

# Analiza isplativosti otočnog sustava napajanja koristeći solarnu energiju

---

**Novoselec, Patrik**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2023**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University North / Sveučilište Sjever**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:122:283146>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-08-15**



*Repository / Repozitorij:*

[University North Digital Repository](#)





**Sveučilište  
Sjever**

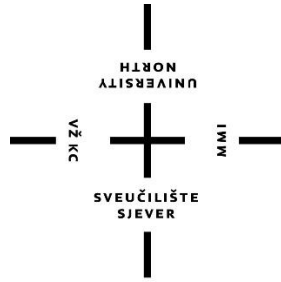
**Završni rad br. 524/EL/2023**

**Analiza isplativosti otočnog sustava napajanja koristeći  
solarnu energiju**

**Patrik Novoselec, 3794/336**

Varaždin, kolovoz 2023. godine





# Sveučilište Sjever

**Odjel za elektrotehniku**

*Završni rad br. 524/EL/2023*

## **Analiza isplativosti otočnog sustava napajanja koristeći solarnu energiju**

**Student**

Patrik Novoselec, 3794/336

**Mentor**

Srđan Skok, izv. prof. dr. sc.

Varaždin, kolovoz 2023. godine

# Prijava završnog rada

## Definiranje teme završnog rada i povjerenstva

|                             |   |              |                            |
|-----------------------------|---|--------------|----------------------------|
| ODJEL                       | Odjel za elektrotehniku   |              |                            |
| STUDIJ                      | preddiplomski stručni studij Elektrotehnika                               |              |                            |
| PRISTUPNIK                  | Patrik Novoselec  | MATIČNI BROJ | 3794/336                   |
| DATUM                       | 21.08.2023.   | KOLEGIJ      | Razvod električne energije |
| NASLOV RADA                 | Analiza isplativosti otočnog sustava napajanja koristeći solarnu energiju |              |                            |
| NASLOV RADA NA ENGL. JEZIKU | Cost-benefit Analysis of Using Solar Power Plant Islanding Supply         |              |                            |

|                      |                                      |        |                     |
|----------------------|--------------------------------------|--------|---------------------|
| MENTOR               | Srđan Skok                           | ZVANJE | Izvanredni profesor |
| ČLANOVI POVJERENSTVA | 1. Izv.prof.dr.sc. Srđan Skok        |        |                     |
|                      | 2. Doc.dr.sc. Dunja Srpak            |        |                     |
|                      | 3. mr.sc. Ivan Šumiga, viši predavač |        |                     |
|                      | 4. Doc.dr.sc. Ladislav Havaš         |        |                     |
|                      | 5. _____                             |        |                     |

## Zadatak završnog rada

|      |  |
|------|--|
| BROJ | 524/EL/2023  |
| OPIS | <p>Puno se pažnje pridaje integraciji izvora obnovljive energije a jedan od najznačajnijih razloga je smanjenje emisije štetnih plinova iz elektrana na fosilna goriva. Poticajne mjere za proizvodnjom električne energije iz obnovljivih izvora na razini Europske unije rezultirale su velikom integracijom distributivnih izvora u elektroenergetski sustav. Elektroenergetski sustav nije predviđen kako bi se pouzdano vodio koristeći intermitentne izvore električne energije uz podršku ograničenih skladišta energije. Stoga je cilj ovog rada analizirati mogućnosti korištenja solarne elektrane u otočnom pogonu sa stajališta finacijsko tehničkih aspekata. U radu je potrebno teorijski opisati solarne elektrane, te mogućnosti rada u otočnom pogonu. Također je potrebno na stvarnom primjeru kućnog napajanja solarnom elektranom sa podrškom dodatnim izvorima energije provesti analizu isplativosti korištenja iste u otočnom pogonu.</p> |

|                |             |                |  |
|----------------|-------------|----------------|--|
| ZADATAK URUČEN | 21.08.2023. | POTPIS MENTORA |  |
|----------------|-------------|----------------|--|

## SAŽETAK

Cilj ovoga završnog rada jest pronaći najisplativiju varijantu opskrbljivanja kućanstva električnom energijom na određenoj lokaciji na otoku Krku, koristeći se Sunčevom energijom. Koristit će se pomoćni alati u analizi postrojenja kao što su Photovoltaic Geographic Information System i RETscreen. Analizirat će se više varijanta proizvodnje električne energije.

Osnovna varijanta napajanja kućanstva električnom energijom jest samostalna solarna elektrana. Prema dnevnoj potrošnji energije određujemo snagu solarne elektrane koja iznosi 6,5 kW. Pomoću alata Photovoltaic Geographic Information System dobiva se graf mjesečne proizvodnje energije uz prethodno definiranu snagu solarne elektrane. Tijekom cijele godine elektrana zadovoljava potrebnu proizvodnju električne energije.

Za proizvodnju električne energije može se koristiti i hibridna kombinacija solarne elektrane i dizelskog agregata. Snaga solarne elektrane smanjuje se, a samim time smanjuju se i početni troškovi ulaganja. Budući da je smanjena snaga solarne elektrane, ona više ne zadovoljava potrebnu mjesečnu proizvodnju električne energije, stoga se dizelskim agregatom nadoknađuje proizvodnja energije.

Posljednja hibridna kombinacija koja se analizira jest kombinacija solarne elektrane i vjetroturbine. Također kao i u prethodnom slučaju smanjuje se snaga solarne elektrane, a nadoknađivanje proizvodnje električne energije vrši se vjetroturbinom. Takva kombinacija odgovara za navedenu lokaciju jer u mjesecima u kojima je najmanja proizvodnja energije najveće su brzine vjetrova.

**KLJUČNE RIJEČI:** električna energija, Sunčeva energija, Photovoltaic Geographic Information System, RETscreen, solarna energija, dizelskih agregat, vjetroturbina

## ABSTRACT

The aim of this final work is to find the most cost-effective variant of supplying the household with electricity at a certain location on the island of Krk, using solar energy. Auxiliary tools will be used in plant analysis such as Photovoltaic Geographic Information System and RETscreen. Multiple variants of electricity generation will be analyzed.

The basic variant of household electricity supply is a stand-alone solar power plant. According to daily energy consumption, we determine the power of a solar power plant, which

is 6.5 kW. Using the Photovoltaic Geographic Information System tool, a graph of monthly energy production is obtained with the previously defined power of the solar power plant. Throughout the year, the power plant meets the necessary electricity production.

A hybrid combination of a solar power plant and a diesel engine can also be used to produce electricity. The power of the solar power plant is decreasing, and thus the initial investment costs are decreasing. Because the power of the solar power plant is reduced, it no longer meets the required monthly electricity production, therefore the diesel engine compensates for energy production.

The last hybrid combination to be analyzed is a combination of a solar power plant and a wind turbine. Also as in the previous case, the power of the solar power plant is reduced, and the compensation of electricity production is done by wind turbine. Such a combination corresponds to the specified location because in the months in which the lowest energy production is the highest wind speeds.

**KEY WORDS:** electricity, solar energy, Photovoltaic Geographic Information System, RETscreen, solar energy, diesel aggregate, wind turbine

# SADRŽAJ

|   |    |
|---|----|
| 1. UVOD .....   | 2  |
| 2. SOLARNA ENERGIJA .....   | 3  |
| 2.1. SOLARNE ELEKTRANE .....  | 4  |
| 2.2. SOLARNI PANELI .....   | 5  |
| 2.3. PRINCIP RADA FOTONAPONSKE ČELIJE .....   | 6  |
| 2.4. TOPLINSKI SOLARNI SUSTAVI .....  | 7  |
| 2.5. SUNČEV TOPLOVODNI KOLEKTOR .....   | 7  |
| 2.6. SUSTAV S PRIRODNIM KRUŽENJEM ILI TERMOSIFON .....                                | 8  |
| 2.7. ISPLATIVOST SOLARNIH KOLEKTORA.....  | 8  |
| 3. KOMPONENTE OTOČNOG SUSTAVA.....  | 9  |
| 3.1. BATERIJE.....  | 9  |
| 3.2. REGULATOR NAPONA .....   | 10 |
| 3.3. IZMJENJIVAČ .....  | 11 |
| 3.4. SOLARNI SUSTAVI.....   | 12 |
| 4. ANALIZA ISPLATIVOSTI PILOT OTOČNOG SUSTAVA NAPAJANJA .....                         | 13 |
| 4.1. IZRAČUN DNEVNE POTROŠNJE.....  | 13 |
| 4.2. IZRAČUN TROŠKA PRIKLJUČKA NA MREŽU .....   | 18 |
| 4.2.1. PRIKLJUČAK NA MREŽU.....   | 19 |
| 4.3. ISPLATIVOST OTOČNOG NAPAJANJA .....  | 20 |
| 4.4. KOMBINACIJA SOLARNE ELEKTRANE I DIZELSKIH AGREGATA .....                         | 21 |
| 4.4.1. UTJECAJ ISPUŠNIH PLINOVA .....   | 23 |
| 4.4.2. KISELE KIŠE .....  | 24 |
| 4.4.3. OPRAVDANOST UPOTREBE KOMBINACIJE DIZEL AGREGATA SA SOLARNOM<br>ELEKTRANOM..... | 24 |
| 4.5. SOLARNA ELEKTRANA U KOMBINACIJI S VJETROTURBINOM .....                           | 25 |
| 4.5.1. ELEMENTI VJETROTURBINE.....  | 25 |
| 4.5.2. PROIZVODNJA ELEKTRIČNE ENERGIJE IZ VJETROTURBINE .....                         | 28 |
| 4.5.3. OPRAVDANOST UPOTREBE KOMBINACIJE VJETROTURBINE SA SOLARNOM<br>ELEKTRANOM.....  | 29 |
| 4.6. UPOTREBA SOFTVERA RETScreen .....  | 29 |
| 5. ZAKLJUČAK.....   | 32 |
| LITERATURA .....  | 33 |
| POPIS SLIKA .....   | 37 |
| POPIS TABLICA .....   | 38 |



## 1. UVOD

U današnje vrijeme radi samog povećanja cijena svih dobara i usluga pogotovo povećanja cijene električne energije, sve više ljudi okreće se korištenju obnovljivih izvora energije. Jedan od glavnih i najznačajnijih obnovljivih izvora energije jest Sunce. Sunčeva energija jest energija koja se oslobađa termonuklearnim reakcijama na suncu i ima najveći tehnički iskoristivi potencijal u odnosu na druge vrste obnovljivih izvora energije. Sunčeva ili solarna energija vrlo je važna jer predstavlja oblik čiste, neovisne, samoobnovljive energije. Sunčeva energija najčešće se upotrebljava za grijanje vode i za generiranje električne energije. Pretvorba Sunčeve energije u električnu vrši se pomoću fotonaponskih modula koji se sastoje od više međusobno povezanih fotonaponskih ćelija i fotonaponskog efekta [1] [2].

U ovom radu analizirat će se isplativost opskrbljivanja kućanstva električnom energijom pomoću samostalne solarne elektrane, hibridne kombinacije solarne elektrane i dizel agregata te hibridne kombinacije solarne elektrane i vjetroturbine. Cilj je naći najisplativije rješenje opskrbljivanja kućanstva električnom energijom uz faktore kao što su: životni vijek fotonaponskih modula, vjetroturbine, baterija, agregata.

## 2. SOLARNA ENERGIJA

Solarna energija odnosi se na svjetlost i toplinu Sunčevih zraka koje su određenim tehnologijama poput solarnoga grijanja preko solarnog kolektora (Slika 2.1.), fotonaponskih sustava koji sadrže solarne ploče (Slika 2.2.) pretvorene u ljudima potrebnu energiju.



*Slika 2.1. SOLARNE PLOČE [2]*



*Slika 2.2. SOLARNI KOLEKTOR [3]*

Tehnički iskoristivi potencijal energije Sunčeva zračenja daleko je veći od ostalih obnovljivih izvora energije kao što su: energija vjetra (Slika 2.3.), hidroenergija (Slika 2.3.), biomasa (Slika 2.5.) i energija valova (Slika 2.5.) koji su također samo posljedica ili neki oblik pretvorbe sunčeve energije [1].



