

Izgradnja solarne elektrane na obiteljskoj kući

Štefić, Ivica

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:122:794792>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-01-30**



Repository / Repozitorij:

[University North Digital Repository](#)





Sveučilište Sjever

Završni rad br. 516/EL/2022

Izgradnja solarne elektrane na obiteljskoj kući

Ivica Štefić, 0275/601

Varaždin, lipanj 2023. godine



Sveučilište Sjever

Odjel za Elektrotehniku

Završni rad br. 516/EL/2022

Izgradnja solarne elektrane na obiteljskoj kući

Student

Ivica Štefić, 0275/601

Mentor

doc. dr. sc. Dunja Srpak, dipl. ing. el.

Varaždin, lipanj 2023. godine

Prijava završnog rada

Definiranje teme završnog rada i povjerenstva

ODJEL Odjel za elektrotehniku

STUDIJE preddiplomski stručni studij Elektrotehnika

PRISTUPNIK Ivica Štefić

MATIČNI BROJ 0275/601

DATUM 24.02.2023

KOLEGIJ Uređaji energetske elektronike

NASLOV RADA Izgradnja solarne elektrane na obiteljskoj kući

NASLOV RADA NA ENGL. JEZIKU Construction of a solar power plant on a family home

MENTOR Dunja Srpak

ZVANJE Docent

ČLANOVI POVJERENSTVA

1. mr.sc. Ivan Šumiga, viši predavač
2. Josip Srpak, viši predavač
3. Doc.dr.sc. Dunja Srpak
4. Miroslav Horvatić, viši predavač
- 5.

Zadatak završnog rada

BROJ 516/EL/2022

OPIS

U ovom završnom radu treba opisati ciljeve i razloge izgradnje manje solarne elektrane na obiteljskoj kući. Zatim objasniti postupak izrade potrebne dokumentacije i ishođenja dozvola za izgradnju. Na konkretnom primjeru prikazati tijek izgradnje jedne solarne elektrane i njenog puštanja u rad. Navesti i objasniti funkciju svih važnijih dijelova potrebnih za rad elektrane. Konačno, prikazati podatke o radu elektrane nakon puštanja u pogon i analizirati njenu isplativost za investitora.

ZADATAK URUČEN

06.03.2023

POTPIS MENTORA



Predgovor

Zahvaljujem se mentorici doc. dr. sc. Dunji Srpak, dipl. ing. el. na strpljenju, nesebičnoj pomoći, savjetima i smjernicama kod pisanja ovog završnog rada. Isto tako zahvalio bih se i profesorima Sveučilišta Sjever u Varaždinu, na svem prenesenom znanju.

Mojoj obitelji, posebno kćerki Andrei, zahvaljujem na podršci tijekom studiranja.

Sažetak

U proizvodnji električne energije dobivene iz energije sunca, u što spadaju i fotonaponske elektrane, posljednjih godina primjetan je velik napredak kroz nove tehnologije, inovativnost, zakonodavstvo. Obzirom na stalni razvoj novih tehnologija i sve veću konkurentnost u proizvodnji fotonaponskih modula te ostale opreme i uređaja potrebnih za proizvodnju solarne fotonaponske energije, korištenje sunčeve energije kao izvora energije čine sve dostupnijom. Kroz smanjenje cijena komponenti potrebnih za instalaciju solarne fotonaponske elektrane, cijene instaliranja solarnih fotonaponskih elektrana padaju te samim time raste interes građana za iste na krovu obiteljskih kuća. Sve navedeno omogućuje kućanstvu s instaliranom solarnom fotonaponskom elektranom ekonomsku isplativost, na neki način neovisnost i izloženost mogućem rastu cijena električne energije.

U ovom završnom radu opisuju se ciljevi i razlozi izgradnje solarne elektrane na obiteljskoj kući. Na konkretnom primjeru manje solarne elektrane instalirane na obiteljskoj kući u Koprivnici opisan je postupak izrade potrebne dokumentacije i ishođenja dozvola za izgradnju, tijek izgradnje solarne elektrane i njenog puštanja u rad. Navedeni su svi važniji dijelovi potrebni za rad elektrane, njihova funkcija kao i prikaz podataka o radu solarne elektrane nakon puštanja u pogon te analiza isplativosti za investitora.

Ključne riječi: obnovljivi izvori, solarna fotonaponska elektrana, fotonaponski moduli, izmjenjivač, korisnik postrojenja za samoopskrbu.

Summary

Great progress has been noticed in recent years regarding new technologies, innovation and legislation for production of electricity obtained from the energy of the sun. This progress includes photovoltaic power plants. The use of solar energy as an energy source is becoming more accessible considering the constant development of new technologies, equipment and devices necessary for production of solar photovoltaic energy and increasing competitiveness in the production of photovoltaic modules. Price reductions of the components required for the installation of solar photovoltaic power plants lead to decrease of installation prices, which increase the interest of citizens for installing solar panels to roofs of family houses. All above mentioned enables a household to be independent and exposed to possible rise in electricity prices and is economically profitable.

This final paper describes goals and reasons for installing a solar power plant on a family home. Specific example of a small solar power plant installed on a family house in Koprivnica describes the procedure for creating the necessary documentation and obtaining a construction permit, the course of construction of the solar power plant and its commissioning. It contains all most important parts needed for the operation of the solar power plant and their function as well as the presentation of data on the operation of the solar power plant after commissioning and the profitability analysis for the investor.

Key words: renewable sources, solar photovoltaic power plant, photovoltaic modules, converter, self-supply plant user

Popis korištenih kratica

A	Amper
AC	Izmjenično (engl. alternating current)
CO₂	Ugljikov dioksid
DC	Istosmjerno (engl. direct current)
DHMZ	Državni hidrometeorološki zavod
EES	Elektroenergetska suglasnost
EU	Europska Unija
FN	Fotonapon
GRO-K	Glavni razvodni ormar-kat
GW	Gigawat
HEP	Hrvatska elektroprivreda
Hz	Herc
JT	Jedinstvena tarifna stavka
KPMO	Kućni priključni mjerni ormar
kW	Kilovat
kWh	Kilovatsat
kWh/m²	Kilovatsat po metru kvadratnom
kWp	(eng. Kilowatt-peak)
LAN	Lokalna računalna mreža (eng. local area network)
m²	Metar kvadratni
mm²	Milimetar kvadratni
MPP	Točka maksimalne snage (engl. maximum power point)
MPPT	Praćenje točke maksimalne snage (engl. maximum power point tracker),
NN	Niskonaponska
NO_x	Dušikovi oksidi
npr.	Na primjer
NT	Niža tarifna stavka
ODS	Operator distribucijskog sustava
OIE	Obnovljiv izvor energije
OMM	Obračunsko mjerno mjesto
PVGIS	Geografski informacijski sustav za fotonaponske sustave (engl. Photovoltaic Geographical Information System)
RO-SE	Razvodni ormar-solarna elektrana
Si	Silicij
SMA	SMA Solar Technology AG (System, Mess and Anlagentechnik)
SO₂	Sumporov dioksid
V	Volt
Vt	Viša tarifna stavka
Wp	(eng. Watt-peak)

SADRŽAJ

1	Uvod.....	1
2	Općenito o vrstama fotonaponskih sustava.....	2
2.1	Off grid sustavi.....	3
2.1.1	Hibridni sustavi.....	4
2.2	On grid sustavi.....	4
2.2.1	FN sustavi izravno priključeni na javnu mrežu.....	4
2.2.2	FN sustavi priključeni na javnu mrežu preko kućne instalacije.....	5
3	Solarna elektrana instalirana na obiteljskoj kući u Koprivnici.....	6
3.1	Ciljevi i razlozi izgradnje solarne elektrane na obiteljskoj kući.....	6
3.2	Tehničke informacije i parametri za izgradnju predmetne solarne fotonaponske elektrane.....	6
3.3	Ekološki utjecaj solarne fotonaponske elektrane.....	10
4	Instalirane komponente predmetne solarne fotonaponske elektrane.....	11
4.1	Fotonaponski moduli.....	11
4.1.1	Osnove spajanja solarnih fotonaponskih modula.....	13
4.2	Ugradnja fotonaponskih modula na krovnu površinu.....	17
4.2.1	Montažni konstrukcijski profil.....	17
4.2.2	Podesivi krovni nosač.....	19
4.2.3	Stezaljke fotonaponskih modula.....	19
4.3	Izmjenjivač.....	20
4.3.1	Sunny Home Manager 2.0.....	25
4.4	Razvod kabela.....	26
4.5	Razvodni ormar solarne elektrane (+RO-SE).....	27
4.6	Zaštita strujnih krugova solarne elektrane i zaštita od električnog udara.....	28
4.7	Uzemljenje i izjednačenje potencijala.....	29
4.8	Dvosmjerno digitalno brojilo.....	29
5	Zakonodavni okvir za instaliranje solarne elektrane u kućanstvu.....	30
5.1	Kupac s vlastitom proizvodnjom.....	31
5.2	Korisnik postrojenja za samoopskrbu.....	32
6	Postupak izrade potrebne dokumentacije i ishoda dozvola za izgradnju - tijekom radnji koje prethode realizaciji instaliranja predmetne solarne elektrane.....	34
6.1	Informiranje i prikupljanje potrebne dokumentacije.....	35
6.2	Dokumentacija za izradu elektrotehničkog projekta solarne elektrane.....	35
6.3	Proces priključenja instalirane solarne elektrane.....	36
7	Podaci o radu predmetne solarne fotonaponske elektrane u trajnom pogonu i analiza dobivenih podataka.....	38
7.1	Procjena očekivane proizvodnje predmetne solarne fotonaponske elektrane.....	38
7.2	Podaci proizvodnje solarne elektrane (SMA Sunny Portal).....	39
7.3	Podaci očitavanja brojila od strane HEP-ELEKTRA d.o.o. - netiranje.....	42
7.4	Analiza mjesečnih troškova za električnu energiju sa i bez instalirane solarne elektrane.....	44
8	Zaključak.....	48
9	Literatura.....	49
	Popis slika.....	50
	Popis tablica.....	52
	Prilozi.....	53

1 Uvod

Energija sunca je obnovljiv i dostupan izvor energije. Potaknuti značajnijim povećanjem cijena energije, kao i dostupnosti energenata, obnovljivi izvori energije (OIE) svakim danom imaju sve veću ulogu u prijelazu na čistu energiju. Sve veću energetska važnost u prijelazu na čistu energiju ima solarna energija kao fotonapon (FN).

