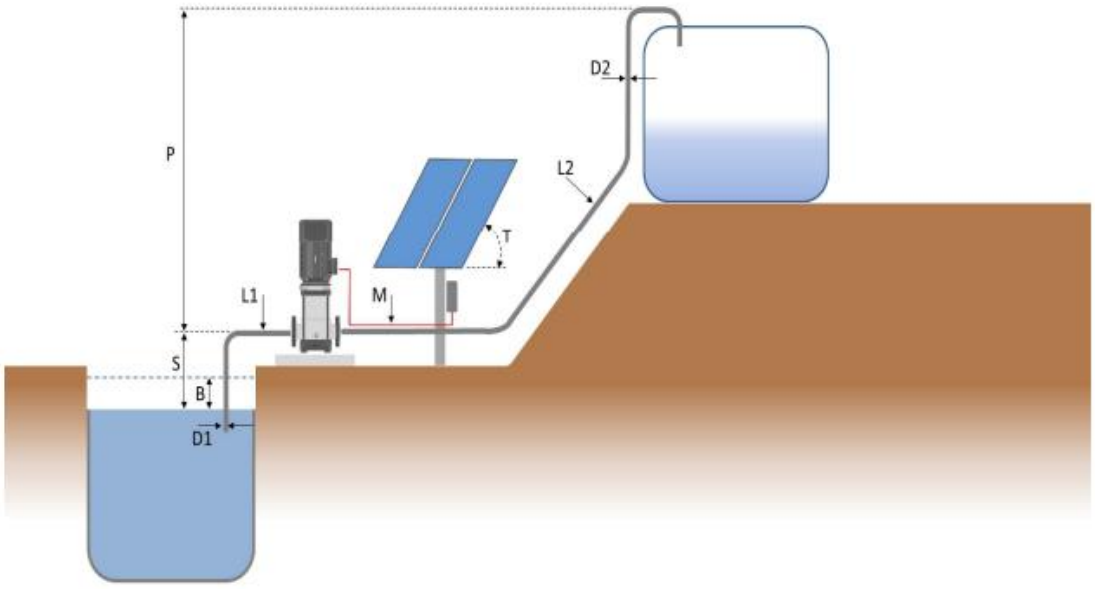
Navedeni princip možemo vidjeti na slici 22. :



Sl.22. *Navodnjavanje kap po kap [7]*

5. PRIMJER PRORAČUNA SOLARNE CRPKE

Za primjer odrediti ćemo koliko dnevno električne energije u srpnju možemo dobiti od Sunca pomoću fotonaponskih modula koji pokreću solarnu crpku. Uzet ćemo prikaz dimenzija pri punjenju akumulacije :



Sl.23. *Punjenje akumulacije* ***[****3****]***

Da bi saznali koliko dnevno električne energije dobijemo pomoću fotonaponskih modula, potrebno je odrediti snagu crpke koja puni akumulaciju. Zanima nas koju količinu vode dnevno trebamo podići sa visine D1 na visinu D2, odnosno svladati visinsku razliku P iznosa 10 metara, a zatim odrediti količinu vode koju pumpa crpi u vremenskom intervalu od 1 dana, odnosno 24 sata.

Snagu crpke možemo odrediti prema formuli [14]:

$$P_C = \mathrm{g} \cdot Q_C \cdot H_C \cdot \frac{1}{\mu_C} \qquad (1\text{-}1)$$

gdje su:

g - gravitacijska sila iznosa 9,81m/s^2

Q_C - protok vode kroz crpku

H_C - visinska razlika crpljenja za koju pretpostavljamo 10m

μ_C - korisnost crpke iznosa za koju pretpostavljamo 90 %

Prije nego što odredimo snagu crpke potrebno je odrediti protok vode u srpnju kada je očekivano najveća potreba za navodnjavanjem, prema formuli [14] :

$$Q_{C,srpanj} = \frac{V_{srpanj}}{T_{srpanj}} \quad (1\text{-}2)$$

gdje su :

V_{srpanj}– potreban volumen vode za navodnjavanje u srpnju

T_{srpanj}– trajanje srpnja u sekundama

O protoku crpke ovisi kultura koja će se navodnjavati i koliko je potrebe za vodom u mjesecima u kojim se ta kultura navodnjava.