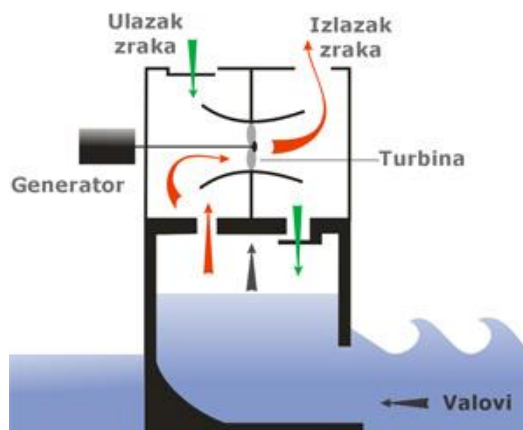
*Slika 2.3. ENERGIJA VJETRA [4]*



*Slika 2.4. HIDROENERGIJA [5]*



Slika 2.5. BIOMASA [6]



Slika 2.6. ENERGIJA VALOVA [7]

## 2.1. SOLARNE ELEKTRANE

Solarne elektrane jesu postrojenja koja Sunčevu energiju pretvaraju u električnu pomoću fotonaponskih modula i fotonaponskog efekta. Imaju mrežni sustav što znači da proizvedenu električnu energiju predaje u elektroenergetski sustav, za razliku od samostalnog ili otočnog sustava u kojima se proizvedena električna energija najčešće skladišti u akumulatoru [8] [9]. Osnovni elektronički elementi u kojima se događa fotonaponska pretvorba nazivaju se fotonaponski članci.

### FOTONAPONSKI ČLANCI

Sastoje se od dvaju različito nabijena poluvodiča između kojih, kada su izloženi Sunčevom svjetlu, teče električna struja. Zatvorimo li strujni krug između fotonaponske ploče i nekog potrošača, električna će struja poteći i potrošač će biti opskrbljen.

### FOTONAPONSKI EFEKT

Jest pojava kod koje djelovanjem elektromagnetskog zračenja dovoljno kratke valne duljine dolazi do izbijanja elektrona iz obasjanog materijala.

### FOTONAPONSKI MODULI

Veće cjeline međusobno povezanih fotonaponskih članaka u kojima se događa sama fotonaponska pretvorba. Fotonaponske ploče zapravo su poluvodički elementi koji direktno pretvaraju energiju Sunčeva zračenja u električnu energiju.

## 2.2. SOLARNI PANELI

Solarna ploča ili panel jest element koji nastaje međusobnim povezivanjem više fotonaponskih ćelija. Ćelije se mogu spajati serijski ili paralelno, a glavni razlog povezivanja fotonaponskih ćelija u panele jest postizanje puno veće izlazne snage u odnosu na snagu pojedine ćelije.

Silicij je osnovni materijal od kojeg se izrađuju solarne ćelije, on apsolutno dominira s udjelom od oko 98 % i to pretežno u tehnologiji kristalnog silicija [10] [11]. Najveći mu je tehnološki nedostatak što je poluvodič s tzv. neizravnim zabranjenim pojasom zbog čega su potrebne velike debljine aktivnog sloja kako bi se u najvećoj mjeri iskoristila energija Sunčeva zračenja.

Najzastupljeniji moduli jesu **monokristalni** i **polikristalni**. Kod monokristalnih panela (Slika 2.7.) ćelije su napravljene od čistog silikona pa imaju puno veću izdržljivost i vijek trajanja, a samim time i veću cijenu, a kod polikristalnih panela (slika 2.8.) ćelije su napravljene tako da se rastopi silicij i prelije u kalup te se dobije manja iskoristivost nego kod monokristalnih modula, ali je zato cijena manja.



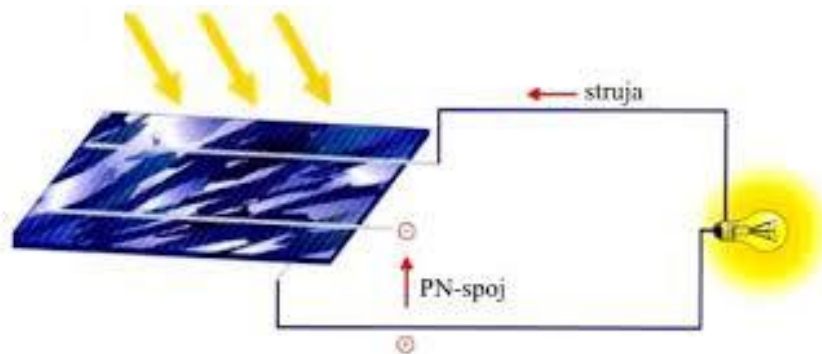
Slika 2.7. MONOKRISTALNI PANEL [12]



Slika 2.8. POLIKRISTALNI PANEL [12]

## 2.3. PRINCIP RADA FOTONAPONSKE ČELIJE

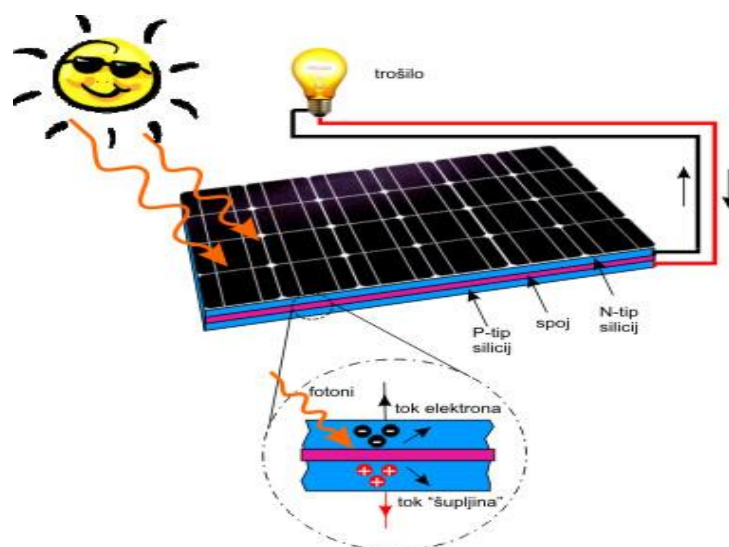
Osvjetljavanjem fotonaponske ćelije ona apsorbira Sunčevo zračenje i dolazi do fotonaponskog efekta zbog kojeg se na krajevima ćelije pojavljuje elektromotorna sila (napon) (Slika 2.9).



Slika 2.9. PRINCIP RADA FOTONAPONSKE ČELIJE [13]

Između metalne rešetke na gornjoj strani i metalnog kontakta na donjoj strani ploče spaja se trošilo. U **serijskom spoju** ćelije se spajaju serijski kada želimo postići veći napon (struja ostaje ista). Struja ima samo jedan put za kretanje tako da mora teći kroz sva opterećenja. U **paralelnom spoju** ćelije spajamo paralelno kada želimo veću jakost struje (napon ostaje isti). Kada imamo krug koji je spojen na ovaj način, struja ima više putova za kretanje kroz krug. Stoga ako se jedan od elemenata pokvari, struja će taj put zanemariti i uzeti druge dostupne [14] [15].

**Fotonaponski efekt** jest stvaranje napona u materijalu nakon izlaganja svjetlu, odnosno kod njega se oslobođeni elektroni provode između molekula različitih spojeva materijala što rezultira povećanjem napona između dviju elektroda (Slika 2.10.). Fotonaponski efekt prvi je evidentirao Alexandre Edmond Becquerel 1839.



Slika 2.10. FOTONAPONSKI EFEKT [16]

## 2.4. TOPLINSKI SOLARNI SUSTAVI

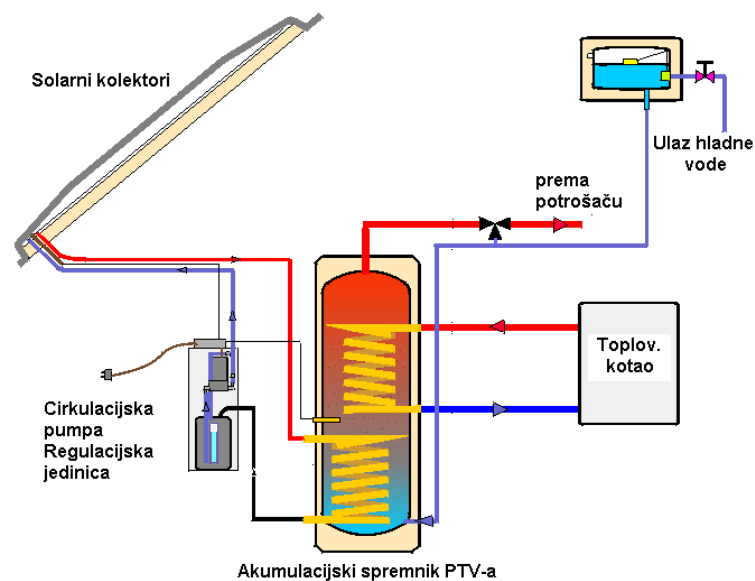
Toplinski solarni sustavi koriste se Sunčevom energijom, kao obnovljivim izvorom energije, za zagrijavanje potrošne tople vode, toplovodno i toplozračno grijanje prostora, zagrijavanje vodene pare radi proizvodnje električne energije i drugo. Sunčev toplovodni sustav s prisilnim kruženjem vode (Slika 2.11.) sastoji se od sunčevih toplovodnih kolektora, sunčeva spremnika topline, pomoćnog grijača, toplovodnih cijevi, pumpe i regulacijskog sklopa koji njome upravlja [17].

## 2.5. SUNČEV TOPLOVODNI KOLEKTOR

Upija Sunčevo zračenje i može se koristiti za grijanje prostora i za grijanje vode. Kolektori se najčešće postavljaju na krov kuće ili zgrade.

**Sastoje se od:**

- **prozirne stranice** – staklo ili slična prozirna otporna površina koja propušta Sunčevu energiju unutra, ali ne i van
- **apsorbera** – tamno obojena površina koja se nalazi unutar kućišta kolektora, a služi za upijanje topline i prenošenje na radni medij
- **toplinske izolacije** – sprječava gubitke topline
- **ventila i toplovodne cijevi** – prenose medij, odnosno ugrijani zrak ili tekućinu iz kolektora u spremnik.



Slika 2.11. SUNČEV TOPLOVODNI SUSTAV S PRISILNIM KRUŽENJEM VODE [18]

Voda preuzima apsorbirano Sunčevo zračenje u kolektoru i predaje ga vodi u akumulacijskom spremniku preko izmjenjivača topline koji se sastoji od dviju cijevi savijenih u spiralu radi bolje izmjene topline i zauzimanja manjeg prostora.

## **2.6. SUSTAV S PRIRODNIM KRUŽENJEM ILI TERMOSIFON**

Sustav s prirodnim zagrijavanjem ili termosifon (Slika 2.12.) nakon zagrijavanja u kolektoru, zbog razlike u gustoći, diže vodu do spremnika, postavljenog iznad kolektora, tamo hladi i vraća nazad u kolektor potiskujući toplu vodu prema spremniku. Ne zahtijeva regulaciju ni pumpu, no ima manji stupanj iskoristivosti zbog manjeg protoka u kolektoru i većih gubitaka ako je spremnik ugrađen izvan objekta [17].



*Slika 2.12. TERMOSIFON*

## **2.7. ISPLATIVOST SOLARNIH KOLEKTORA**

Tipične vrijednosti za obitelj s 4 – 5 članova jesu 4 – 6 m<sup>2</sup> kolektora u kontinentalnom dijelu i do 4 m<sup>2</sup> u primorskom dijelu uz spremnik zapremine 200 – 300 litara. Tada je tijekom cijele godine moguće prikupiti oko 600 kWh/m<sup>2</sup> u kontinentalnom dijelu i oko 1000 kWh/m<sup>2</sup> u primorskom dijelu. Povrat investicije u odnosu na grijanje vode plinom u kontinentalnom dijelu iznosi 24 godine, dok u primorskom dijelu iznosi 16 godina, a u odnosu na električno grijanje vode 9 godina u kontinentalnom dijelu i 6 godina u primorskom.

### 3. KOMPONENTE OTOČNOG SUSTAVA

Otočni sustavi najčešće se koriste na mjestima gdje zbog bilo kakvih razloga nije moguće sustav priključiti na električnu mrežu ili nije isplativo.