Prema strategiji Europske unije (EU) za solarnu energiju velik udio u proizvodnji čiste energije ima FN proizvodnja gdje se do 2025. godine teži proizvesti više od 320 gigavati (GW) novih solarnih fotonaponskih sustava, što je dvostruko više od sadašnje razine, a do 2030. godine 600 GW [1].

Hrvatska se prema dostupnim podacima o godišnjim sunčanim satima objavljenim na web stranici Državnog hidrometeorološkog zavoda (DHMZ) svrstava u sam vrh osunčanosti u EU, s godišnjim prosjekom od 2300 sunčanih sati. Navedeno je dovoljno veliki potencijal za korištenja sunčeve energije u proizvodnji električne energije [2].

Uz obilje sunčanih sati, optimalnu orijentaciju i nagib FN modula, količina dozračene sunčeve energije na jediničnu površinu plohe kreće se od 970 do 1380 kilovatsati po metru kvadratnom (kWh/ m²) [3].

Kućanstva imaju mogućnost da sama u cijelosti ili djelomično podmire vlastite potrebe za električnom energijom, čime štede na troškovima električne energije i stvaraju ekološki prihvatljivu električnu energiju.

Za realizaciju ovog završnog rada opisana je izgradnja solarne FN elektrane priključene na niskonaponsku (NN) mrežu preko kućne instalacije, na obiteljskoj kući u Koprivnici, kućanstva s godišnjom potrošnjom električne energije od približno 4600 kilovatsati (kWh).

Zadatak završnog rada obrađen je kroz pojedina poglavlja kao što su:

- osnovna podjela FN sustava sa kratkim opisom pojedinog sustava
- ciljevi i razlozi instaliranja solarne elektrane na obiteljskoj kući
- glavne komponente instalirane predmetne solarne FN elektrane priključene na elektroenergetsku NN mrežu, njihove karakteristike i osnovna funkcija u radu
- zakonodavni okvir i proces ishoda izgradnje dozvola za izgradnju predmetne solarne elektrane

Na kraju rada prikazani su podaci o radu solarne elektrane nakon puštanja u pogon te analizirani dobiveni rezultati.

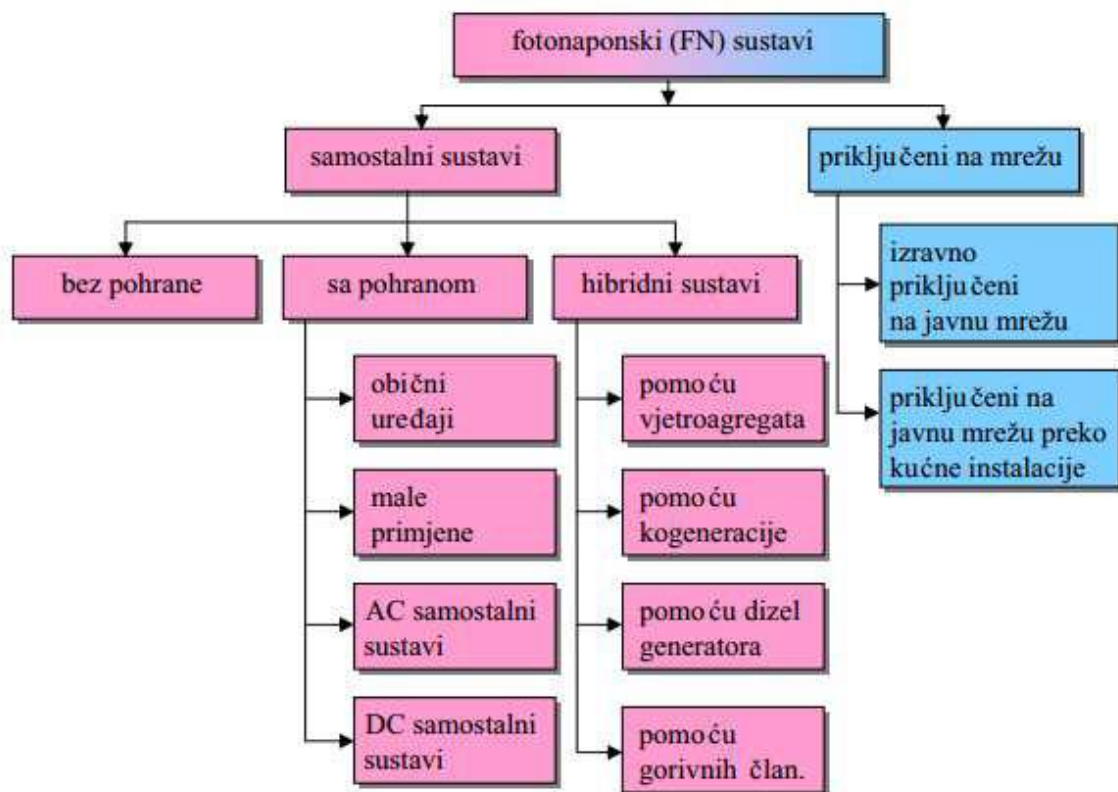
2 Općenito o vrstama fotonaponskih sustava

Ovo poglavlje daje kratak općenit pregled podjele FN sustava za bolje razumijevanje nekih osnova.

Osnovna podjela FN sustava temelji se na povezanosti s distribucijskom mrežom ili neovisnosti o istoj, pa sustavi mogu biti:

- Samostalni sustav (eng. off-grid)
- Mrežni sustavi (eng. on-grid)

Razlika između navedenih sustava temelji se na vrsti priključka, ovisno o tome postoji li priključak na distribucijsku mrežu ili radi li sustav potpuno neovisno kao takozvani otočni sustav [4]. Detaljnija podjela FN sustava prikazana je na slici 2.1.



Slika 2.1. Podjela fotonaponskih sustava [4]

2.1 Off grid sustavi

Ovi sustavi svoju primjenu uglavnom nalaze na područjima gdje iz tehničkih ili ekonomskih razloga nema dostupne NN mreže, primjerice izolirane kuće, vikendice ili planinarski domovi. Samostalni ili takozvani otočni sustav složeniji je i skuplji od mrežnog FN sustava, no u mnogim slučajevima izgradnja takvog sustava je isplativija i znatno brža od postupka povezivanja na NN mrežu. Solarna električna energija iz FN modula pohranjuje se u baterije ili akumulatore koji služe kao spremnik električne energije iz kojih se dalje napajaju električni uređaji u kući. Na slici 2.2. je prikazan samostalni sustav s pohranom proizvedene energije u solarne baterije.



Slika 2.2. Samostalni sustav s pohranom [4]

2.1.1. Hibridni sustavi

Hibridni sustavi su oni sustavi koji osim FN modula kombiniraju i druge izvore za proizvodnju električne energije kao što su vjetrogenerator, hidrogenerator ili dizelski agregat. Na slici 2.3. je prikazan hibridni sustav u kombinaciji sa vjetrogeneratorom kao dodatnom komponentom FN modulima za proizvodnju električne energije.



Slika 2.3. Hibridni sustav sa vjetrogeneratorom [4]

2.2 On grid sustavi

On grid sustavi su danas sve rasprostranjeniji FN sustavi koji su na javnu mrežu priključeni izravno ili su na istu priključeni preko kućne instalacije.

2.2.1 FN sustavi izravno priključeni na javnu mrežu

FN sustavi koji su izravno priključeni na javnu mrežu su uglavnom sustavi većih snaga, gdje se sva električna energija dobivena iz FN postrojenja isporučuje u distribucijsku mrežu bez da se ista koristi za pokrivanje potreba kućanstva. Ovakvi sustavi služe isključivo za prodaju električne energije nekom od distributera.

Na slici 2.4. prikazan je FN sustav izravno priključen na distribucijsku mrežu.



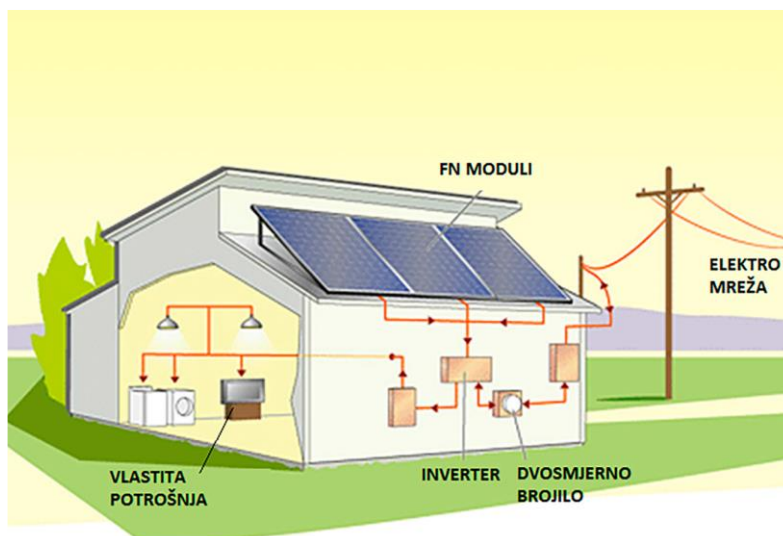
Slika 2.4. FN sustav izravno priključen na distribucijsku mrežu [4]

2.2.2 FN sustavi priključeni na javnu mrežu preko kućne instalacije

FN sustavi priključeni na javnu mrežu preko kućne instalacije su manja FN postrojenja, odnosno sustavi manjih snaga. Najčešće se radi o krovnim sustavima obiteljskih kuća, zgrada ili manjih objekata. Ovo je ujedno i sustav na kojem je baziran ovaj završni rad.

Sustav je definiran na način da se električna energija koju generira FN postrojenje koristi za potrošnju u samom objektu, odnosno kućanstvu, dok se višak električne energije može isporučiti u distribucijsku NN mrežu. Ovakav FN sustav je preko kućne instalacije u paralelnom pogonu s mrežom gdje se instalirani FN sustav koristi istovremeno s NN mrežom [4].