Za primjer proračuna uzeta je kultura merkantilnog kukuruza koji će se navodnjavati na površini od 1000 hektara odnosno 100000000m^2. Kako bi se izračunala dnevna potreba za vodom merkantilnog kukuruza potrebno je uzeti najveću potrebu za vodom. Podatke pročitamo sa slike 24. :

Struktura proizvodnje redovno/postrno	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Norma neto* (mm)	Norma bruto** (mm)
REDOVNA SJETVA														
Žitarice														
Kukuruz merkantilni				0,0	0,0	12,7	83,0	61,9	0,0				**157,7**	189,3
Kukuruz sjemenski				0,0	0,0	12,7	83,0	61,9	0,0				**95,8**	114,9
Kukuruz šećerac				0,0	10,3	44,5	87,2						**142,0**	170,4
Pšenica merkantilna	0,0	0,0	0,0	26,6	42,6	0,0				0,0	0,0	0,0	**69,2**	83,1
Pšenica sjemenska	0,0	0,0	0,0	26,6	42,6	0,0				0,0	0,0	0,0	**69,2**	83,1
Ječam, zob, triticale	0,0	0,0	0,0	21,2	23,0	0,0				0,0	0,0	0,0	**44,2**	53,0

Sl.24. *Potreba uzgajanih kultura za vodom pri prosječnim količinama oborina [13]*

Najveća potreba za vodom u srpnju prema [13] iznosi 83 mm. Tada je jedinični volumen po hektaru:

V_{srpanj} = 0,83m^3/m^2=830m^3/ha

Sada kada znamo najveću potrebu za količinom vode, odnosno volumen, možemo iz relacije (1-2) odrediti protok crpke:

$$Q_{C,srpanj} = \frac{V_{srpanj}}{T_{srpanj}} = \frac{830m^3}{31dan \cdot 24sata \cdot 60minuta \cdot 60sekundi} = 3{,}0988 \cdot 10^{-4} m^3/s,$$ ha , za 1 hektar zemlje,

odnosno : $Q_{C,srpanj}$ = 0,30989 m^3/s za 1000 hektara zemlje.

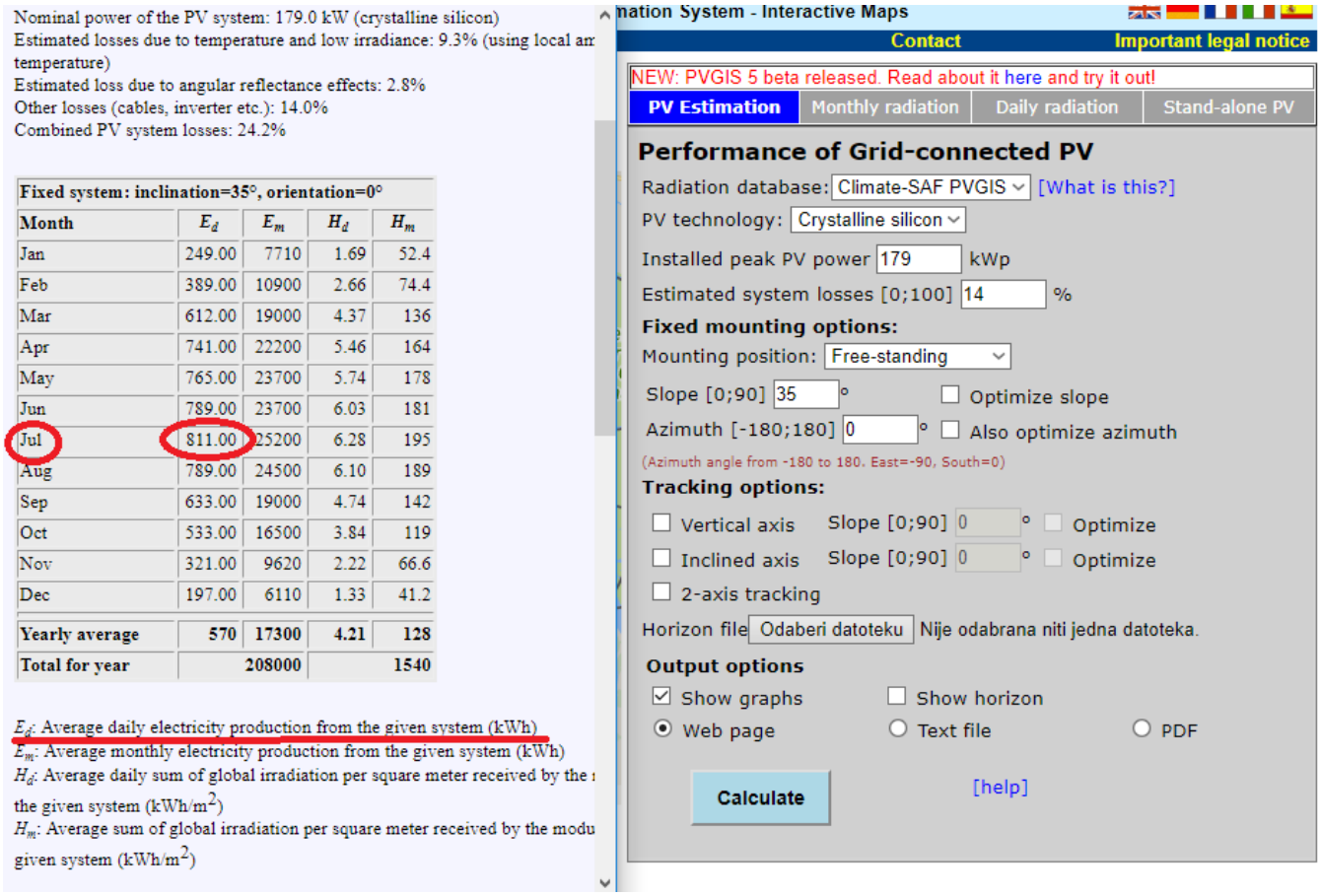
Nakon izračuna protoka crpke vrlo lako možemo doći do srednje vrijednosti snage crpljenja iz relacije (1-1) :