#### 3.1. BATERIJE

Osim ranije opisanih solarnih panela, važan element otočnog sustava su baterije. To su spremišta neiskorištene energije koju proizvedu solarni moduli tijekom sunčanog vremena, a nazivamo ih ciklički solarni akumulatori (Slika 3.1.). Imaju i ulogu izvora kada fotonaponski moduli ne mogu proizvoditi energiju. Razdoblje između jednog vremena punjenja i pražnjenja naziva se ciklus, a takav način rada ciklički.



*Slika 3.1. CIKLIČKI SOLARNI AKUMULATOR*

Ciklički način rada neizbježan je u Sunčevim sustavima i skraćuje životni vijek baterije. Zato je najvažniji zahtjev za baterije u Sunčevim sustavima povećana izdržljivost u cikličkom režimu. Drugi je bitan zahtjev što veći stupanj iskoristivosti, odnosno što manja razlika između dobivene energije iz baterije tijekom jednog pražnjenja i utrošene energije tijekom jednog punjenja. Baterije koje ispunjavaju ta dva uvjeta nose oznaku SOLAR [19].



Osnovne karakteristike solarnih baterija su:

- **kapacitet** – ukupna količina energije koju solarni baterijski spremnik može pohraniti, mjerena u kilovatsatima
- **nazivna snaga** količina električne energije koju baterija može istodobno isporučiti.
- **ciklus punjenja** jednak je jednom cjelovitom pražnjenju i jednom punjenju, odnosno treba preračunati koliko kWh baterijski spremnik može isporučiti s obzirom na svoj životni vijek
- **dubina pražnjenja (DoD)** odnosi se na količinu korištenja baterijskog spremnika, ako je DoD veći, to znači da će se moći iskoristiti više kapaciteta baterijskog spremnika.

### 3.2. REGULATOR NAPONA

Elektronički je uređaj koji se postavlja između fotonaponskih ploča i baterija, a osnovni mu je zadatak da promjenjivi napon iz solarnih ploča pretvori u precizno kontrolirani napon kojim se pune baterije. Regulator (Slika 3.2) štiti bateriju od prenapunjenosti i od predubokog pražnjenja.



*Slika 3.2. REGULATOR NAPONA [20]*

Dvije su tipične grupe regulatora napona:

- **PWM** – jednostavniji i jeftiniji regulator punjenja koji se koristi kod manjih solarnih sustava
- **MPPT** – sofisticiraniji i skuplji regulator, ali i 10 – 40 % učinkovitiji od PWM sustava.

### 3.3. IZMJENJIVAČ

Pretvara energiju istosmjernog napona iz akumulatora u izmjenični napon od 230 V. Prema obliku napona koji pretvarač daje na izlazu postoje tri glavna tipa, a to su pulsni, sinusni i modificirani sinusni pretvarač. U svakom slučaju preporučuje se sinusni izmjenjivač (Slika 3.3.) jer on omogućuje nesmetan rad svih standardnih električnih uređaja.



*Slika 3.3. IZMJENJIVAČ [21]*

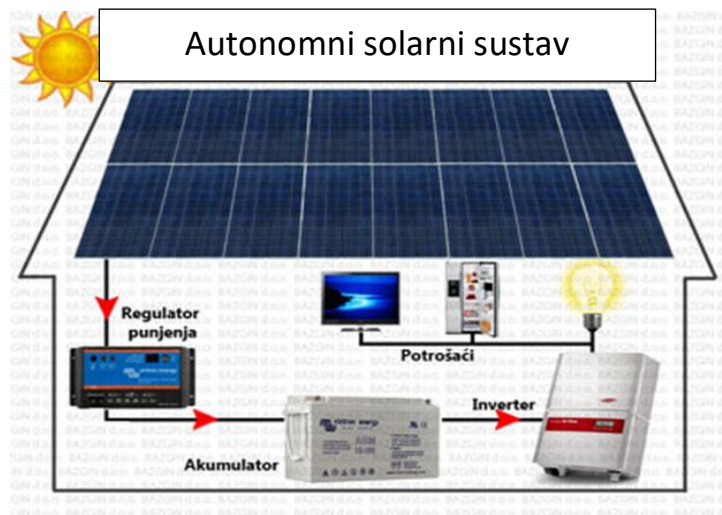
Osnovne karakteristike izmjenjivača su:

- **nazivni napon** – napon koji se mora primijeniti na ulazne stezaljke pretvarača kako ne bi bio preopterećen
- **nazivna snaga** – snaga koju pretvarač može kontinuirano napajati.
- **kapacitet preopterećenja** – sposobnost pretvarača da izdrži veću snagu od nazivne bez preopterećenja i za kratak period
- **valni oblik** – signal koji se pojavljuje na stezaljkama pretvarača, karakterizira najefikasnije vrijednosti napona i frekvencije.

### 3.4. SOLARNI SUSTAVI

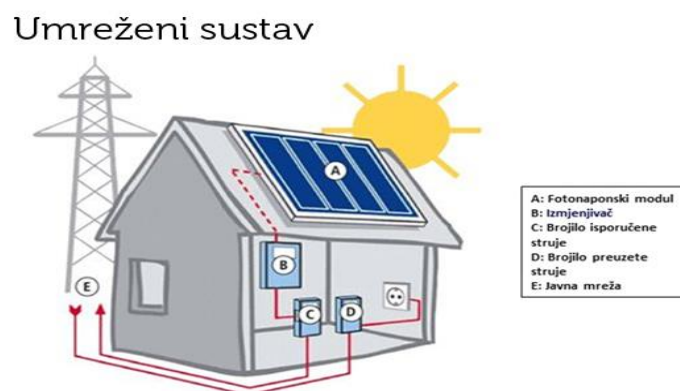
Solarni sustavi dijele se na sustave koji nisu priključeni na mrežu (*off-grid*), a često se nazivaju samostalni ili autonomni sustavi i sustavi priključeni na javnu elektroenergetsku mrežu ili umreženi sustavi (*on-grid*).

Osnovna je razlika između tih sustava ta da se kod autonomnih solarnih sustava (Slika 3.4.) proizvedena energija mora skladištiti na licu mjesta najčešće u akumulatore koji su najskuplja komponenta u *off-grid* sustavu [22].



Slika 3.4. AUTONOMNI SOLARNI SUSTAV [23]

Kod umreženih sustava (Slika 3.5.) funkciju skladištenja energije vrši električna mreža, odnosno elektroenergetski sustav te je to u ovoj situaciji velika prednost u pogledu troškova i održavanja u odnosu na *off-grid* sustav.



Slika 3.5. UMREŽENI SUSTAV [23]

Prednost samostalnih sustava jest ta da kad uskladištimo energiju u akumulatore, možemo ju koristiti bilo kada, a nedostatak je sama karakteristika godišnjih doba, odnosno kako je broj sunčanih dana ljeti i zimi različit, tako se razlikuje i proizvodnja električne energije.

## 4. ANALIZA ISPLATIVOSTI PILOT OTOČNOG SUSTAVA NAPAJANJA

Na postojeću vikendicu koja se nalazi na otoku Krku, zbog nemogućnosti priključka na elektroenergetsku mrežu zbog udaljenosti od mreže, odlučeno je izgraditi solarnu elektranu koja će moći opskrbljivati kućanstvo električnom energijom tijekom cijele godine. Takav solarni sustav naziva se otočni ili *off-grid* sustav napajanja. Da bi se kućanstvo moglo napajati električnom energijom tijekom cijele godine, potrebni su solarni akumulatori koji će uskladištiti višak energije koja se odmah ne potroši.

Trošila koja se nalaze u kući:

- 6 rasvjetnih štednih tijela po 25 W
- klimatizacijski uređaj od 2000 W
- televizor od 50 W
- električni bojler 1500 W
- hladnjak 500 W.

### 4.1. IZRAČUN DNEVNE POTROŠNJE

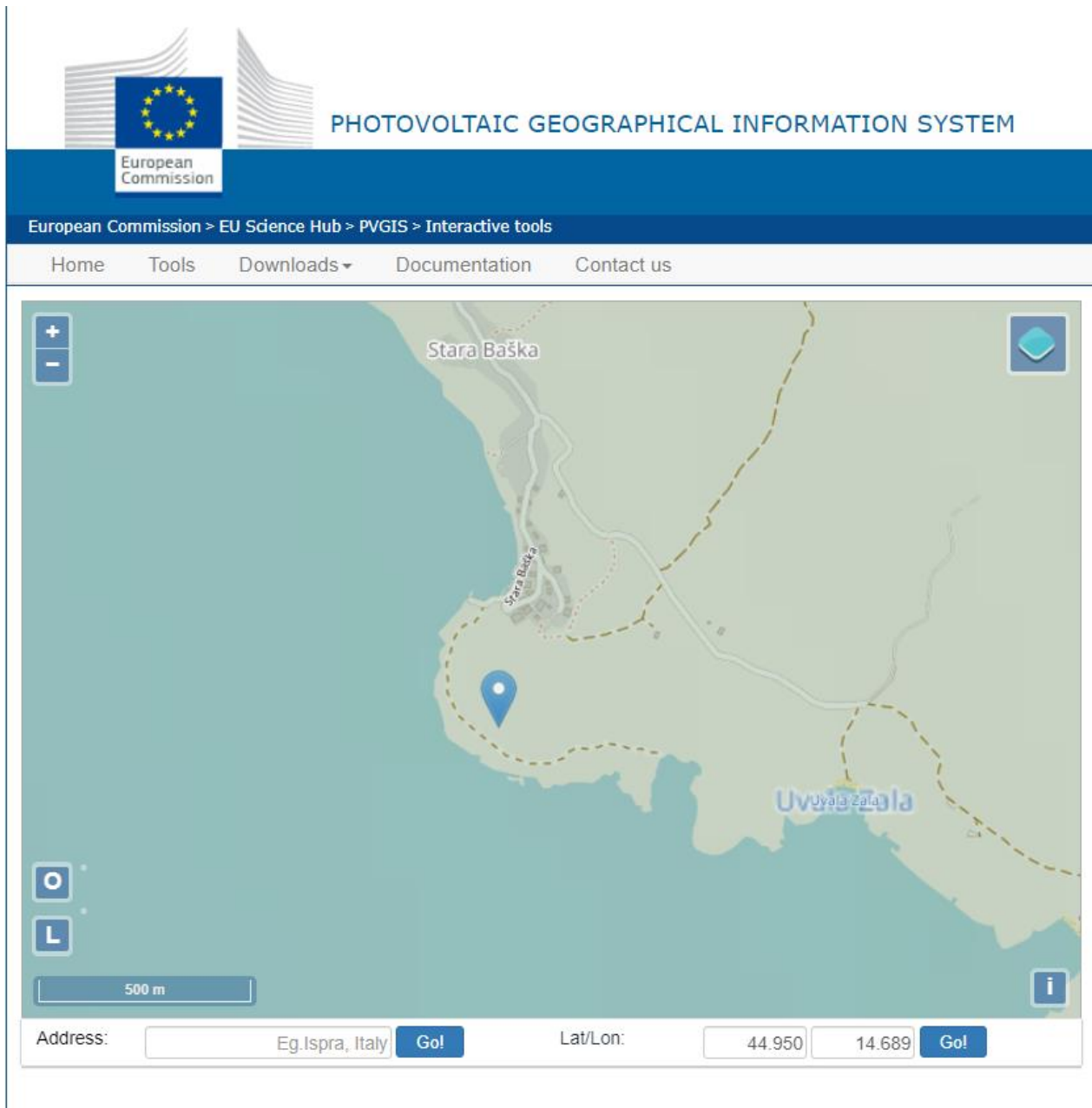
Rasvjetna tijela dnevno rade 6 sati, klimatizacijski uređaj dnevno radi 2 sata, televizor dnevno radi 4 sata, električni bojler dnevno radi 1 sat, a hladnjak dnevno radi 6 sati.

**Ukupna dnevna potrošnja energije iznosi:**

$(6 \times 25 \text{ W}) \times 6 \text{ h} + 2000 \text{ W} \times 2 \text{ h} + 50 \text{ W} \times 4 \text{ h} + 1500 \text{ W} \times 1 \text{ h} + 500 \text{ W} \times 6 \text{ h} = 9600 \text{ Wh}$   
[24].