Na slici 2.5. prikazan je FN sustav priključen na NN mrežu preko kućne instalacije



Slika 2.5. FN sustav priključen na NN mrežu preko kućne instalacije [4]

3 Solarna elektrana instalirana na obiteljskoj kući u Koprivnici

U ovom poglavlju navedeni su ciljevi i razlozi instaliranja solarne elektrane na obiteljskoj kući te opće tehničke informacije o objektu i osnovni parametri kod planiranja izgradnje solarne elektrane na krovu kuće.

3.1 Ciljevi i razlozi izgradnje solarne elektrane na obiteljskoj kući

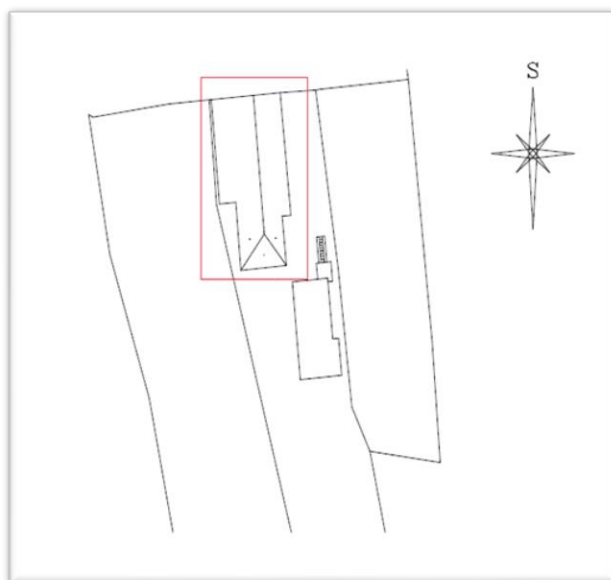
Težnja energetske neovisnosti u kućanstvu kroz različite tehničke mogućnosti dovodi nas do razloga zašto se pojedinci odluče instalirati solarnu FN elektranu na krov obiteljske kuće. Ugradnjom FN sustava postaju energetski samodostatni. Uz vlastitu proizvodnju električne energije umjesto čiste potrošnje električne energije iz distribucijske mreže dolazi se do značajne uštede, pri čemu svaki kWh potrošen u trenutku proizvodnje stvara čistu uštedu. Cijena solarnih FN komponenti zbog napretka tehnologije pada, što je dovoljan razlog za investiciju u solarnu FN elektranu. Navedeno dovodi i do svojevrsne otpornosti na tendenciju rasta cijena električne energije, jer se vrijeme povrata investicije kreće u rasponu od 8 do 10 godina, dok je životni vijek elektrane minimalno 25 godina. Tu je i ekološka komponenta, pošto solarni FN moduli ne ispuštaju štetne stakleničke tvari u atmosferu, za razliku od mnogih drugih metoda proizvodnje električne energije. Solarna energija je obnovljivi čisti izvor energije, ekološki prihvatljivija u proizvodnji električne energije za razliku od električne energije dobivene proizvodnjom iz fosilnih goriva [5].

Uz sve gore navedeno značajniji razlozi instaliranja solarne elektrane su i jednostavna implementacija sustava, povećanje vrijednosti vlastite nekretnine i minimalno održavanje.

3.2 Tehničke informacije i parametri za izgradnju predmetne solarne fotonaponske elektrane

Obiteljska kuća nalazi se u Koprivnici, s godišnjom potrošnjom električne energije za obračunsko mjerno mjesto (OMM) od približno 4600 kWh. Slika 3.1 prikazuje geodetsku skicu obiteljske kuće za instalaciju FN sustava na krov [6].

- Orijehtacija obiteljske kuće:
 - Krovna površina Jug:
Azimut: -7° , Nagib krovne plohe: 24°
 - Krovna površina Zapad:
Azimut: 83° ; Nagib krovne plohe: 30°
- Korisna površina krovne plohe: 160 metara kvadratnih (m^2), bez vanjskog sjenčanja
- Kategorija potrošnje: kućanstvo
- Tarifni model OMM bijeli: viša tarifna stavka (VT), niža tarifna stavka (NT)
- Nazivni napon na OMM: 400 volti (V), 50 Herca (Hz)
- Faznost OMM: 3+Nul vodič (~)
- Priključna snaga (smjer potrošnje): 17,25 kilovata (kW)
- Priključna snaga (smjer proizvodnje): 4 kilovata (kW)
- Mjesto ugradnje dvosmjernog brojila: kućni priključni mjerni ormar (KPMO)



Slika 3.1. Geodetska skica obiteljske kuće za instalaciju FN sustava na krov

Dimenzioniranje predmetne solarne FN elektrane za potrebe glavnog projekta rađeno je u System, Mess and Anlagentechnik (SMA) Solar Technology AG internet alatu Sunny design koji je dostupan na internet stranici <https://www.sunnydesignweb.com/>. Tehničke karakteristike predmetne solarne elektrane kod proračuna prikazane su na slici 3.2.

System overview

6 x Solvis d.o.o. SV120-375 E HC9B (Building 1: Surface 1 (West))

Azimuth angle: 83 °, Tilt angle: 30 °, Mounting type: Roof, Peak power: 2.25 kWp

6 x Solvis d.o.o. SV120-375 E HC9B (Building 1: Surface 2 (South))

Azimuth angle: -7 °, Tilt angle: 24 °, Mounting type: Roof, Peak power: 2.25 kWp



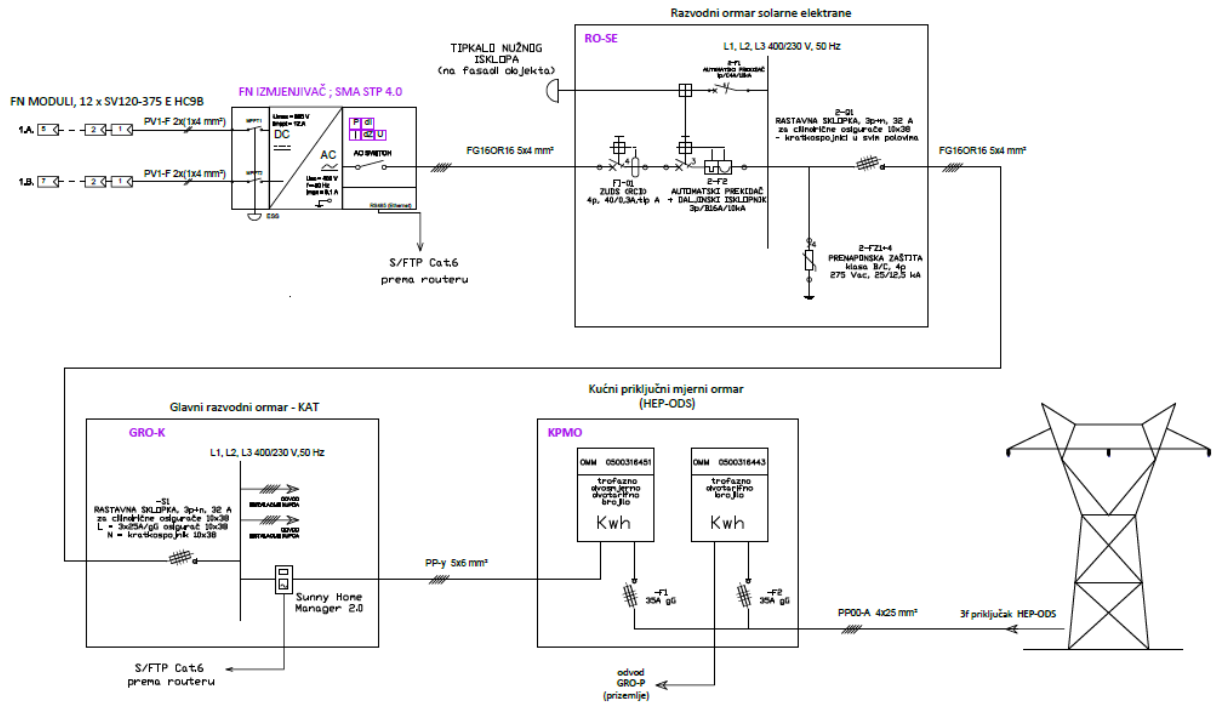
1 x SMA STP4.0-3AV-40

PV design data

Total number of PV modules:	12	Performance ratio*:	81.6 %
Peak power:	4.50 kWp	Spec. energy yield*:	1035 kWh/kWp
Number of PV inverters:	1	Line losses (in % of PV energy):	---
Nominal AC power of the PV inverters:	4.00 kW	Unbalanced load:	0.00 VA
AC active power:	4.00 kW	Annual energy consumption:	4,600 kWh
Active power ratio:	88.9 %	Self-consumption:	1,754 kWh
Annual energy yield*:	4,657 kWh	Self-consumption quota:	37.7 %
Additional yield with SMA ShadeFix:	0 kWh	Self-sufficiency quota:	38.1 %
Energy usability factor:	100 %	CO ₂ reduction after 20 years:	31 t

Slika 3.1. Tehničke karakteristike predmetne solarne elektrane [18]

dok je jednopolna (blok) shema razvoda električne instalacije [6] za predmetnu solarnu FN elektranu prikazana na slici 3.3.