$$P_C = g \cdot Q_{C,srpanj} \cdot H_C \cdot \frac{1}{\mu_C} = 9{,}81 \cdot 0{,}30989 \cdot 10 \cdot \frac{1}{0{,}9} = 33{,}778 \text{ kW}$$

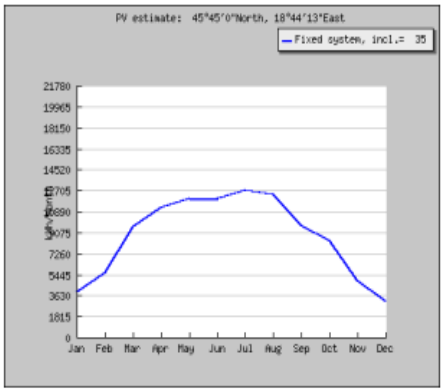
Na koncu možemo saznati koliko dnevno električne energije dobijemo pomoću fotonaponskih modula prema formuli [14]:

$$W_{srpanj,1\,dan} = P_C \cdot T_{srpanj} = 33{,}778 \text{ kW} \cdot 24 \text{ h} = 810{,}672 \text{ kWh}. \text{ [12]} \qquad (1\text{-}3)$$

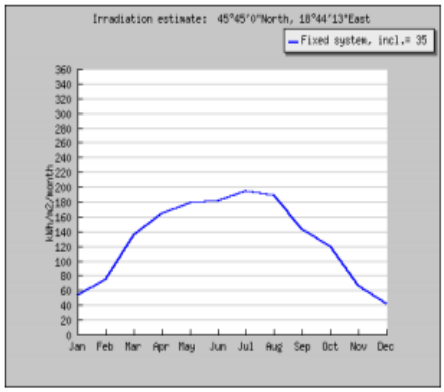
Na temelju ovog izračuna, potrebnu instaliranu snagu fotonaposnkih modula možemo odrediti pomoću PVgis kalkukatora [10], kada unesemo podatke za kristalni fotonaponski modul sa 14 % gubitaka i jakosti fotonaponskog polja 179 kWp:



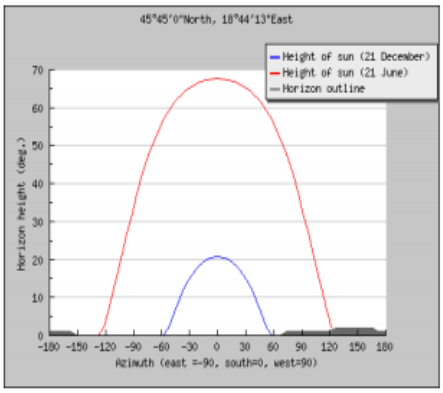
Sl.25. *Proračun dnevne električne energije u srpnju pomoću PVgis kalkulatora* [10]



Mjesečna proizvodnja električne energije pod fiksnim kutem dobivena FN sustavom



Mjesečno Sunčevo zračenje pod fiksnim kutem dobiveno FN sustavom



Položaj Sunca u odnosu na horizont za vrijeme ljetnog i zimskog solsticija

Sl.26. *Grafikoni dobiveni pomoću PVgis kalkulatora [10]*

Očigledno je sa prikaza grafikona da je najveće sunčevo zračenje, odnosno najveća proizvodnja električne energije u mjesecima lipnju, srpnju i kolovozu.

6. ZAKLJUČAK

Završni rad je imao za zadatak opisati u teoriji sve komponente potrebne za rad jednog solarnog sustava za navodnjavanje i prikazati u praktičnom dijelu kako zapravo sustav funkcionira.

Osnovni cilj projekta solarno navodnjavanje je zamjena primarnog energenta, dizel goriva sa ekološki boljim energetom, Suncem, a sve u svrhu proizvodnje električne energije koja će se koristiti za pogon pumpi za navodnjavanje poljoprivrednih površina. Napravljena je zamjena vodenih pumpi sa boljim i prilagođenijim pumpama s pogonom na električnu energiju pomoću fotonaponskih modulu. Ovim projektom se uspjela pokriti potrošnja dizel goriva u ekvivalentnoj vrijednosti od 207 MWh električne energije Sunca, time fotonaponski moduli su uspjeli pokriti 63% potrebe za električnom energijom.

Samom proizvodnjom električne energije iz obnovljivih izvora energije smanjuje se emisija ugljikovog dioksida, a sa time se i promoviraju drugi oblici energije. Prijašnji sustav je trošio 64 tone ugljikovog dioksida pogonjen s dizel agregatima, dok se ugradnjom sunčane elektrane uspjelo uštediti 48 tone godišnje emisije ugljikovog dioksida.

Investicija u projekt je isplativa do 5 godina a i uz sve navede prednosti, završnom radu se pristupilo kako bi se u što boljem svjetlu prikazali obnovljivi izvori energije, koji su budućnost i alternativa ka spašavanju našeg planeta Zemlje.

7. LITERATURA

[1]http://www.solarni-paneli.hr/pdf/01_handbook_fotonapon.pdf

[2]http://www.solarno.hr/katalog/proizvod/PRINCIPRAD/princip-rada-solarne-opreme

[3**]**http://www.solarniprojekti.hr/navodnjavanje.html

[4]OEiE_predavanja_2015_2016_3poglavlje Prof.Dr.Sc.Damir Šljivac

[5]http://www.pumpe.hr/opcenito-o-pumpama/centrifugalne-pumpa (29.3.2016.)

[6]http://www.webgradnja.hr/materijali/A4-brosura-Driperi-HR.pdf

[7]http://www.cipro.hr/savjet-navodnjavanje-kap-po-kap.htm#.WVQqU2jyjIU

[8]http://eko.zagreb.hr/print.aspx?id=87

[9]http://www.irena-istra.hr/uploads/media/Fotonaponski_sustavi_01.pdf

[10]http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php

[11]http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC103426/ldna28159enn.pdf

[12] OEiE_predavanja_2013_2014, 3.poglavlje,Prof.Dr.Sc.Damir Šljivac

[13]https://bib.irb.hr/datoteka/655132.2013_11_18_3867505_prirucnik_o_navodnjavanju.pdf

[14]Hrvoje Požar: Osnove energetike, Školska knjiga Zagreb, prvo izdanje, 1976.