Treba uzeti u obzir da je ukupna dnevna potrošnja energije promjenjiva zbog upotrebe nekog trošila duže vrijeme od navedenoga ili zbog oblaka koji mogu sakriti Sunce. Stoga se ukupna dnevna potrošnja povećava za 25 % ukupne, odnosno za 2,4 kWh kao dodatno osiguranje kako ukućani ne bi ostali bez električne energije. Još jedan razlog zbog kojeg se uzima veća dnevna potrošnja energije od izračunane jest taj što je u mjesecima poput studenog i prosinca jako mala proizvodnja električne energije u odnosu na ljetne mjesece.

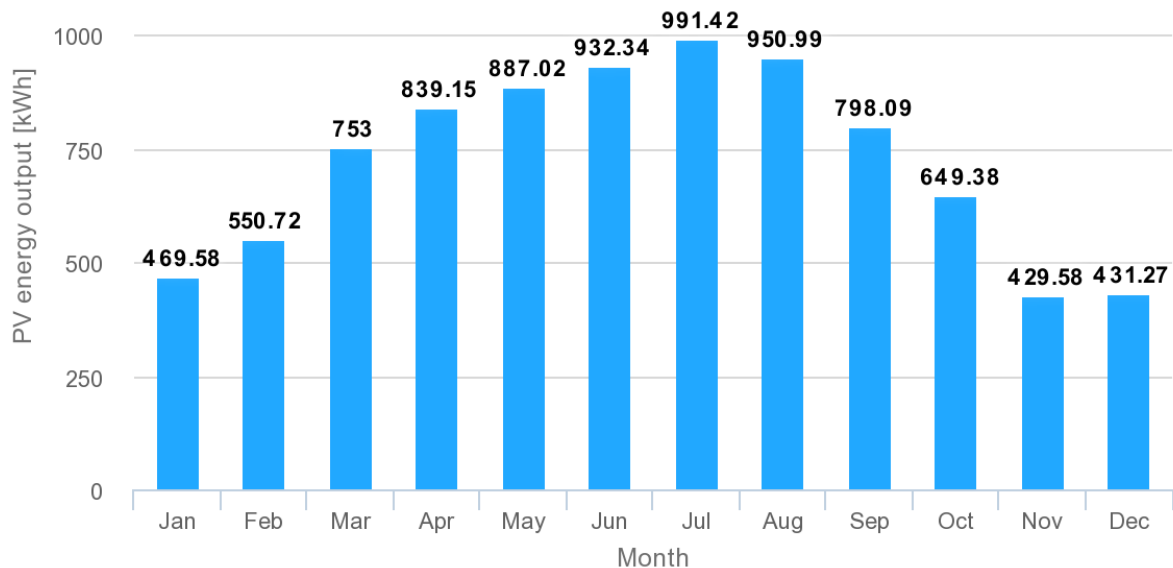
Pomoću programa *Photovoltaic Geographical Information System* pronađena je lokacija vikendice (Slika 4.1.) s točnim koordinatama zemljopisne širine i dužine. Program sam odabire najbolji nagib solarnih ploča kako bi se iskoristio njihov maksimum u proizvodnji električne energije.



*Slika 4.1. LOKACIJA VIKENDICE*

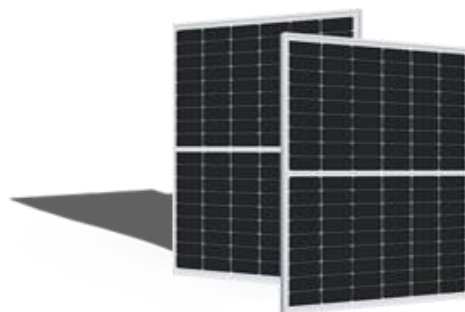
Programom *Photovoltaic Geographical Information System* pomoću točne lokacije izračunava se mjesečna proizvodnja električne energije uz parametre kao što su: instalirana snaga elektrane, kapacitet baterija, dnevna potrošnja energije, nagib solarnih ploča, položaj solarnih ploča [25].

Kada se svi uvjeti uzmu u obzir, za napajanje vikendice električnom energijom tijekom cijele godine potrebna je solarna elektrana od 6,5 kW. Iz dijagrama proizvodnje električne energije (Slika 4.2.) tijekom cijele godine vidljivo je da u najlošijim mjesecima, odnosno mjesecima kad ima najmanje sunca, proizvodnja električna energija veća je od potrebne za skoro 45 %.



*Slika 4.2. PROIZVODNJA ELEKTRIČNE ENERGIJE PO MJESECI*

Za navedenu solarnu elektranu koristit će se monokristalni SUNRISE moduli (Slika 4.3.) snage 410W. Dimenzije su modula: 1723 mm dužine i 1133 mm širine. Za postizanje navedene snage potrebno je 16 istih fotonaponskih modula [26].



*Slika 4.3. MONOKRISTALNI SUNRISE MODULI*

Za pretvorbu napona DC – AC koristimo se pretvaračem napona SOLE HYBRID 10000 (Slika 4.4.). Pretvarač je snage 10 kW i maksimalne struje punjenja 60 A. Taj pretvarač ima čistu sinusnu karakteristiku te omogućuje nesmetan rad svih standardnih električnih uređaja [27].



*Slika 4.4. PRETVARAČ NAPONA SOLE HYBRID 10000*

Za regulaciju napona potrebnog za punjenje baterija koristit će se regulator napona SOLE MPPT 60 A 12/24/48 V (Slika 4.5.). Regulator ima maksimalnu učinkovitost od 98 %, a inteligentna tehnologija praćenja maksimalne snage povećava učinkovitost za 25 % – 30 % [28].



*Slika 4.5. REGULATOR NAPONA SOLE MPPT*

Uz otočni sustav napajanja potrebne su solarne baterije (Slika 4.6.) koje će uskladištiti neiskorištenu energiju kada je veća proizvodnja nego potrošnja. Vrlo važan parametar kod solarnih baterija jest kapacitet; što je kapacitet baterije veći, to je veća i cijena same baterije. Uzevši u obzir parametre baterija i solarne elektrane, odlučeno je uklopiti u sustav dvije baterije po 5 kWh. Ukupnim kapacitetom baterija od 10 kWh ukućani su dodatno osigurani uskladištenom električnom energijom [29].



*Slika 4.6. SOLARNA BATERIJA OD 5 kWh*

## TROŠKOVI INSTALACIJE

**solarni moduli:** SUNRISE 410 W, cijena po komadu 192,18 €

**ukupno: 3.074,56 €**

**pretvarač napona:** SOLE HYBRID 10000, cijena 1.964,30 €

**ukupno: 1.964,30 €**

**regulator napona:** SOLE MPPT 60 A, cijena 131,40 €

**ukupno: 131,40 €**

**akumulatorske baterije:** CFE LiFePO4 baterija 5 kWh, cijena po komadu 2.284,49 €

**ukupno: 4.568,98 €.**

Ukupna cijena takve solarne elektrane iznosi **9.739,24 €.**

**Dobivena cijena može se razlikovati zbog inflacije!**



## 4.2. IZRAČUN TROŠKA PRIKLJUČKA NA MREŽU

Za vikendicu je potreban priključak od 5,75 kW, a jedinična cijena po kW iznosi 224 € što dovodi do iznosa od 1300 €. Na to se mora nadodati i naknada za priključenje koja za priključak od 5,75 kW iznosi 1355 €. **Ukupan iznos koji se mora platiti samo za priključak jest 2655 € [30] [31].**

Na internetskim stranicama HEP-a nalazi se kalkulator kojim se može obračunati potrošnja energije po mjesecima.

### Izračun

| Stavka          | Količina [ kwh ] | Cijena [ EUR ]          | Iznos [ EUR ] |
|-----------------|------------------|-------------------------|---------------|
| energija        | 3510             | 0.070276                | 246.67        |
| prijenos        | 3510             | 0.011945                | 41.93         |
| distribucija    | 3510             | 0.029199                | 102.49        |
|                 |                  |                         | <b>391.09</b> |
| opskrba         | 12 mj.           | 0.9820                  | 11.78         |
| mjerno mjesto   | 12 mj.           | 1.5400                  | 18.48         |
| oie             | 3510             | 0.013936                | 48.92         |
| osnovica za PDV |                  |                         | 470.27        |
| PDV ( 13 % )    |                  |                         | 61.14         |
| <b>Ukupno</b>   |                  | <b>( 4,003.91 HRK )</b> | <b>531.41</b> |

Slika 4.7. IZRAČUN

Na slici prikazan je detaljan izračun (Slika 4.7.) za godišnju potrošnju koja iznosi 3510 kWh. U izračunu su navedene sve stavke koje se plaćaju u svakom kućanstvu koje se opskrbljuje električnom energijom. Navedene su cijene aktualne, a definirane su 1. 4. 2023. godine.

#### 4.2.1. PRIKLJUČAK NA MREŽU

Udaljenost od vikendice do elektroenergetske mreže (Slika 4. 8.) iznosi oko 430 metara, a ukupan trošak iskopa bio bi oko 10.000 €. Jedinичna cijena po kW iznosi 224 € što dovodi do iznosa od 1300 €. Na to se mora nadodati i naknada za priključenje koja za priključak od 5,75 kW iznosi 1355 €. Ukupan iznos koji se mora platiti samo za priključak jest 2655 €, a cjelokupan iznos priključenja oko 13.000 €.



Udaljenost ⓘ

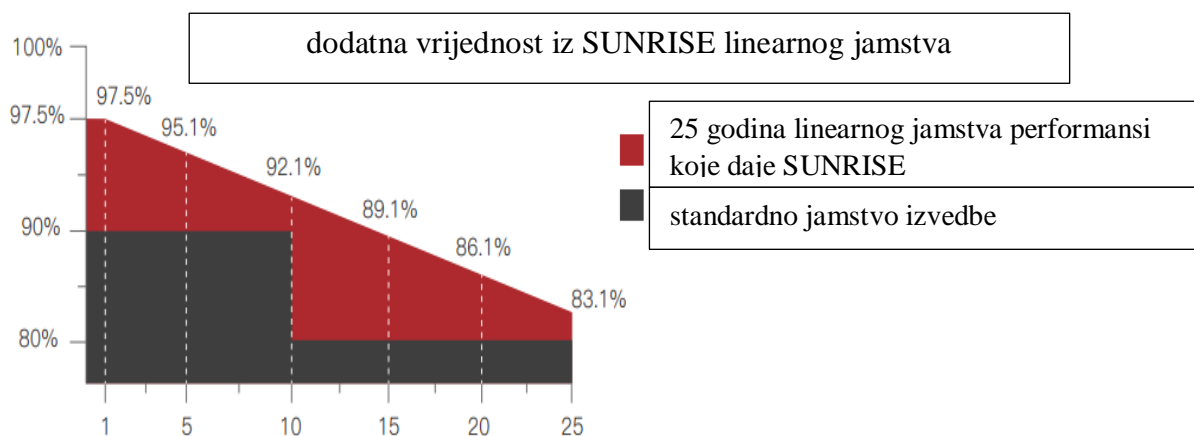
427 m ▼



*Slika 4. 8 UDALJENOST VIKENDICE DO MREŽE*

### 4.3. ISPLATIVOST OTOČNOG NAPAJANJA

Tvrtka Sunrise daje garanciju na životni vijek svojih panela (Slika 4. 9.) čak do 25 godina u odnosu na ostale panele što daje dodatnu sigurnost u smislu isplativosti samih panela [32]. Nakon tih 25 godina tvrtka Sunrise tvrdi da će paneli i dalje proizvoditi električnu energiju samo s puno slabijom učinkovitošću.



Slika 4. 9 ŽIVOTNI VIJEK PANELA

Cijena takve solarne elektrane iznosi 9.800 €, a da bi se dosegao taj iznos, potreban je panel sa životnim vijekom od nekih 18 do 19 godina. Ako se uzme u obzir da je životni vijek panela 25 godina, dolazi se do iznosa od 13.300 € što znači da se nakon 19 godina počinje štedjeti novac. U preostalih 5 godina uštedjet će se 3.500 €.

#### **4.4. KOMBINACIJA SOLARNE ELEKTRANE I DIZELSKIH AGREGATA**

Agregat je osnovni, ili u našem slučaju pričuvni, izvor električne energije sastavljen od dizelskoga motora i električnoga generatora (Slika 4. 10.) koji je električni stroj koji mehaničku energiju pretvara u električnu energiju. Najzastupljenija je izvedba generatora kao rotacijskog stroja koji se sastoji od nepokretnoga vanjskog djela statora unutar kojeg se nalazi okretni dio rotor, a on se okreće uz pomoć vanjskoga pogonskog stroja.