Slika 3.2. Jednopolna (blok) shema razvoda električne instalacije [6]

Meteorološki parametri za najbližu lokaciju predmetne solarne elektrane prikazani su u tablici 3.1., dok su podaci o srednjoj dnevnoj ozračenosti vodoravne plohe i srednjoj mjesečnoj temperaturi zraka prikazani u tablici 3.2. [6]

Tablica 3.1.: Meteorološki podaci za najbližu lokaciju [6]

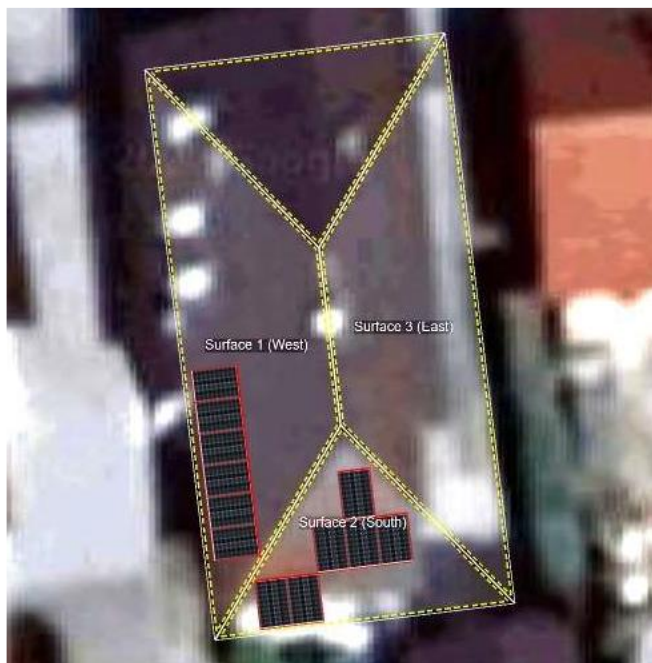
Lokacija:	Koprivnica (PV GIS)
Zemljopisna širina [N]:	46° 156'
Zemljopisna dužina [E]:	16° 835'
Nadmorska visina [m]:	138

Tablica 3.2.: Podaci o srednjoj dnevnoj ozračenosti vodoravne plohe i srednjoj mjesečnoj temperaturi zraka [6]

Mjesec	Srednja dnevna ozračenost vodoravne plohe [kWh/m ²]	Srednja mjesečna temperatura zraka [°C]
Siječanj	45.76	1.2
Veljača	69.42	6.6
Ožujak	115.5	7.1
Travanj	185.45	13
Svibanj	170.34	15.2
Lipanj	175.86	19.8
Srpanj	210.68	21.7
Kolovoz	169.76	22.4
Rujan	135.03	18.1
Listopad	77.07	12.6
Studeni	38.32	6
Prosinac	23.26	4.1
Ukupno	1416,45	

Predmetna solarna FN elektrana priključne izlazne snage invertera 4 kW instalirana je na trostranom kosom krovu obiteljske kuće u Koprivnici. FN moduli instalirani su na južnoj plohi krova uz kut od 24° i zapadnoj plohi krova, uz kut od 30°, koji ujedno prate nagib krova, kao što je prikazano na slici 3.4.

Priključak FN elektrane na niskonaponsku (NN) mrežu je trofazni iz razvodni ormar-solarne elektrane (RO-SE) preko glavni razvodni ormar-kat (GRO-K) objekta i dalje preko KPMO [6].



Slika 3.3. Projekcija FN-ska elektrana na obiteljskoj kući u Koprivnici [18]

3.3 Ekološki utjecaj solarne fotonaponske elektrane

Solarne FN elektrane imaju pozitivan ekološki utjecaj na okoliš, jer se energija sunca kroz FN modul pretvara u električnu energiju tako da je proces pretvorbe energije čist, bez emisije štetnih tvari kao što je na primjer ugljični dioksid (CO₂) ili dušični oksid (NO_x). Solarne elektrane ne zahtijevaju izravnu potrošnju fosilnih goriva kao elektrane na ista. [7]

Tablica 3.3. prikazuje ekološki utjecaj elektrane u smislu smanjenja emisije onečišćujućih tvari u okoliš [6]:

Tablica 3.3.: Ekološki utjecaj elektrane

Parametar – ekološki utjecaj SE	EU metodologija		Metodologija FZOEU	
	Specifična vrijednost	Ukupno	Specifična vrijednost	Ukupno
Godišnje smanjenje CO ₂	886 g/kWh	6.015,23	376 g/kWh	2.552,74
Godišnje smanjenje NO _x emisije	392 mg/kWh	2,66	640 mg/kWh	4,35
Godišnje smanjenje SO ₂	435 mg/kWh	2,95	1.070 mg/kWh	7,26
Godišnje smanjenje čestica	55 mg/kWh	0,37	-	-

4 Instalirane komponente predmetne solarne fotonaponske elektrane

U ovom poglavlju opisane su komponente instalirane predmetne solarne FN elektrane priključene na NN mrežu, njihove karakteristike i osnovna funkcija u radu.

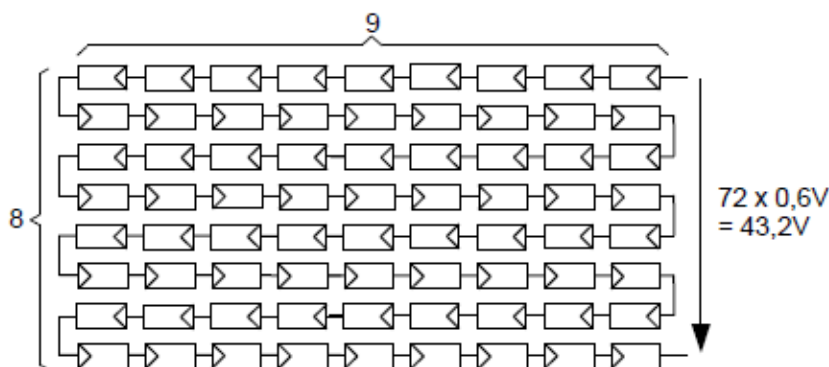
Kao središnje komponente svake solarne FN elektrane možemo izdvojiti FN module (panele) i izmjenjivače. Pored FN modula i izmjenjivača, ne manje važan dio kod ugradnje FN solarne elektrane je i sustav konstrukcije za montažu samih FN modula na krovnu površinu, kao i razvod kabela te mjerni i kontrolni sustavi.

4.1 Fotonaponski moduli

Za dobivanje električne energije iz sunčeve svjetlosti potrebne su fotonaponske ćelije koje generiraju električnu energiju kada se izlože izvoru sunčeve svjetlosti i kao takve su osnova svakog FN sustava. Kada fotonaponska ćelija apsorbira svjetlost sunčevog zračenja, ovisno o intenzitetu svjetlosti, između krajeva dvaju vodljivih slojeva stvara se električno polje te se generira električna energija, odnosno istosmjerni (DC) napon. Efekt izravne pretvorbe sunčevog zračenja u električnu energiju je fotoelektrični efekt [7].

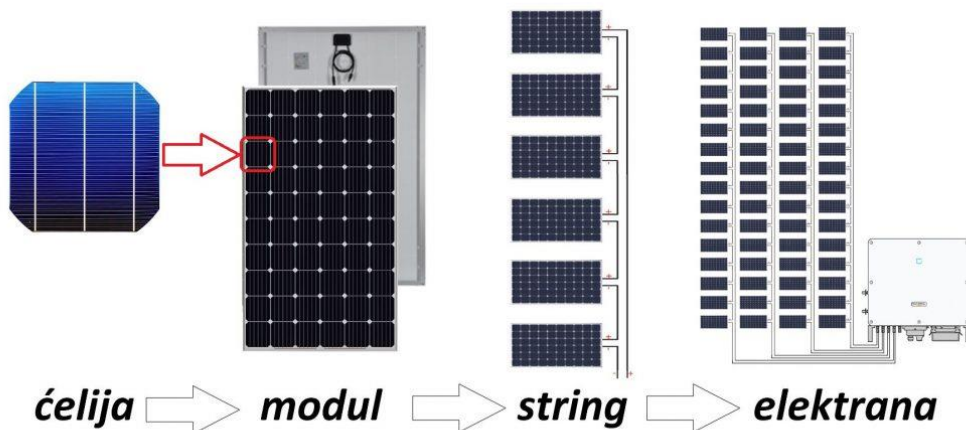
Svaka ćelija sastoji se od kombinacije dvaju slojeva poluvodičkog materijala, a u 98% slučajeva radi se o siliciju, koji dominira kao osnovni materijal u izradi solarnih ćelija. Od ostalih materijala u izradi FN ćelija prisutni su galij-arsenid, kadmij-sulfid, kadmij-telurid [8].

Solarna ćelija sama po sebi ima malu izlaznu snagu i mali napon, reda veličine 0,5-0,6 V pa se pojedinačne solarne ćelije u praksi gotovo nikada ne koriste [4]. FN sustavi temelje se na modularnom sistemu, gdje se spajanjem nizova ćelija u seriju ili kombinacijom spajanja serijski/paralelno dobije FN modul određene snage i napona kao što je prikazano na slici 4.1.



Slika 4.1. Primjer povezivanja 72 ćelije u seriju što u konačnici čini 1 modul [4]

Daljnijim spajanjem solarnih FN modula u seriju dobijemo solarni niz (eng. string), koji opet daljnijim spajanjem tvore FN polje kao što je prikazano na slici 4.2.



Slika 4.2. Spajanje FN-ske solarne ćelije u fotonaponskom sustavu [4]

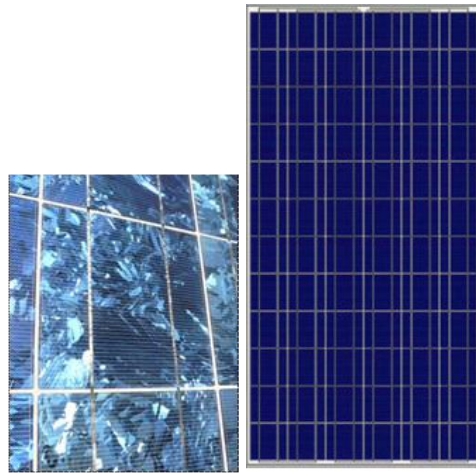
Trenutno najčešće korišteni FN moduli za instalaciju na krovove obiteljskih kuća su:

- Monokristalni FN moduli, prikazani na slici 4.3., obično su crne do tamnoplave boje, a njihova je učinkovitost ćelija oko 18% [4].



Slika 4.3.. Monokristalna ćelija i monokristalni modul [4]

- Polikristalni FN moduli, prikazani na slici 4.4., obično su kristalno svjetlucavo plavkaste površine, učinkovitosti ćelije od približno 14% [4].