8. SAŽETAK

Fotonaponski sustav za navodnjavanje čini postrojenje od ukupno 363 fotonaponskih modula raspoređenih na tri kolacije koje pogone 6 vodenih pumpi. Ukupna vršna snaga fotonaponskog polja je 179 kWp. Sustav čine 3 postrojenja.Rabo I II i III.Moduli su postavljeni pod kutem od 30 stupnjeva u odnosnu na tlo i ne reflektiraju sunčevu svjetlost u okoliš. Korišteni su polikristalni fotonaponski moduli nazivne snage 250 W, sa stupnjem iskoristivosti od 15,27%. Namjena postrojenja je proizvodnja električne energije koju pokreće vodena pumpa kojom se trasportira voda od izvora vode do laguna u kojoj se akumulira voda. To postrojenje nazvano je Rabo I.Očekivana proizvodnja električne energije u jednoj godini je 16,4 MWh, dok očekivani protok pumpe pri maksimalnoj osunčanosti u vremenskom periodu plana iznosi 22 m^3/h vode po jednoj pumpi. Ukupno je ugrađeno 12 fotonaponskih modula po jednom sustavu ukupne vršne snage 12kWp. Postrojenje Rabo II proizvodi električnu energiju koja pokreće vodenu pumpu s kojom se transportira voda od lagune do akumulacijskog jezera. Očekivana proizvodnja električne energije je u godini dana 42 MWh, a očekivani protok pri maksimalnoj osunčanosti iznosi 111 m^3/h. Postrojenje se sastoji od 126 fotonaponskih modula vršne snage 21.5 kWp. Namjena postrojenja Rabo III je proizvodnja električne energije koja pokreće vodenu pumpu kojom se transportira voda iz akumulacijskog jezera do poljoprivrednih površina koje se navodnjavaju. Ukupno je ugrađeno 189 fotonaponskih modula. Također u radu je objašnjeno navodnjanje kap po kap te punjenje lagune i akumulacija. Investicija kompletnog sustava iznosi 1,5 milijuna kuna + PDV, te je sustav izrađen bez baterija.

Ključne riječi: solarno navodnjavanje, fotonaponski moduli, obnovljivi izvori energije

9. SUMMARY

Photovoltaic irrigation system consists of a system with 363 photovoltaic modules arranged in three collations operated by 6 water pumps. The peak photovoltaic power of the photovoltaic field is 90.75 kWp. The system consists of 3 facilities, being Rabo I, II and III. The modules are placed under a tilt of 30 degrees from the ground and they do not reflect solar light into the environment. There are polycrystalline photovoltaic modules used with nominal power of 250 W and with a usability rate of 15.27%. The plant is used to produce electricity by means of a water pump that transports water from the water source to the accumulation pool. This facility is called Rabo I. The expected electricity production per one year is 16.4 MWh, while the expected pump flow at maximum irradiation over the foreseen exploitation time is 22 m^3/h of water per one pump. There is a total of 12 photovoltaic modules built in per one plant, with a total peak photovoltaic power 12 kWp per plant. The Rabo II facility produces electricity that drives the water pump to transport water from the pool to the accumulation lake. The expected production of electricity is 42 MWh per year, and the expected flow at maximum irradiation is 111 m^3/h. The plant consists of 126 photovoltaic modules with a peak power of 21.5 kWp. The purpose of the Rabo III facility is the production of electricity that drives the water pump to bring water from the accumulation lake to an agricultural area that needs to be irrigated. There are 189 photovoltaic modules installed. This paper also elaborates the drop-by-drop irrigation, as well as the filling of the accumulation pool and the accumulation lake. The investment in the whole system worth 1.5 million HRK + VAT, and the system is made without batteries.

Keywords: Solar irrigation, photovoltaic modules, renewable energy sources

10. ŽIVOTOPIS

Mario Vukušić rođen je 26.09.1995. godine u Osijeku. 2010. godine završio je osnovnoškolsko obrazovanje u Osnovnoj školi Višnjevac u Višnjevcu. Nakon toga upisuje I. gimnaziju u Osijeku koju završava s vrlodobrim uspjehom. Zbog interesa u elektrotehniku upisuje 2014. godine Elektrotehnički fakultet u Osijeku. Trenutno je na smjeru Elektroenergetika, a planira se u budućnosti baviti Obnovljivim izvorima energije.