*Slika 4. 10 ELEKTRIČNI GENERATOR*

Jednostavni generator sastoji se od izvora magnetskog polja (magneta ili elektromagneta) te vodiča koji se kreće kroz to magnetsko polje tako da siječe silnice magnetskog polja. Pri tome se u vodiču inducira elektromotorna sila (napon) koja je razmjerna gustoći magnetskog polja i brzini vodiča, a ovisna je i o kutu kojim vodič siječe magnetske silnice. Kako bi se postigli veći inducirani naponi umjesto pojedinačnog vodiča, koristi se zavojnica, dakle niz serijskih spojenih vodiča koji se vrte kroz nejednoliko magnetsko polje [33].

Kombinacijom solarne elektrane i dizelskog agregata smanjit će se instalirana snaga elektrane na 3 kW. Za nadoknađivanje potrebne snage upotrebljavat će se dizelski agregat snage 3 kW.

## KOMPONENTE SOLARNE ELEKTRANE OD 3 kW:

**solarni moduli:** SUNRISE 410 W, cijena po komadu 192,18 €  
ukupno: 1.537,33 €

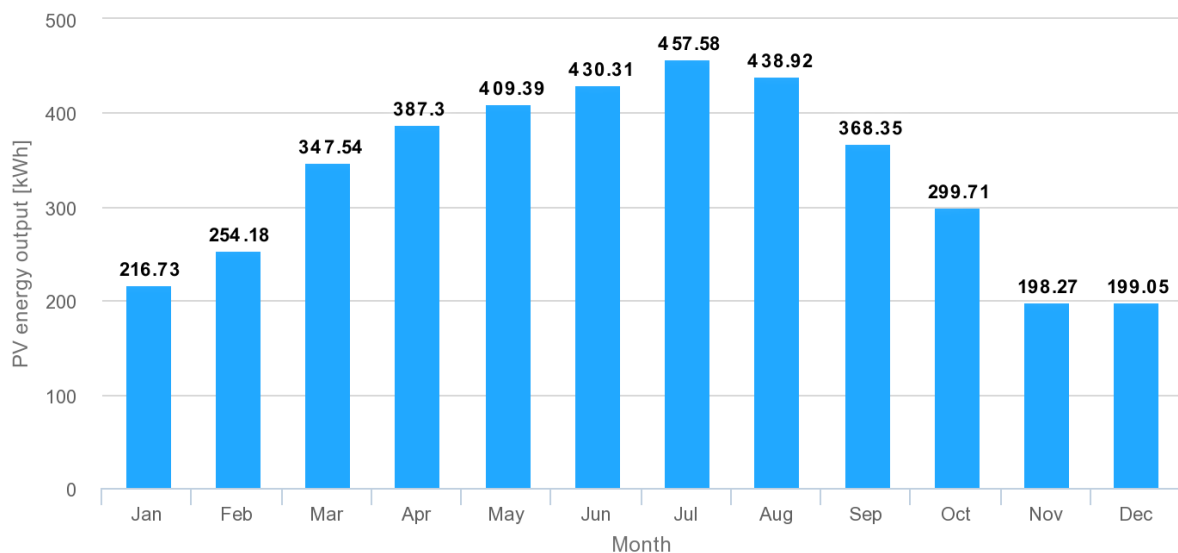
**pretvarač napona:** EP SOLAR 3000 W, cijena po komadu 524,26 €  
ukupno: 524,26 €

**regulator napona:** SOLE MPPT 60 A, cijena 131,40 €  
ukupno: 131,40 €

**akumulatorske baterije:** CFE LiFePO4 baterija 5 kWh, cijena po komadu 2.284,49 €  
ukupno: 4.568,98 €

**dizelski agregat:** Lombardini flash 28 BE, cijena po komadu 1.277 €  
ukupno: 1.277 €.

Ukupna cijena te solarne elektrane iznosi **8.038,97 €**.



*Slika 4. 11 PROIZVODNJA ELEKTRIČNE ENERGIJE PO MJESECIMA*

Pomoću grafa proizvodnje električne energije po mjesecima (Slika 4. 11.) može se uočiti da je prosječna dnevna proizvodnja električne energije u nekim mjesecima i veća negoli je

potrebna. Prema grafu proizvodnje dizelski agregat upotrebljavat će se 4 mjeseca u godini kako bi nadoknadio proizvodnju električne energije (Tablica 8.1.).

*Tablica 8.1. BROJ SATI DIZELSKOG AGREGATA*

|  | SIJEČANJ | VELJAČA | STUDENI | PROSINAC |
|--|----------|---------|---------|----------|
| DNEVNA PROIZVODNJA (kWh)                       | 7,2 kWh  | 8,4 kWh | 6,6 kWh | 6,6 kWh  |
| DNEVNA POTROŠNJA (kWh)                         | 9,6 kWh  | 9,6 kWh | 9,6 kWh | 9,6 kWh  |
| POTREBAN BROJ SATI RADA DIZELSKOG AGREGATA (h) | 30 h     | 15 h    | 38 h    | 38 h     |

Potrošnja dizelskog agregata po satu na 80 % opterećenja iznosi 1,1 L [34]. Godišnja potrošnja dizelskoga goriva solarne elektrane jest 133 litre. Trenutačna cijena litre dizelskoga goriva iznosi 1,24 € što dovodi do godišnje potrošnje goriva u iznosu od 165 €.

Cijena proučavane elektrane iznosi 8.038,97 € te uz trošak goriva od 165 € godišnje potreban je period od 22 godine da bismo isplatili cijelo postrojenje.

#### **4.4.1. UTJECAJ ISPUŠNIH PLINOVA**

Prilikom izgaranja goriva u motoru nastaju produkti izgaranja koje nazivamo ispušni plinovi koji štetno djeluju na tijelo čovjeka (Slika 4. 12) [35]. Štetni plinovi koji nastaju izgaranjem jesu:

CO (ugljkov monoksid)

HC (ugljkovodici)

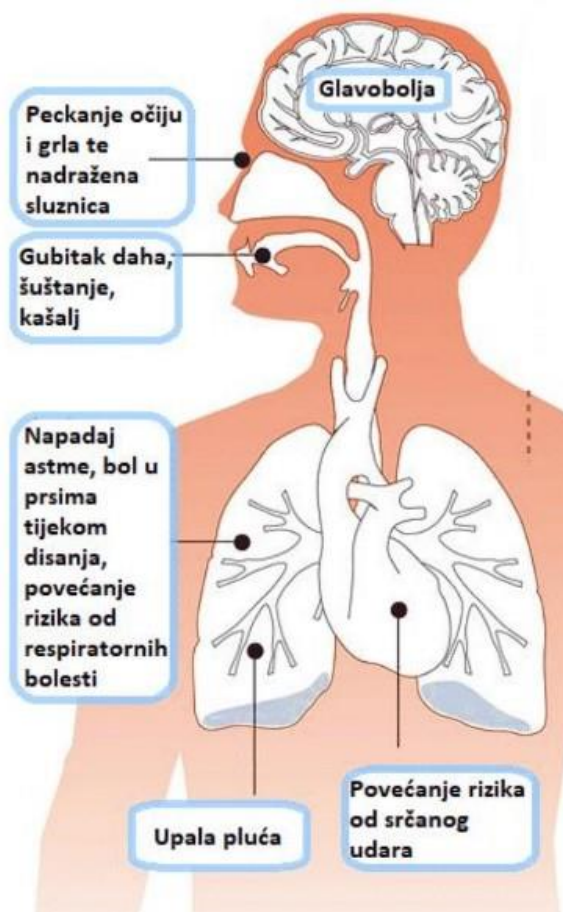
NO<sub>x</sub> (dušikovi oksidi)

ČESTICE (čada i koks).

**UGLJIKOV MONOKSID** plin je koji nema nikakvog mirisa te je posebno opasan za ljudski život, a loš utjecaj ima i na okoliš.

Pare **UGLJIKOVODIKA** djeluju štetno na središnji živčani sustav čovjeka i imaju narkotično djelovanje.

**DUŠIKOVI OKSIDI**, dušikov oksid (NO) i dušikov dioksid (NO<sub>2</sub>), brzo prodiru u pluća i smanjuju funkcije dišnog sustava.



Slika 4. 12 UTJECAJ ISPUŠNIH PLINOVA NA TIJELO ČOVJEKA

#### 4.4.2. KISELE KIŠE

Kisele kiše nastaju kao još jedan produkt emitiranja štetnih plinova u atmosferu. Uz vodenu paru dolazi do stvaranja kiša koje imaju nisku pH vrijednost te takva zakiseljena kiša ima nepovoljan utjecaj na biljni i životinjski svijet [35].

#### 4.4.3. OPRAVDANOST UPOTREBE KOMBINACIJE DIZEL AGREGATA SA SOLARNOM ELEKTRANOM

Iako se može za životnog vijeka solarnih panela isplatiti solarnu elektranu, u kombinaciji s dizelskim agregatom više se šteti održivosti planeta Zemlje nego što se „profitira“. Ispušni plinovi dizelskog agregata ne samo da štete ljudima nego i ostalom biljnom svijetu. Takve elektrane neisplative su i ne bi se trebale graditi.

## 4.5. SOLARNA ELEKTRANA U KOMBINACIJI S VJETROTURBINOM

Vjetroturbine (Slika 4. 13.) su mehanički strojevi koji pretvaraju kinetičku energiju vjetra u mehanički rad. Vjetar zakreće lopatice vjetroturbine te se time razvija mehanička energija koja se u generatoru turbine pretvara u električnu [36]. Proizvedena električna energija može se odmah potrošiti ili pohraniti u bateriju.

### 4.5.1. ELEMENTI VJETROTURBINE

**Rotor** prikuplja energiju vjetra i pretvara ju u rotacijsku mehaničku energiju.

**Spojnica turbine ili sustav potpore** prilagođava rotacijsko kretanje lopatice rotacijskom kretanju rotora.

**Mjenjač** pretvara brzinu iz početne vrijednosti u konačnu vrijednost, a to postiže mehanizmom sličnom mjenjaču u automobilu koji upotrebljava skup više zupčanika za rotiranje pokretnog dijela generatora brzinom prikladnom za proizvodnju električne energije. Mjenjač sadrži i kočnicu u slučaju velikih brzina vjetra kako se ne bi oštetila ni jedna komponenta generatora.

**Generator** je sklop rotora i statora koji generira električnu energiju koja se kabelom koji se nalaze u tornju prenosi do trafostanice.

**Orijentacijski motor** omogućuje rotiranje komponenti radi postavljanja gondole u smjeru prevladavajućeg vjetra.

**Potporni jarbol** strukturni je oslonac generatora; što je veća snaga turbine, to je veća duljina lopatica i prema tome veća visina na kojoj se mora nalaziti gondola.

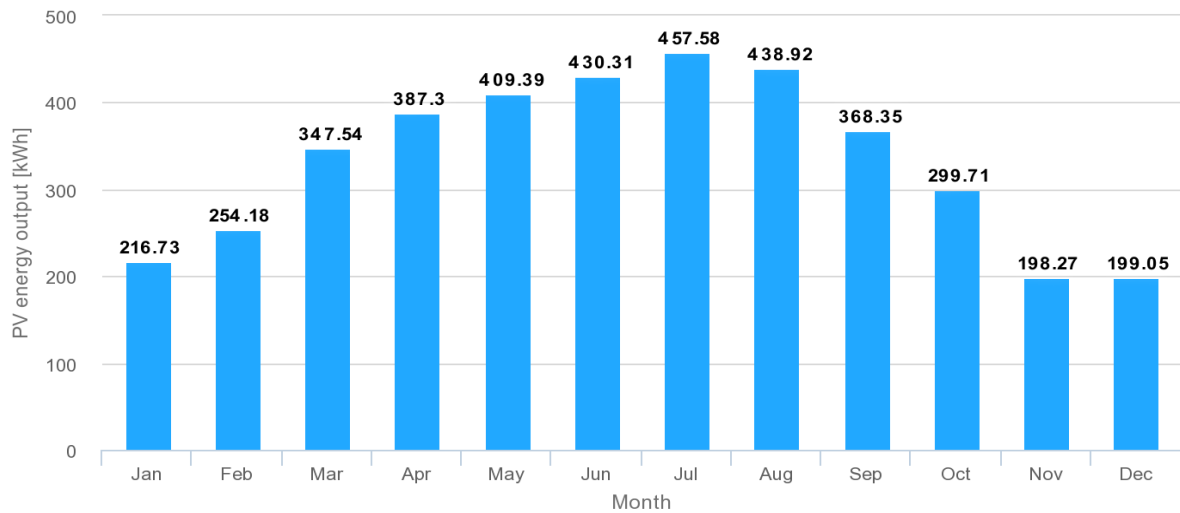
**Vesla i anemometri** jesu uređaji smješteni na stražnjoj strani gondole, određuju smjer i mjere brzinu vjetra te djeluju na lopatice kako bi ih kočile kad brzina vjetra premaši prag.