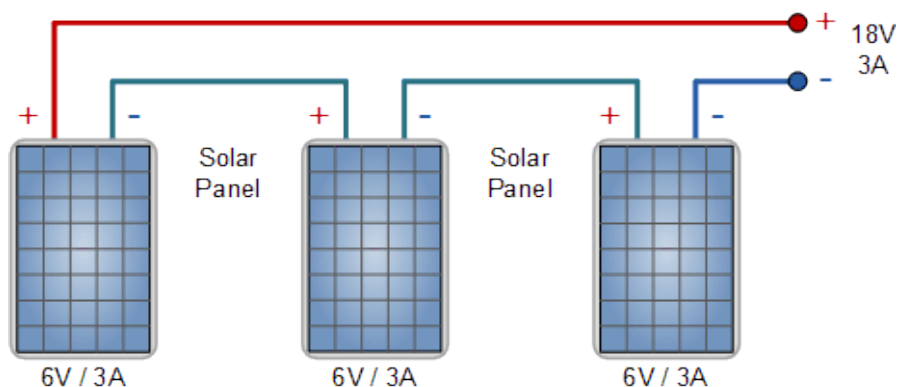
Slika 4.4. Polikristalna ćelija i polikristalni modul [4]

4.1.1 Osnove spajanja solarnih fotonaponskih modula

Odabir načina spajanja solarnih FN modula bitan je dio svakog dobro osmišljenog sustava solarne elektrane. Potrebno je razlikovati osnovne načine spajanja solarnih FN modula gdje je svaki od načina dizajniran za određenu namjenu ovisno o potrebama. Za postizanje određene snage niza ili polja, FN module spajamo ovisno o tome želimo li povećati napon, odnosno struju, na izlazima [9].

Povezivanje FN modula u seriju

Serijsko spajanje solarnih modula koristi se za povećanje ukupnog napona sustava. Kod serijskog spajanja više modula istih karakteristika, ukupan napon jednak je zbroju napona koje proizvodi svaki od pojedinih FN modula, dok je struja jednaka struji pojedinog FN modula. Primjer serijskog spajanja FN modula prikazan je na slici 4.5.



Slika 4.5. Serijski spoj FN modula [9]

Prednosti serijskog spajanja fotonaponskih modula:

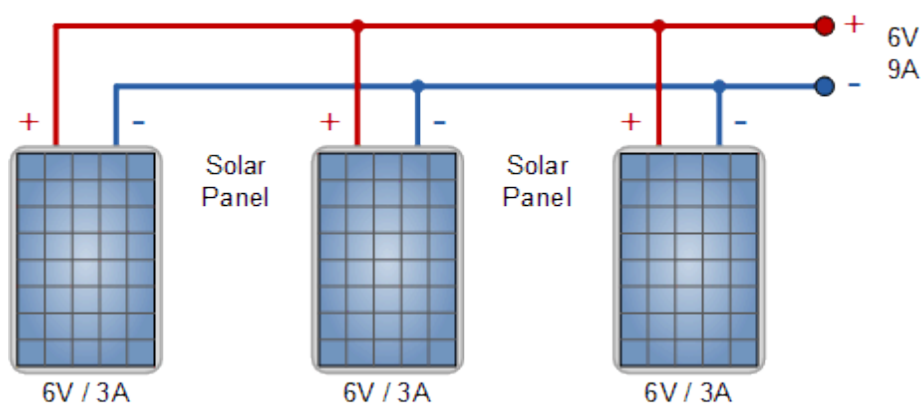
- Manji trošak instalacijskog materijala (manje vodiča)
- Veća učinkovitost zbog višeg napona niza
- Manji gubici u prijenosu

Nedostaci serijskog spajanja fotonaponskih modula:

- Veći gubitak učinkovitosti u slučaju zasjenjenja, oštećenja vodiča ili neispravnih solarnih ćelija
- Kvar može poremetiti cijeli sustav u nizu
- Greške u sustavu je teže pronaći

Povezivanje FN modula paralelno

Paralelno spajanje solarnih modula koristi se za povećanje ukupne struje sustava. Kod paralelnog spajanja više modula istih karakteristika, ukupni napon jednak je naponu pojedinog modula, a ukupna struja jednaka je zbroju struja svih FN modula. Primjer paralelnog spajanja FN modula prikazan je na slici 4.6.



Slika 4.6. Paralelno spajanje FN modula [9]

Prednosti paralelnog spajanja fotonaponskih modula:

- Manji gubitak učinkovitosti u slučaju zasjenjenja ili neispravnih solarnih ćelija
- Kvar dovodi samo do lokalnog poremećaja
- Nedostatke je lakše pronaći

Nedostaci paralelnog spajanja fotonaponskih modula:

- Veći troškovi instalacijskog materijala (više vodiča)
- Niža učinkovitost zbog većeg presjeka vodiča i nižeg napona
- Veći gubici prijenosa zbog više vodova i krugova

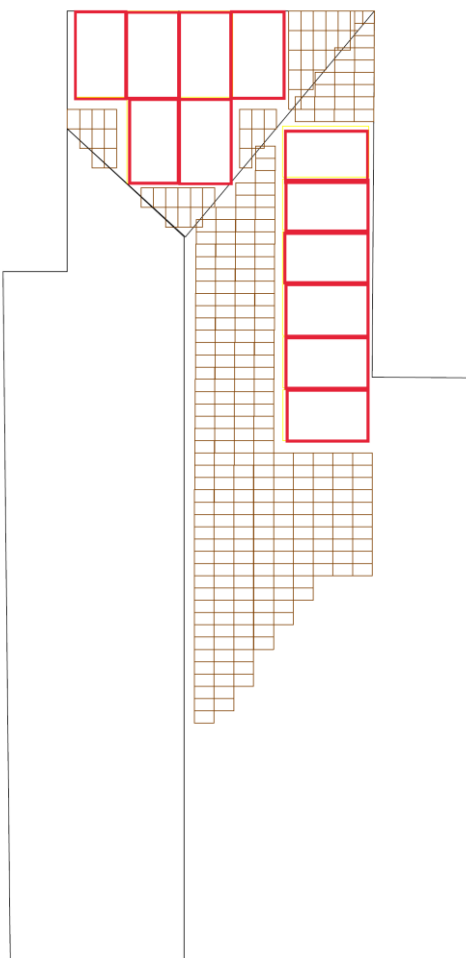
Za predmetnu solarnu elektranu instalirani su monokristalni fotonaponski moduli Solvis SV120-375-E-HC9B-dimenzije 1755x1038x35, vršne snage 375 Wat-peak (Wp), nazivnog napona 35,33 (V), nazivne struje 10,62 (A) i učinkovitost od 20,59 %. Tehnički list u Prilozima 4.1.1.

U FN polje predmetne solarne elektrane, a prema proračunu u alatu Sunny design, instalirano je 12 FN modula ukupne snage 4,5 Kilowat-peak (kWp), slika 4.7.

PV design data			
Input A: Building 1: Surface 2 (South)			
6 x Solvis d.o.o. SV120-375 E HC9B, Azimuth angle: -7 °, Tilt angle: 24 °, Mounting type: Roof			
Input B: Building 1: Surface 1 (West)			
6 x Solvis d.o.o. SV120-375 E HC9B, Azimuth angle: 83 °, Tilt angle: 30 °, Mounting type: Roof			
	Input A:	Input B:	
Number of strings:	1	1	
PV modules:	6	6	
Peak power (input):	2.25 kWp	2.25 kWp	
Inverter min. DC voltage (Grid voltage 230 V):	125 V	125 V	
PV typical voltage:	✓ 199 V	✓ 199 V	
Min. PV voltage:	184 V	184 V	
Max. DC voltage (Inverter):	850 V	850 V	
Max. PV voltage	✓ 275 V	✓ 275 V	
Inverter max. operating input current per MPPT:	12 A	12 A	
Max. MPP current of PV array:	✓ 10.3 A	✓ 10.3 A	
Inverter max. input short-circuit current per MPPT:	18 A	18 A	
PV max. circuit current	✓ 11.2 A	✓ 11.2 A	

Slika 4.7. Podaci instaliranog FN polja predmetne solarne elektrane [18]

FN polje je podijeljeno u 2 niza vršne snage pojedinog niza od 2,25 kWp, od toga 6 FN modula u nizu na južnoj orijentaciji krovne površine i 6 FN modula u nizu na zapadnoj orijentaciji krovne površine. Skica raspodjele FN modula na krovnu površinu prikazana je na slici 4.8., dok slika 4.9. prikazuje fotografije snimljene iz zraka, instaliranih FN modula na južnoj i zapadnoj orijentaciji krova.



Slika 4.8. Raspored FN-skih modula instaliranih na krovnoj površini za predmetnu solarnu elektranu



Slika 4.9. FN-moduli na južnoj i zapadnoj strani krovne površine

4.2 Ugradnja fotonaponskih modula na krovnu površinu

Montažni sustav elemenata za instalaciju FN modula na krovnu površinu objekta sastoji se od krovnih nosača, konstrukcijskih profila i stezaljki modula. Montaža FN modula na krovnu površinu pokrivenu crijepom izvedena je tipskim nosačima od nehrđajućeg čelika i aluminijskim montažnim profilima. Na slici 4.10. prikazani su FN moduli u fazi montaže na krovnu površinu.



Slika 4.10. Faza montaže FN modula na krovnu površinu

4.2.1 Montažni konstrukcijski profil

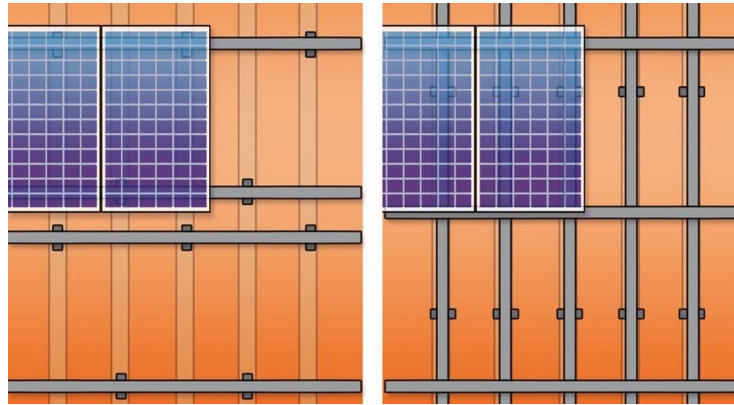
Za montažu FN modula korišten je aluminijski montažni nosivi profili, prikazan na slici 4.11., sa četiri utora za pričvršćivanje krovnih nosača ili FN modula. Montažni profili montirani su na krovne nosače koji su prethodno učvršćeni na drvenu krovnu konstrukciju.



Slika 4.11. Aluminijski montažni nosivi profili

Prema veličini i težini FN modula, mogućim dodatnim opterećenjem krovnog sustava nepovoljnim vremenskim utjecajima (vjetar, snijeg) te karakteristikama same krovne konstrukcije, razlikujemo dva tipa ugradnje montažnih profila, kao što je prikazano na slici 4.12.