*Slika 4. 13 VJETROTURBINA*



Na istoj lokaciji odlučili smo isprobati kombinaciju solarne elektrane i vjetroturbine. Instalirana snaga solarne elektrane jest 3 kW kao i vjetroturbine. Proizvodnja električne energije (Slika 4. 14.) solarne elektrane po mjesecima prikazana je na dijagramu proizvodnje.



*Slika 4. 14 PROIZVODNJA ELEKTRIČNE ENERGIJE*

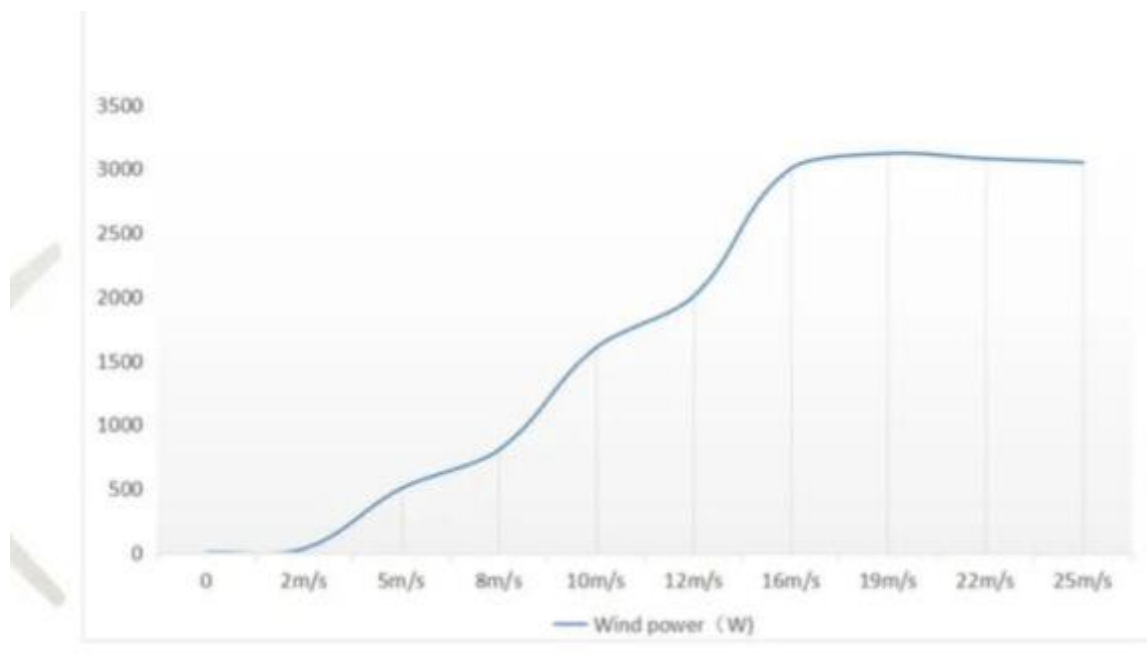
Iz dijagrama proizvodnje koji dobiven pomoću softvera RETScreen vidljivo da je u siječnju, veljači, studenom i prosincu najmanja proizvodnja električne energije iz solarne elektrane. Dodatna potrebna proizvodnja električne energije nadoknađuje se instaliranjem vjetroturbine (vjetroturbina galaxy gang 3000 (Slika 4. 15.)) snage 3 kW [37].



*Slika 4. 15 VJETROTURBINA GALAXY GANG 3000*

Vjetroturbina je marke Galaxy Gang 3000 i postavljamo ju na toranj visine 10 metara. Dužina lopatica iznosi 580 mm, a promjer rotora iznosi 1,2 m. Može raditi na rasponu

temperature od  $-40^{\circ}\text{C}$  do  $+80^{\circ}\text{C}$ , a počinje proizvoditi energiju na brzini od  $3\text{m/s}$  što je prikazano na krivulji snage vjetroturbine (Slika 4. 16.) [38].



Slika 4. 16 KRIVULJA SNAGE VJETROTURBINE

Tablica 9.1. MJESEČNA BRZINA VJETRA

| MJESEC   | BRZINA VJETRA<br>m/s 2022. | BRZINA VJETRA<br>m/s 2021. | BRZINA VJETRA<br>m/s 2020. |
|----------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| SIJEČANJ | 6,1                        | 6,7                        | 4,9                        |
| VELJAČA  | 6,3                        | 6,8                        | 5,3                        |
| OŽUJAK   | 6,5                        | 6,2                        | 7,1                        |
| TRAVANJ  | 6,3                        | 6,9                        | 7,0                        |
| SVIBANJ  | 5,5                        | 5,1                        | 5,8                        |
| LIPANJ   | 4,7                        | 4,8                        | 4,0                        |
| SRPANJ   | 4,2                        | 4,0                        | 4,5                        |
| KOLOVOZ  | 3,9                        | 3,7                        | 4,0                        |
| RUJAN    | 3,9                        | 3,9                        | 4,2                        |
| LISTOPAD | 4,9                        | 4,6                        | 4,8                        |
| STUDENI  | 5,5                        | 5,2                        | 5,8                        |
| PROSINAC | 5,7                        | 5,8                        | 6,1                        |

Iz tablice Mjesečna brzina vjetra (Tablica 9.1.) vidljivo je da su najveće brzine vjetra tijekom najmanje sunčanih mjeseci što odgovara za ovakvu kombinaciju solarne elektrane.

#### 4.5.2. PROIZVODNJA ELEKTRIČNE ENERGIJE IZ VJETROTURBINE

Tablica 9.2. PROIZVODNJA ENERGIJE VJETROTURBINE

|  | SIJEČANJ | VELJAČA | STUDENI | PROSINAC |
|--|----------|---------|---------|----------|
| DNEVNA PROIZVODNJA SOLARNE ELEKTRANE (kWh) | 7,2 kWh  | 8,4 kWh | 6,6 kWh | 6,6 kWh  |
| DNEVNA POTROŠNJA (kWh)                     | 9,6 kWh  | 9,6 kWh | 9,6 kWh | 9,6 kWh  |
| PROIZVODNJA VJETROTURBINE (W/h)            | 653 W/h  | 675 W/h | 589 W/h | 610 W/h  |
| POTREBAN RAD JEDNE VJETROTURBINE (h/dan)   | 4 h      | 2 h     | 6 h     | 5 h      |
| POTREBAN RAD DVIJU VJETROTURBINA (h/dan)   | 2 h      | 1 h     | 3 h     | 2,5 h    |

Vidljivo je iz tablice proizvodnje energije vjetroturbine (Tablica 9.2.) da je u studenom najmanja proizvodnja energije iz solarne elektrane kao i iz vjetroturbine. Od dobivenih izračuna odlučeno je u kombinaciju sa solarnom elektranom snage 3 kW uklopiti dvije vjetroturbine snage 3 kW da bi se smanjio vremenski rad same vjetroturbine.

#### ISPLATIVOST ELEKTRANE

**solarni moduli:** SUNRISE 410 W, cijena po komadu 192,18 €

**ukupno: 1.537,33 €**

**pretvarač napona:** EP SOLAR 3000 W, cijena po komadu 524,26 €

**ukupno: 524,26 €**

**regulator napona:** SOLE MPPT 60 A, cijena 131,40 €

**ukupno: 131,40 €**

**akumulatorske baterije:** CFE LiFePO4 baterija 5 kWh, cijena po komadu 2.284,49 €

**ukupno: 4.568,98 €**

**vjetroturbina:** GALAXY GANG 3000, cijena po komadu 477,80 €

**ukupno: 955,60 €.**

### 4.5.3 OPRAVDANOST UPOTREBE KOMBINACIJE VJETROTURBINE SA SOLARNOM ELEKTRANOM

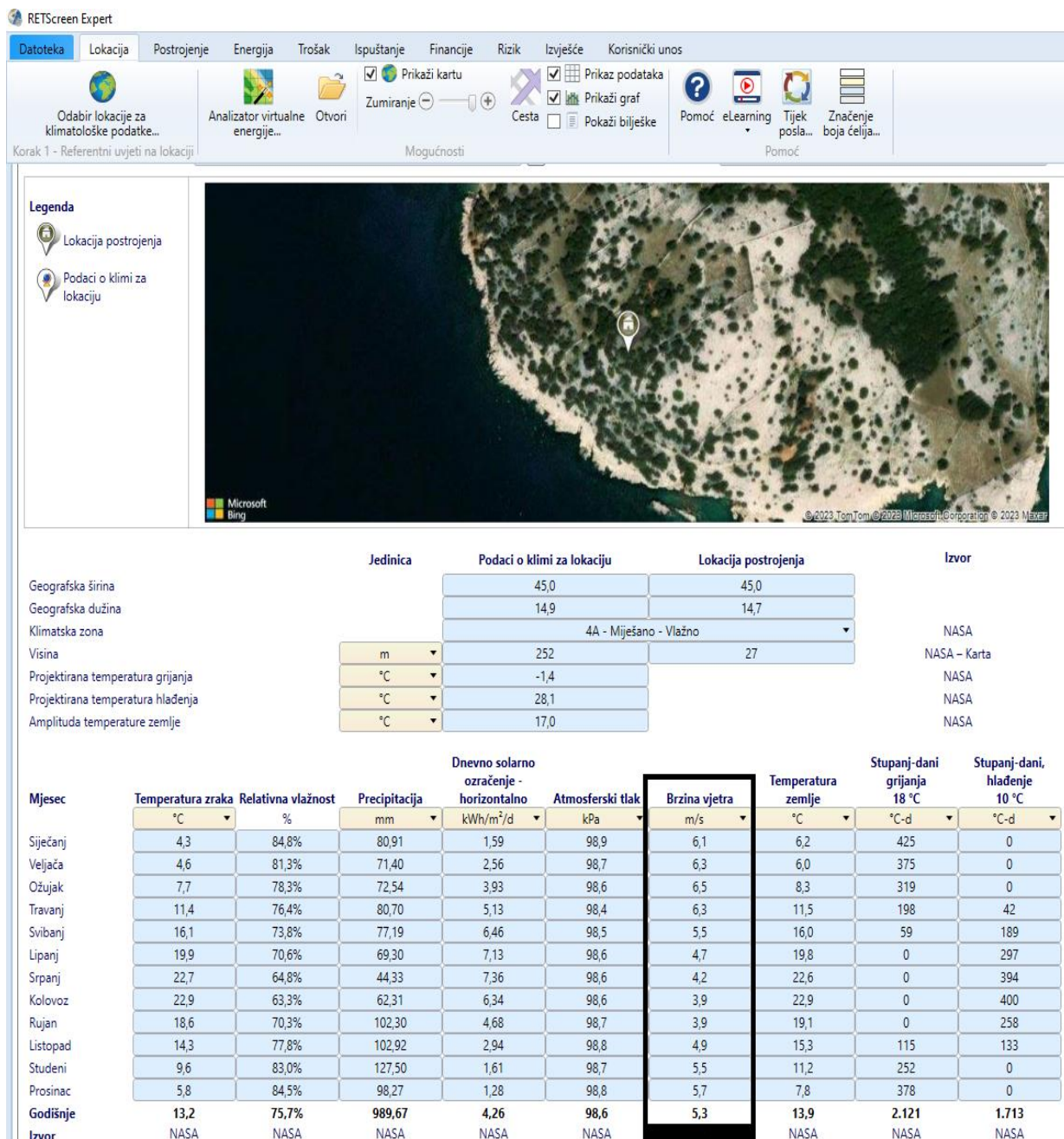
Cijena solarne elektrane u kombinaciji s vjetroturbinom iznosi **7.586,17 €** za što je potreban period od 15 godina da bi se elektrana isplatila. Takva kombinacija pokazala se financijski najisplativijom jer su u početku najmanja ulaganja i ako uzmemo u obzir životni vijek panela koji je 25 godina i životni vijek vjetroturbine koji je 20 godina, minimalno se uštedi 2.657,05 €.

### 4.6. UPOTREBA SOFTVERA RETScreen



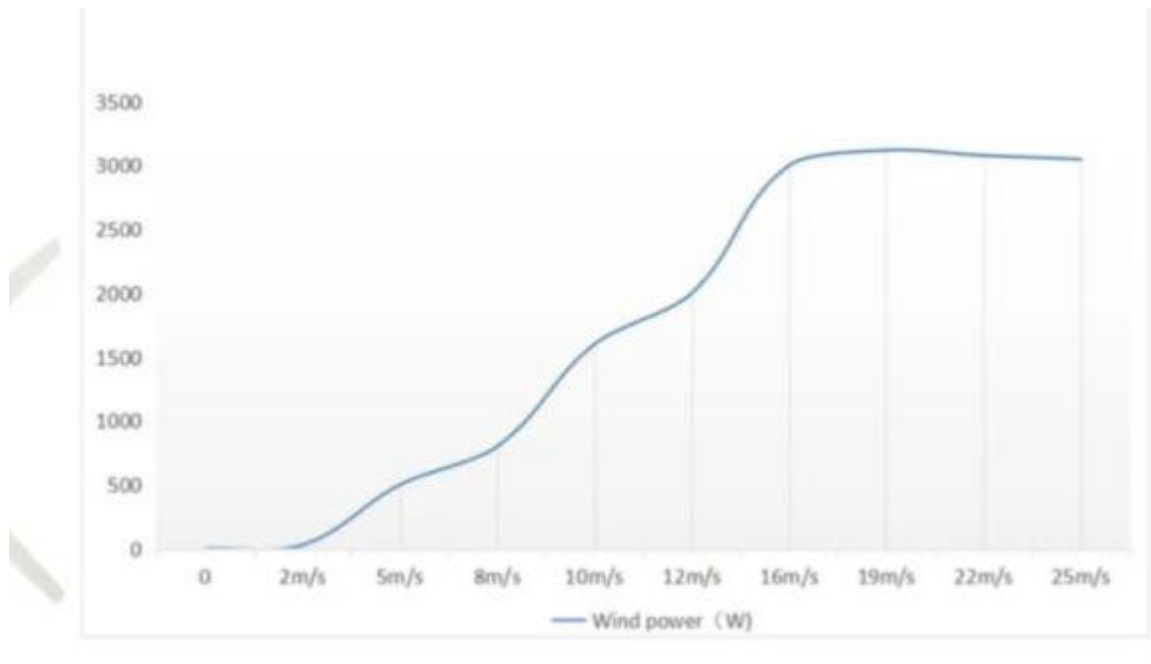
*Slika 4. 17 SOFTVER RETScreen*

RETScreen (Slika 4. 17.) je softver koji omogućuje sveobuhvatno utvrđivanje, procjenu i optimizaciju tehničke i financijske održivosti mogućih projekata za korištenje obnovljivih izvora energije i energetske učinkovitost, kao i mjerenje i provjeru stvarne učinkovitosti postrojenja te utvrđivanje mogućnosti uštede proizvedene energije [39]. **RETScreen je u radu korišten kao glavni alat u izračunu sunčanih mjeseci, potrebne snage solarne elektrane, nagib solarnih ploča, potrebne snage vjetroturbine i ostalih popratnih parametara.**



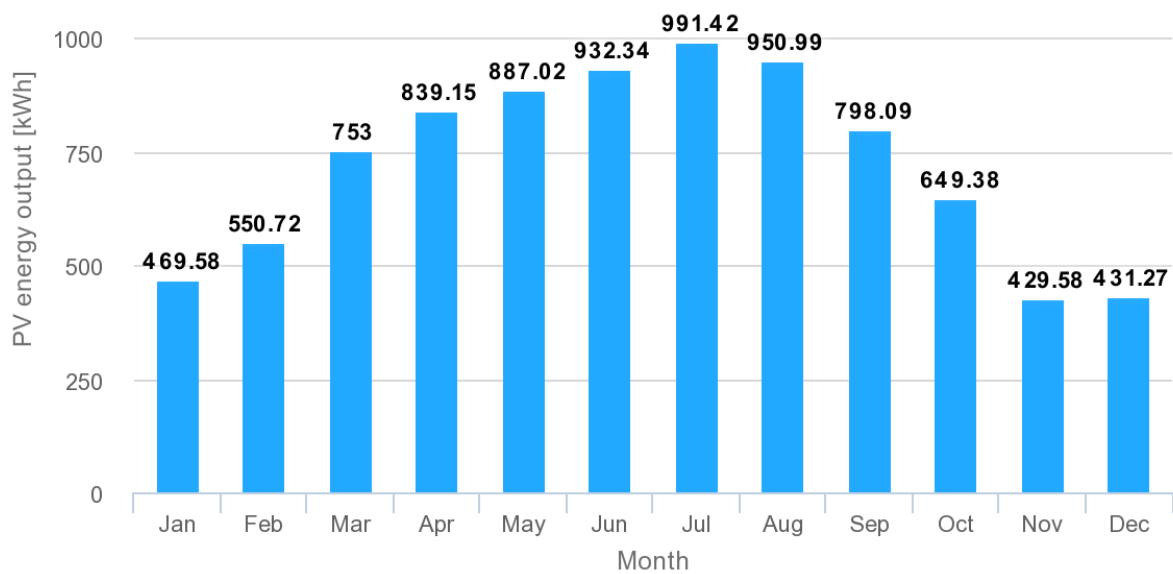
Slika 4. 18 BRZINA VJETRA

Prilikom odabira lokacije na karti dobiva se važan parametar brzine vjetra (Slika 4. 18.) [39]. Pomoću tog parametra kasnije se računa potrebna snaga vjetroturbinе kao i potrebnu visinu tornja za postavljanje same vjetroturbinе. Snaga vjetroturbinе računa se po tablici kojom se prikazuje kolika je proizvodnja energije na određenim brzinama vjetra.



*Slika 4. 19 PROIZVODNJA ENERGIJE VJETROTURBINE*

Snaga vjetroturbine računa se po tablici kojom se prikazuje kolika je proizvodnja energije vjetroturbine (Slika 4. 19.) na određenim brzinama vjetra.



*Slika 4. 20 PROIZVEDENA SNAGA PO MJESECI*

Prilikom odabira lokacije na karti dobiva se graf kojim se prikazuje proizvodnja električne energije (Slika 4. 20.) iz prije definirane snage solarne elektrane, a snagu solarne elektrane definiramo na temelju dnevne, odnosno mjesečne potrošnje energije.

## 5. ZAKLJUČAK

Nakon detaljnog analiziranja svakog postrojenja zasebno, dolazimo do samog cilja ovog rada, a to je smanjenje troškova opskrbe električnom energijom. Odabirom određene lokacije u slučaju lokacije na otoku Krku, dobivaju se određeni uvjeti kao što su mjesečna proizvodnja električne energije uz odabranu snagu same elektrane te prosječne brzine vjetrova koje služe pri definiranju snage vjetroturbine.

Napajanje kućanstva samostalnom solarnom elektranom jest najskuplja varijanta, ali daleko jeftinija u odnosu na napajanje preko elektroenergetske mreže. Solarna elektrana zajedno sa svim potrebnim komponentama izlazi s cijenom od 9.800€ što ju pozicionira na zadnje mjesto prema isplativosti napajanja u odnosu na trenutnu cijenu struje.

Na drugom najisplativijem načinu napajanja kućanstva električnom energijom nalazi se hibridna kombinacija solarne elektrane i dizelskih agregata. Takva kombinacija omogućava neprestano napajanje električnom energijom jer se kao pričuvni izvor napajanja koristi dizelski agregat. Cijena takve hibridne kombinacije zajedno sa svim komponentama iznosi 8.000 €.

Najisplativiji način proizvodnje električne energije za opskrbu kućanstva za određenu lokaciju na otoku Krku jest hibridna kombinacija solarne elektrane i vjetroturbine. Cijena takve hibridne kombinacije iznosi 7.500 €. Ta kombinacija pokazala se najisplativijom zbog toga što kad je najslabija mjesečna proizvodnja električne energije kao što su mjeseci: siječanj, veljača, studeni, prosinac, najveća je i brzina vjetra koje vjetroturbina iskorištava kako bi nadoknadila potrebnu mjesečnu proizvodnju.

Ovaj rad ukazuje na to da korištenjem obnovljivih izvora energije, u ovom slučaju korištenjem Sunčeve energije, možemo znatno smanjiti troškove električne energije, a ujedno se okrećemo jednom čistom i neograničenom izvoru energije. Moje mišljenje popraćeno prijašnjim analizama u radu jest da solarna energija ima daleko veći potencijal proizvodnje u odnosu na ostale izvore energije i manji štetni utjecaj za planet Zemlju te bi se trebala što više primjenjivati.

## LITERATURA

- [1] Mikulović, J., Đurišić, Ž. (2019). Solarna energetika. Beograd: Akademska misao  
(Pristupljeno: 12. 9. 2023.)
- [2] Obnovljivi izvori energije - Ekovjesnik  
<https://www.ekovjesnik.hr/clanak/2312/solarna-energija-ce-do-2050-pokrivati-cetvrtinu-globalne-potraznje-za-energijom>  
(Pristupljeno: 10. 5. 2023.)
- [3] Solarni kolektori - Asel  
<https://asel.hr/webshop/proizvod/solarni-kolektor-ith150/>  
(Pristupljeno: 10. 5. 2023.)
- [4] Energija vjetra - Wikipedija  
[https://hr.wikipedia.org/wiki/Energija\\_vjetra](https://hr.wikipedia.org/wiki/Energija_vjetra)  
(Pristupljeno: 10. 5. 2023.)
- [5] Energija vode - Ekologija  
<https://www.ekologija.com.hr/energija-vode/>  
(Pristupljeno: 10. 5. 2023.)
- [6] Obnovljivi izvori energije - BUG  
<https://www.bug.hr/znanost/koliko-je-cista-cista-energija-19838>  
(Pristupljeno: 10. 5. 2023.)
- [7] Voda i energija - DHMZ  
[https://klima.hr/razno/dogadjanja/smd14\\_oskorus.pdf](https://klima.hr/razno/dogadjanja/smd14_oskorus.pdf)  
(Pristupljeno: 10. 5. 2023.)
- [8] Sunčeva solarna energija – Eko-sustav d.o.o.  
<https://eko-sustav.hr/strucni-clanci/sunceva-solarna-energija/>  
(Pristupljeno: 10. 5. 2023.)
- [9] Sunčeva energija – Wikipedija  
[https://hr.wikipedia.org/wiki/Sun%C4%8Deva\\_energija](https://hr.wikipedia.org/wiki/Sun%C4%8Deva_energija)  
(Pristupljeno: 10. 5. 2023.)
- [10] Labudović, B. (2011). Osnove primjene fotonaponskih sustava. Zagreb: Energetika marketing  
(Pristupljeno: 12. 9. 2023.)
- [11] Fotonaponska ploča – Wikipedija  
[https://hr.wikipedia.org/wiki/Fotonaponska\\_plo%C4%8Da](https://hr.wikipedia.org/wiki/Fotonaponska_plo%C4%8Da)  
(Pristupljeno: 12. 5. 2023.)
- [12] Solarni paneli - Hoor  
<https://hoora.hr/2018/12/18/monokristalni-ili-polikristalni-paneli/>  
(Pristupljeno: 12. 5. 2023.)