- Paralelna ugradnja montažnih profila, što je ujedno i najčešći oblik ugradnje.
- Križna ugradnja montažnih profila, odnosno sustav poprečnih nosača.



Slika 4.12. Paralelna i križna ugradnja montažnih profila na krovnu konstrukciju

Za montažu FN modula predmetne solarne elektrane korištena je paralelna ugradnja montažnih profila na krovnu konstrukciju. Na slici 4.13. prikazani su montirani profili na krovnoj površini pripremljeni za montažu FN modula predmetne solarne elektrane.



Slika 4.13. Ugrađeni montažni profili na krovnu površinu (priprema za montažu FN-skih modula)

4.2.2 Podesivi krovni nosač

Krovni nosač sa slike 4.14. čini vezu između krovne konstrukcije i nosivih profila FN modula. Podesivi krovni nosači fiksirani su na drvene rogove krovišta vijcima od nehrđajućeg čelika. Detalj ugradnje podesivog krovnog nosača prikazan je na slici 4.15.



Slika 4.14. Podesivi krovni nosač



Slika 4.15. Detalj ugradnje krovnog nosača

4.2.3 Stezaljke fotonaponskih modula

Solarni FN moduli su srednjim i krajnjim stezaljkama pričvršćeni na aluminijske montažne profile. Srednjom stezaljkom modula pričvršćena su dva susjedna FN modula, a postavlja se u utor montažnog profila između dva FN modula. Na slici 4.16. prikazana je srednja stezaljka modula, dok je na slici 4.17. prikazana stezaljka za završni FN modul kojom su pričvršćeni krajnji FN moduli na montažni profil.



Slika 4.16. Srednja stezaljka modula



Slika 4.17. Završna stezaljka modula

4.3 Izmjenjivač

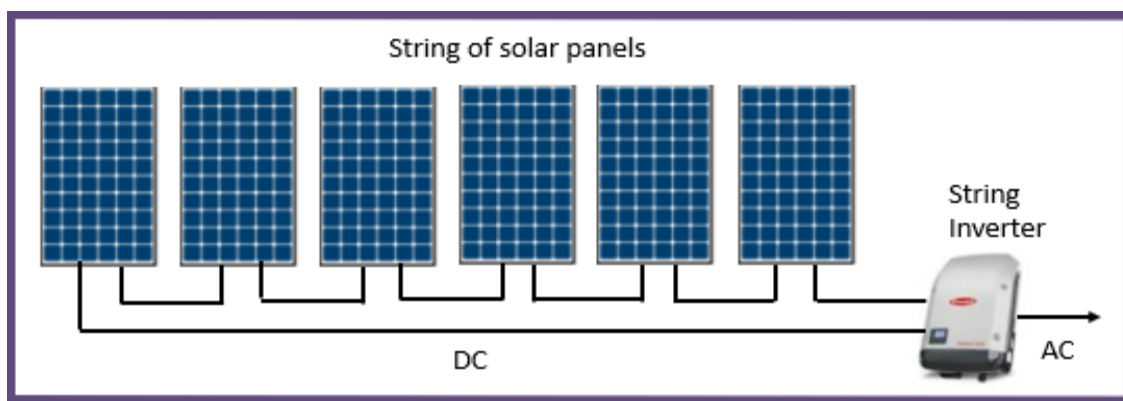
Uz fotonaponske module, solarni izmjenjivači odnosno inverteri, središnja su komponenta FN sustava. Imaju funkciju pretvorbe istosmjernog (DC) napona u izmjenični (AC) napon usklađen s mrežom, odnosno izmjenjivači trebaju prilagoditi razinu napona i frekvencije mrežnom sustavu. Osim pretvorbe DC u AC napon, izmjenjivač ima ugrađen i niz zaštitnih funkcija potrebnih za osiguranje sustava, kao što je primjerice isključenje samog izmjenjivača u slučaju nestanka mrežnog napona, ako je isti priključen na mrežni sustav [10].

Optimalan izmjenjivač mora proizvesti što je više moguće odgovarajuće električne energije sa svakim raspoloživim prinosom FN modula, odnosno uvijek mora obraditi solarni ulazni DC napon do te mjere da se AC napon može koristiti u kućanstvu ili predati u mrežu.

Učinkovitost izmjenjivača također određuje učinkovitost cijelog FN sustava te samim time i mogući prinos.

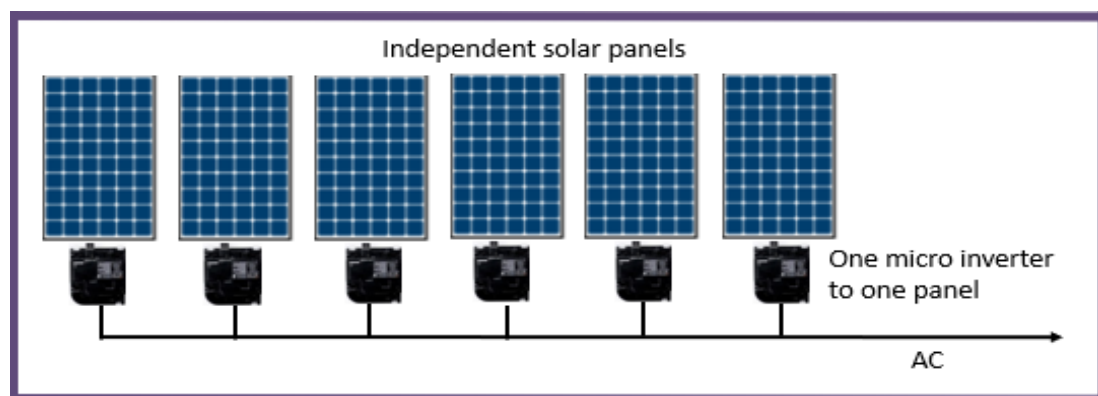
Vrste izmjenjivača koje se najčešće koriste u instalacijama manjih solarnih FN elektrana spojenih na mrežu:

- **Centralni inverter** kao **String inverter** : u pravilu su manjih snaga a biraju se ovisno o veličini, broju i rasporedu nizova (stringova). Izmjenjivači se mogu razlikovati po broju ulaza za praćenje točke maksimalne snage MPPT (engl. maximum power point tracker), gdje više MPPT-ova daje bolju iskoristivost FN modula na krovnim površinama različitog nagiba ili orijentacije, a i samog invertera [10].



Slika 4.18. String inverter [10]

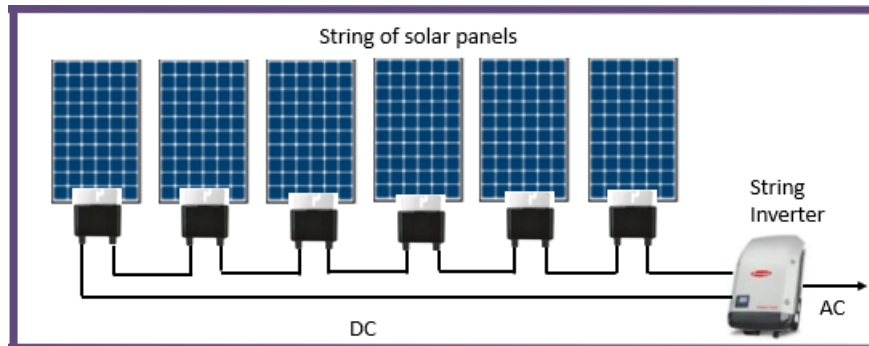
- **Mikroinverter**: Imaju istu osnovnu funkciju kao i string inverteri, ali se instaliraju kod svakog FN modula. Svaki FN modul ima svoj mikroinverter koji radi individualno za svaki FN modul i odmah na izlazu FN modula pretvara DC napon u AC napon [10], kao što je prikazano na slici 4.19.



Slika 4.19. Mikroinverter [10]

- **Multi string inverter**: Kombinira string inverter s optimizatorima snage na razini svakog FN modula ili pak cijelog niza, instaliranih na npr. „zahtjevnim“ krovovima s različitim usmjerenjima ili zasjenjenjima. Optimizator snage je tehnologija DC-DC

pretvarača koja poboljšava performanse podešavanja izlaza pojedinog modula ili niza, prateći MPPT te regulira njihov napon prije slanja električne energije na string inverter [10]. Na slici 4.20. prikazani je Multi string inverter odnosno string inverter i FN moduli s optimizatorima.



Slika 4.20. String inverter i optimizatori [10]

Prema projektnoj dokumentaciji za predmetnu solarnu elektranu za zadano FN polje odabran je mrežni inverter SMA SUNNY TRIPOWER 4.0., zbog integriranih softverskih rješenja i optimizacije solarnog prinosa u raznim situacijama. Predmetni izmjenjivač je bez transformatora, nazivne snage 4 kW s 2 nezavisna sustava za MPPT te se na njega mogu spojiti 2 modulska niza FN polja. Ima ugrađen sustav zaštite od otočnog pogona, automatsku sinkronizaciju na mrežu te ethernet komunikaciju [6].

Neke važnije karakteristike odabranog invertera [11]:

- Integrirani softver za optimizaciju prinosa SMA ShadeFix
- Dinamičko ograničenje aktivne snage: izravno korištenje viška energije što dovodi do manje potrošnje električne energije iz mreže
- Automatsko praćenje uređaja putem SMA Smart Connected
- Vizualizacija sustava putem Sunny Portala i Sunny Places
- Lokalna vizualizacija putem Smart Inverter Screena

Na slici 4.21. prikazan je instalirani predmetni inverter SMA SUNNY TRIPOWER 4.0, nazidan u hodniku objekta.