- [13] Čista i neiscrpna solarna energija - Škole.hr  
[http://www.gimnazija-vnazora-zd.skole.hr/upload/gimnazija-vnazora%20zd/images/newsimg/1883/File/CISTA\\_I\\_NEISCRPNA.pdf](http://www.gimnazija-vnazora-zd.skole.hr/upload/gimnazija-vnazora%20zd/images/newsimg/1883/File/CISTA_I_NEISCRPNA.pdf)  
(Pristupljeno: 12. 5. 2023.)
- [14] Kulišić, P., Vuleting, J., Zulim, I. (1994). Sunčane ćelije.  
Zagreb: Školska knjiga  
(Pristupljeno: 12. 9. 2023.)
- [15] Majdandžić, L. (2008). Obnovljivi izvori energije: energetske tehnologije koje će obilježiti 21. stoljeće  
Zagreb: Graphis  
(Pristupljeno: 12. 9. 2023.)
- [16] Solarne ćelije - Asel  
[https://asel.hr/?page\\_id=736](https://asel.hr/?page_id=736)  
(Pristupljeno: 12. 5. 2023.)
- [17] Sunčev toplovodni sustav – Wikipedija  
[https://hr.wikipedia.org/wiki/Sun%C4%8Dev\\_toplovodni\\_sustav](https://hr.wikipedia.org/wiki/Sun%C4%8Dev_toplovodni_sustav)  
(Pristupljeno: 13. 5. 2023.)
- [18] Solarni kolektori - Jutarnji.hr  
<https://www.jutarnji.hr/domidizajn/interijeri/vodic-kroz-sumu-zelenih-pojmova-podjela-kuca-prema-potrosnji-toplinske-energije-15144839>  
(Pristupljeno: 13. 5. 2023.)
- [19] Solarne baterije - Solarno.hr  
<https://www.solarno.hr/katalog/proizvod/CFE5120-S/cfe-lifepo4-baterija-256v-200ah-5kwh>  
(Pristupljeno: 15. 5. 2023.)
- [20] Solarni regulator - Solarno.hr  
<https://www.solarno.hr/katalog/proizvod/VICREG10/regulator-victron-energy-10a>  
(Pristupljeno: 15. 5. 2023.)
- [21] Izmjenjivač - Pinterest  
<https://www.pinterest.com/pin/759489924632054881/>  
(Pristupljeno: 15. 5. 2023.)
- [22] Fotonaponski sustavi - Wikipedija  
[https://hr.wikipedia.org/wiki/Fotonaponski\\_sustavi](https://hr.wikipedia.org/wiki/Fotonaponski_sustavi)  
(Pristupljeno: 15. 5. 2023.)
- [23] Fotonaponski sustavi - Bazgin  
[http://www.bazgin.hr/autonomni\\_otocni\\_fotonaponski\\_solarni\\_sistemi.html](http://www.bazgin.hr/autonomni_otocni_fotonaponski_solarni_sistemi.html)  
(Pristupljeno: 17. 5. 2023.)
- [24] Kalkulator potrošnje električne energije – struja, plin  
<https://strujaplin.com/faq/kako-izracunati-potrosnju-struje>  
(Pristupljeno: 17. 5. 2023.)

- [25] *Photovoltaic geographical information system*  
[https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg\\_tools/en/tools.html#PVP](https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/tools.html#PVP)  
(Pristupljeno: 17. 5. 2023.)
- [26] Solarni modul SUNRISE – Solarshop  
<https://www.solarno.hr/katalog/proizvod/SUNRISE410/sunrise-410w-halfcell-mono-akcija>  
(Pristupljeno: 18. 5. 2023.)
- [27] Pretvarač napona – Solarshop  
<https://www.solarno.hr/katalog/proizvod/SOLE10000/sole-hybrid-10000-48-parallel>  
(Pristupljeno: 18. 5. 2023.)
- [28] Solarni regulator – Solarshop  
<https://www.solarno.hr/katalog/proizvod/SOLEMPPT60/sole-mppt-60a-regulator-122448v>  
(Pristupljeno: 19. 5. 2023.)
- [29] Solarne baterije – NOMO  
<http://hr.solar-led-lights.com/info/about-solar-battery-lifespan-31264401.html>  
(Pristupljeno: 19. 5. 2023.)
- [30] Tarifne stavke – HEP ELEKTRA d.o.o  
<https://www.hep.hr/elektra/kucanstvo/tarifne-stavke-cijene/1547>  
(Pristupljeno: 22. 5. 2023.)
- [31] Kalkulator v 0.2 – HEP ELEKTRA  
<http://mojracun.hep.hr/kalkulator/index.html>  
(Pristupljeno: 22. 5. 2023.)
- [32] Životni vijek panela – stegesol  
<https://stegesol.com/wp-content/uploads/2021/06/M10-54-cells-Aquaman-400410W.pdf>  
(Pristupljeno: 23. 5. 2023.)
- [33] Električni generator – Wikipedija  
[https://hr.wikipedia.org/wiki/Elektri%C4%8Dni\\_generator](https://hr.wikipedia.org/wiki/Elektri%C4%8Dni_generator)  
(Pristupljeno: 23. 5. 2023.)
- [34] Cijene goriva – cijenegoriva.info  
<https://www.cijenegoriva.info/>  
(Pristupljeno: 25. 5. 2023.)
- [35] Utjecaj ispušnih plinova na okoliš – DHMZ  
<https://www.airq.hr/ucinci-i-posljedice-oneciscenja-zraka/>  
(Pristupljeno: 25. 5. 2023.)
- [36] Vjetroturbine – Obnovljivi Verdes  
<https://www.renovablesverdes.com/hr/turbina-eolica/>  
(Pristupljeno: 26. 5. 2023.)
- [37] Vjetroturbina Galaxy Gang 3000 - Jensys  
<http://hr.solarsystem-supplier.com/wind-power/wind-power-grid-tie-system/3kw-wind-turbine-on-grid-system.html>  
(Pristupljeno: 28. 5. 2023.)

[38] Krivulja vjetroturbine - Jensys

<http://hr.solarsystem-supplier.com/wind-power/wind-power-grid-tie-system/3kw-wind-turbine-on-grid-system.html>

(Pristupljeno: 28. 5. 2023.)

[39] Izračun brzine vjetra i snage vjetroturbine – RETScreen

<https://natural-resources.canada.ca/maps-tools-and-publications/tools/modelling-tools/retscreen/7465>

(Pristupljeno: 29. 5. 2023.)

[40] Izračun udaljenosti - Google maps

<https://www.google.com/maps?authuser=0>

(Pristupljeno: 30. 5. 2023.)

## POPIS SLIKA

|  |    |
|--|----|
| Slika 2.1. SOLARNE PLOČE.....  | 4  |
| Slika 2.2. SOLARNI KOLEKTOR .....                                    | 3  |
| Slika 2.3. ENERGIJA VJETRA .....                                     | 4  |
| Slika 2.4. HIDROENERGIJA .....                                       | 3  |
| Slika 2.5. BIOMASA.....  | 5  |
| Slika 2.6. ENERGIJA VALOVA .....                                     | 4  |
| Slika 2.7. MONOKRISTALNI PANEL.....                                  | 6  |
| Slika 2.8. POLIKRISTALNI PANEL.....                                  | 5  |
| Slika 2.9. PRINCIP RADA FOTONAPONSKE ČELIJE .....                    | 6  |
| Slika 2.10. FOTONAPONSKI EFEKT .....                                 | 6  |
| Slika 2.11. SUNČEV TOPLOVODNI SUSTAV S PRISILNIM KRUŽENJEM VODE..... | 7  |
| Slika 2.12. TERMOSIFON .....   | 8  |
| Slika 3.1. CIKLIČKI SOLARNI AKUMULATOR .....                         | 9  |
| Slika 3.2. REGULATOR NAPONA .....                                    | 10 |
| Slika 3.3. IZMJENJIVAČ .....   | 11 |
| Slika 3.4. AUTONOMNI SOLARNI SUSTAV.....                             | 12 |
| Slika 3.5. UMREŽENI SUSTAV .....                                     | 12 |
| Slika 4.1. LOKACIJA VIKENDICE .....                                  | 14 |
| Slika 4.2. PROIZVODNJA ELEKTRIČNE ENERGIJE PO MJESECIMA .....        | 15 |
| Slika 4.3. MONOKRISTALNI SUNRISE MODULI.....                         | 15 |
| Slika 4.4. PRETVARAČ NAPONA SOLE HYBRID 10000 .....                  | 16 |
| Slika 4.5. REGULATOR NAPONA SOLE MPPT .....                          | 16 |
| Slika 4.6. SOLARNA BATERIJA OD 5 kWh.....                            | 17 |
| Slika 4.7. IZRAČUN .....   | 18 |
| Slika 4. 8 UDALJENOST VIKENDICE DO MREŽE .....                       | 19 |
| Slika 4. 9 ŽIVOTNI VIJEK PANELA .....                                | 20 |
| Slika 4. 10 ELEKTRIČNI GENERATOR.....                                | 21 |
| Slika 4. 11 PROIZVODNJA ELEKTRIČNE ENERGIJE PO MJESECIMA.....        | 22 |
| Slika 4. 12 UTJECAJ ISPUŠNIH PLINOVA NA TIJELO ČOVJEKA.....          | 24 |
| Slika 4. 13 VJETROTURBINA .....                                      | 25 |
| Slika 4. 14 PROIZVODNJA ELEKTRIČNE ENERGIJE .....                    | 26 |
| Slika 4. 15 VJETROTURBINA GALAXY GANG 3000.....                      | 26 |
| Slika 4. 16 KRIVULJA SNAGE VJETROTURBINE .....                       | 27 |
| Slika 4. 17 SOFTVER RETScreen .....                                  | 29 |
| Slika 4. 18 BRZINA VJETRA .....                                      | 30 |
| Slika 4. 19 PROIZVODNJA ENERGIJE VJETROTURBINE.....                  | 31 |
| Slika 4. 20 PROIZVEDENA SNAGA PO MJESECIMA .....                     | 31 |

## **POPIS TABLICA**

|   |    |
|---|----|
| Tablica 8.1. BROJ SATI DIZELSKOG AGREGATA.....        | 23 |
| Tablica 9.1. MJESEČNA BRZINA VJETRA.....              | 27 |
| Tablica 9.2. PROIZVODNJA ENERGIJE VJETROTURBINE ..... | 28 |

IZJAVA O AUTORSTVU  
I  
SUGLASNOST ZA JAVNU OBJAVU

Završni/diplomski rad isključivo je autorsko djelo studenta koji je isti izradio te student odgovara za istinitost, izvornost i ispravnost teksta rada. U radu se ne smiju koristiti dijelovi tuđih radova (knjiga, članaka, doktorskih disertacija, magistarskih radova, izvora s interneta, i drugih izvora) bez navođenja izvora i autora navedenih radova. Svi dijelovi tuđih radova moraju biti pravilno navedeni i citirani. Dijelovi tuđih radova koji nisu pravilno citirani, smatraju se plagijatom, odnosno nezakonitim prisvajanjem tuđeg znanstvenog ili stručnoga rada. Sukladno navedenom studenti su dužni potpisati izjavu o autorstvu rada.

Ja, PATRIK NOVOSELEC (ime i prezime) pod punom moralnom, materijalnom i kaznenom odgovornošću, izjavljujem da sam isključivi autor/ica završnog/ ~~diplomskog~~ (obrisati nepotrebno) rada pod naslovom ANALIZA ISPLATIVOSTI OTOČNOG SUSTAVA NAPAJANJA KORISTEĆI SOLARNU ENERGIJU (upisati naslov) te da u navedenom radu nisu na nedozvoljeni način (bez pravilnog citiranja) korišteni dijelovi tuđih radova.

Student/ica:  
(upisati ime i prezime)

Patric Novoselec  
(vlastoručni potpis)

Sukladno Zakonu o znanstvenoj djelatnosti i visokom obrazovanju završne/diplomske radove sveučilišta su dužna trajno objaviti na javnoj internetskoj bazi sveučilišne knjižnice u sastavu sveučilišne te kopirati u javnu internetsku bazu završnih/diplomskih radova Nacionalne i sveučilišne knjižnice. Završni radovi istovrsnih umjetničkih studija koji se realiziraju kroz umjetnička ostvarenja objavljuju se na odgovarajući način.

Ja, PATRIK NOVOSELEC (ime i prezime) neopozivo izjavljujem da sam suglasan/ica s javnom objavom završnog/ ~~diplomskog~~ (obrisati nepotrebno) rada pod naslovom ANALIZA ISPLATIVOSTI OTOČNOG SUSTAVA (upisati naslov) čiji sam autor/ica NAPAJANJA KORISTEĆI SOLARNU ENERGIJU

Student/ica:  
(upisati ime i prezime)

Patric Novoselec  
(vlastoručni potpis)