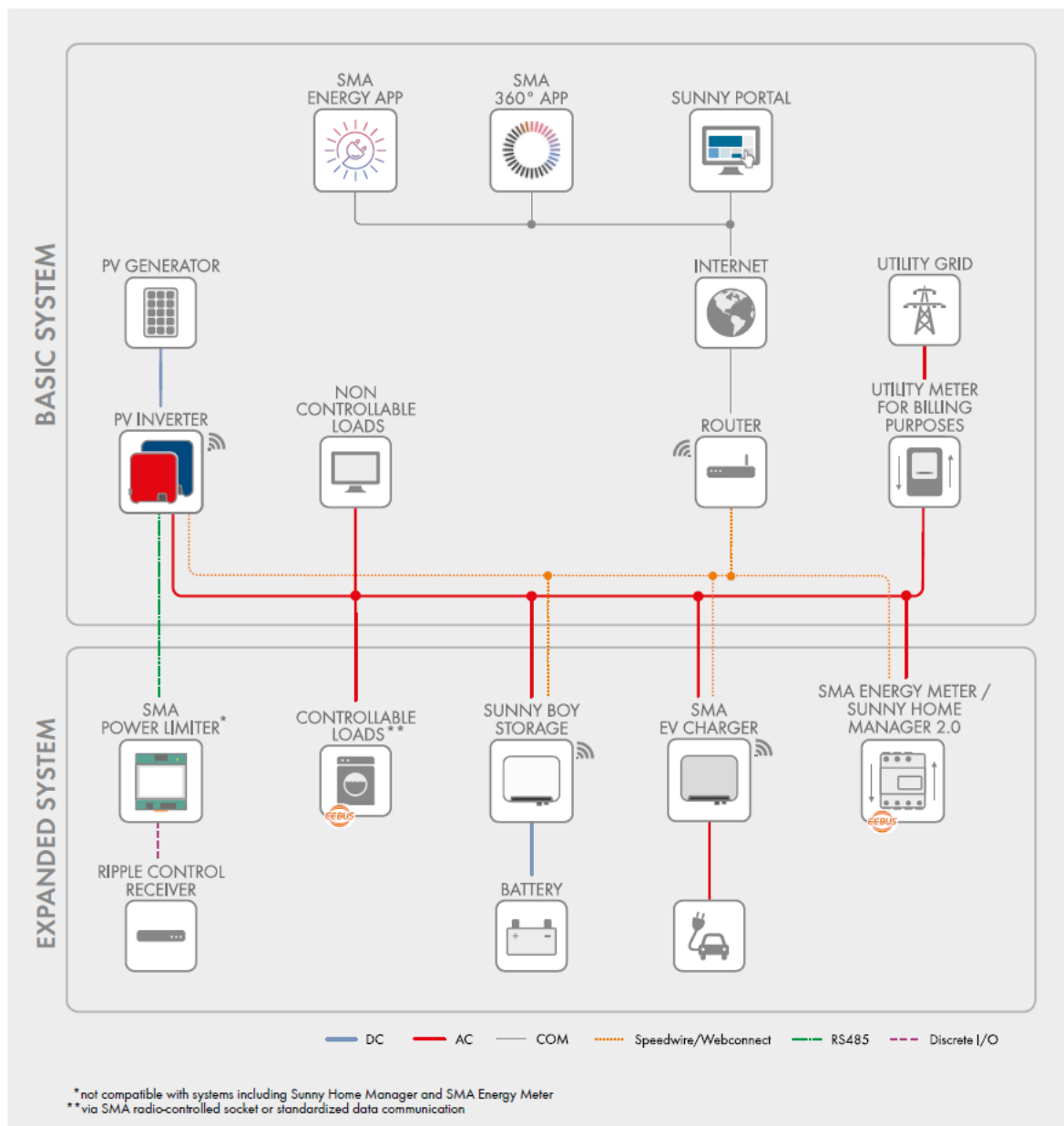
Slika 4.21. Instalirani predmetni inverter SMA SUNNY TRIPOWER 4.0

Osnovne tehničke karakteristike predmetnog invertera navedene su u tablici 4.1., dok su sve specifikacije u tehničkom listu koji se nalazi u prilogima 4.3.1.

Tablica 4.1.: Osnovne tehničke karakteristike predmetnog invertera

FN IZMJENJIVAČ SMA SUNNY TRIPOWER 4.0		
Nazivna snaga pri STC	[kW]	4 kW
Max. ulazni napon	[V]	850 V
MPPT raspon	[V]	175 – 800 V
Max. ulazna struja po MPPT sklopu	[A]	12 A
Broj MPPT sklopova	[kom]	2 kom
Broj priključnica po MPPT sklopu	[kom]	1 kom
Maksimalna učinkovitost	(%)	98,2 %

Blok shema povezivanja invertera SMA SUNNY TRIPOWER 4.0 prikazana je na slici 4.22.



BASIC SYSTEM functions

- Easy commissioning via integrated WLAN and Speedwire interface
- Maximum transparency thanks to visualization in Sunny Portal / SMA Energy App
- Safe investment through SMA Smart Connected
- Modbus as interface for third-party solutions

Expanded SYSTEM FUNCTIONS

- Basic system functions
- Reduction in purchased electricity and increase in self-consumption through use of stored solar energy
- Maximum energy use thanks to forecast-based charging
- Increased self-consumption thanks to intelligent load control
- Easy integration of ripple control receivers via SMA Power Limiter

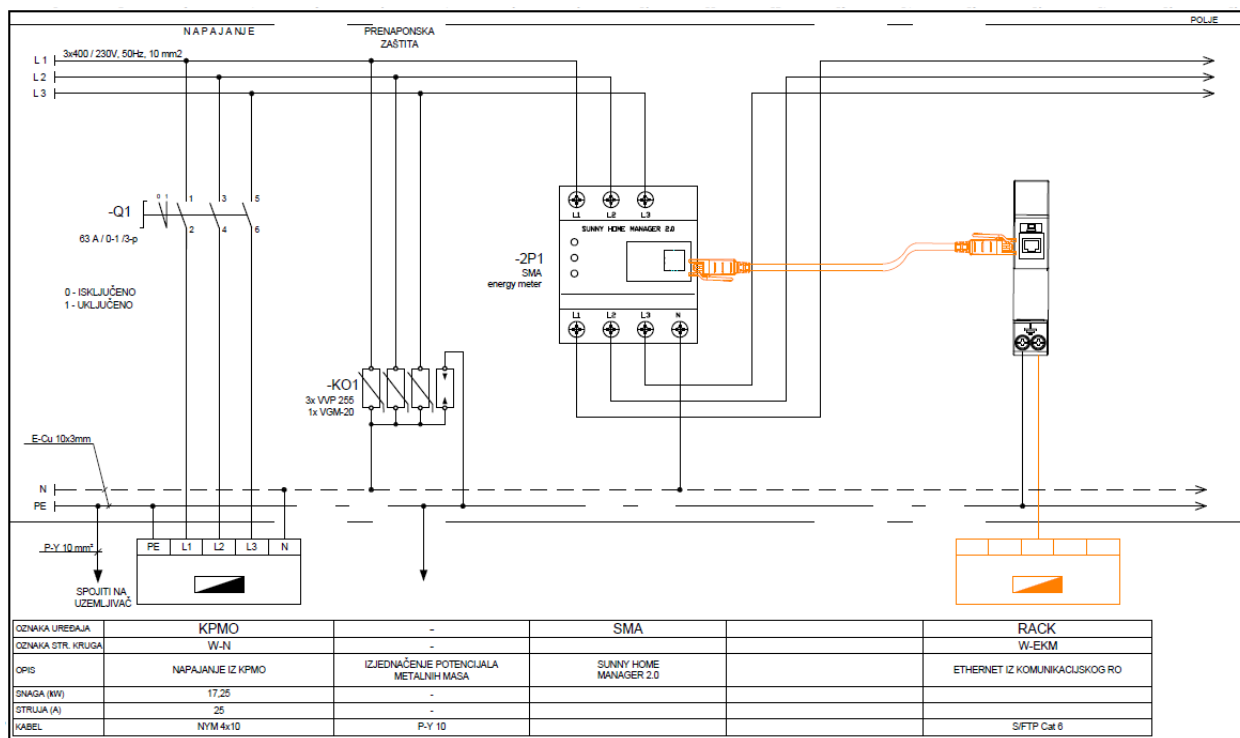
With SMA Energy Meter

- Maximum system usage through dynamic limiting of feed-in to the grid between 0% and 100%
- Visualization of energy consumption

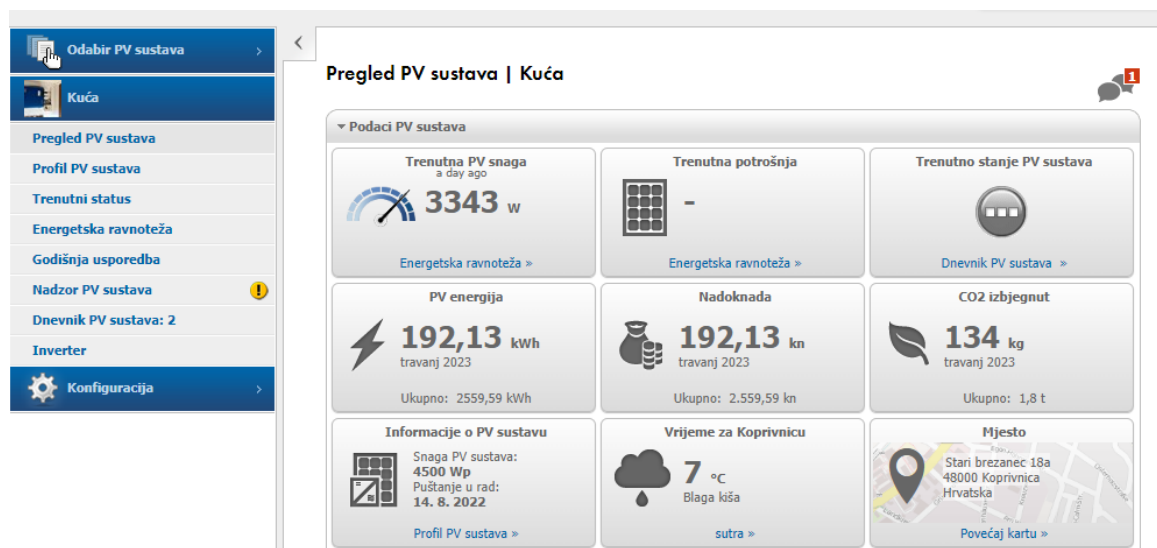
Slika 4.22. Blok shema povezivanja invertera SMA SUNNY TRIPOWER 4.0 [11]

4.3.1 Sunny Home Manager 2.0

Sunny Home Manager 2.0 je nadzorno/upravljački centar za inteligentno upravljanje energijom sa integriranim mjerenjem. Uređaj je instaliran na glavni vod između brojila i instalacije objekta u +RO-SE polju razvodnog ormara, što je prikazano na slici 4.23. a na predmetnoj solarnoj elektrani služi kao nadzorni uređaj za praćenje tokova energije [6]. Kombinacijom Sunny Home Manager 2.0 s instaliranim SMA Sunny Tripower 4.0 inverterom, uz registraciju na internet portalu SMA Sunny Portal, može se vršiti nadzor rada izmjenjivača i pratiti prikaz trenutne proizvodnje/potrošnje unutar objekta, kao i isporučene/preuzete električne energije u/iz mreže, na razini dana, tjedna, mjeseca i godine. Za povezivanje je potreban pristup internetu i podatkovna veza kako bi se moglo pristupiti istom pomoću računala ili pametnog telefona. Slika 4.24. prikazuje sučelje korisnika na internet portalu Sunny Portal.



Slika 4.23. Blok shema povezivanja Sunny Home Manager 2.0 u +RO-SE [11]



Slika 4.24. Internet sučelje Sunny Portal

4.4 Razvod kabela

Razvod kabela odnosi se na vodiče DC odnosno AC strane unutar instaliranog solarnog FN sustava, koji služe za povezivanje solarnih modula, invertera i drugih komponenti sustava.

DC – strana: za spajanje FN modula u niz korišteni su postojeći predinstalirani kablovi koji se nalaze na poledini svakog instaliranog modula. Krajnji izvodi svakog FN niza prema DC strani invertera spojeni su fleksibilnim dvostruko izoliranim solarnim kabelom PV1-F, koji ima jednožilni bakreni vodič obložen kositrom, presjeka 4 milimetara kvadratnih (mm²). Ovi kabeli namijenjeni su za uporabu u FN sustavima za razvod instalacije na DC strani. Otporni su na atmosferske utjecaje, ozon, UV zračenje kao i na vremenske utjecaje te su prikladni za vanjsku montažu [6].

Na krajnje izvode DC kabela montirani su MC4 NINGBO PV-GZX1500 konektori koji su jednokontaktni konektori i koriste se kao standardni konektori, isključivo za spajanje fotonaponskih modula. Konektori dolaze u dvije varijante, kao što je prikazano na slici 4.25., kao utikač i kao utičnica konektor. Na FN modulu utikač je montiran na pozitivan (+ pol) kabela, dok je utičnica montirana na negativan (- pol) kabela. Vodootporni su (IP67) i mogu se koristiti na otvorenom [12].



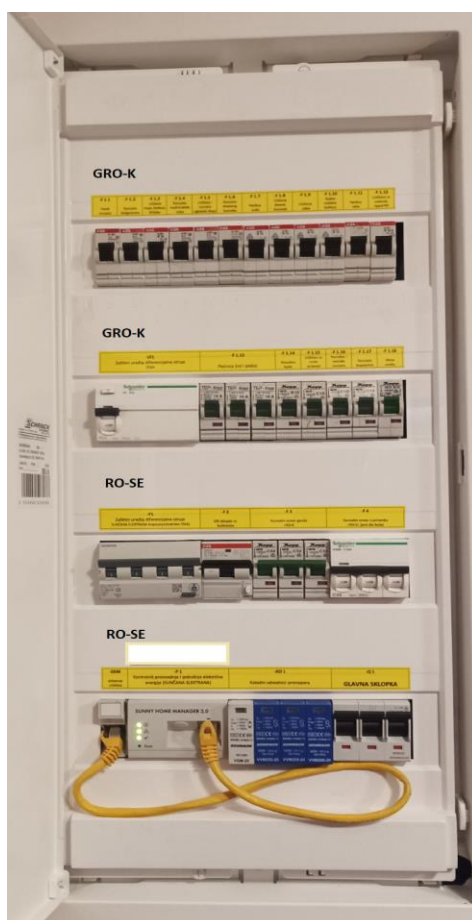
Slika 4.25. MC4 konektor

AC – strana: izlaz invertera spojen je kabelom FG16OR16 (5x4mm²) u razvodni ormar-solarna elektrana (RO-SE). Razvod AC kablanske trase u prizemnom djelu kuće unutar objekta postavljan je u plastične kablanske kanale i cijevi. Sabirnica uzemljenja u +RO-SE spojena je na postojeći temeljni uzemljivač objekta kabelom H07V-K (P/F), presjeka 10 mm².

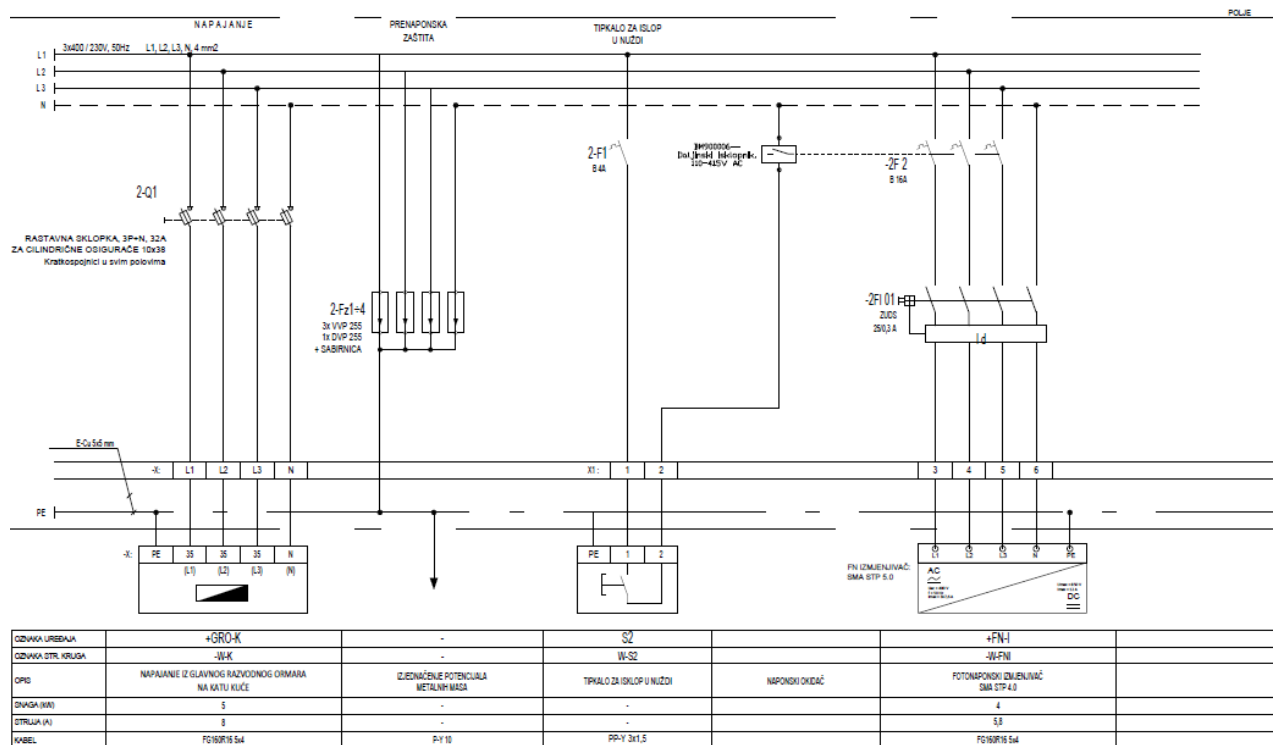
Inverter je na local area network (LAN) mrežu povezan mrežnim kabelom Cat6e S/FTP. DC kabeli izvoda FN modula kao i krajnji izvodi nizova na krovu, postavljeni su po utorima nosivih aluminijskih profila i pričvršćeni vezicama za iste. Na ostalim dijelovima kablanskih trasa svi kabeli postavljeni su u plastične kablanske kanale i cijevi, nadžbukno ili podžbukno ovisno o tehničkim uvjetima [6].

4.5 Razvodni ormar solarne elektrane (+RO-SE)

Razvodni ormar-solarne elektrane (+RO-SE) nalazi se u glavnom razvodnom ormaru-kat (GRO-K) kao odvojeno polje sa vidljivo označenim elementima. Na slici 4.26. prikazan je GRO-K sa odvojenim +RO-SE poljem, dok je na slici 4.27. prikazana tropolna shema +RO-SE polja.



Slika 4.26. GRO-K sa dograđenim poljem (+RO-SE) za predmetnu solarnu elektranu



Slika 4.27. Tropolna shema razvodnog ormara +RO-SE [6]

4.6 Zaštita strujnih krugova solarne elektrane i zaštita od električnog udara

Zaštitne komponente omogućuju automatsko isključivanje sustava dođe li do preopterećenja ili kratkog spoja ili kod ručnog isključivanja sustava u slučaju potrebe održavanja ili nužnog isklopa postrojenja.

Sam izmjenjivač ima ugrađenu zaštitu DC i AC strujnih krugova i sastoji se od elektroničke zaštite kratkog spoja fotonaponskog niza, podnaponsku, prenaponsku, frekvencijsku zaštitu, kao i limitator struje na izlaznom AC dijelu te zaštitu u slučaju ispada mrežnog napajanja.

Za zaštitu AC strujnih krugova od indirektnog dodira na izlazu invertera ugrađen je četveropolni zaštitni uređaj diferencijalne struje nazivne struje 25 (A), struje greške 30 mA, smješten u +RO-SE polju. Nadstrujna zaštita izlaza elektrane odnosno kabela od invertera do +RO-SE izvedena je tropolnim automatskim prekidačem nazivne struje 16 (A), s naponskim okidačem preko isklonog tipkala koje je postavljeno kod glavnog ulaza u stambeni prostor. Za zaštitu od prenapona ugrađeni su odvodnici prenapona tipa II.

Sami FN moduli pojedinačno zbog relativno malog napona koji generira svaki modul (max 40 VDC) ne predstavljaju opasnost. Spojni DC solarni kabeli, ovisno o broju spojenih FN-skih modula u nizu, mogu biti izvor previsokog napona na DC strani te je za iste korištena pojačana mjera zaštite, polaganjem kabela u izolacijske PVC cijevi [6].

4.7 Uzemljenje i izjednačenje potencijala

Svi metalni dijelovi konstrukcije za montažu FN modula galvanski su povezani vodičem H07V-K (P/F) presjeka 10 mm² i uzemljeni na sabirnicu uzemljenja u +RO-SE, koja je opet preko sabirnice uzemljenja GRO-K vodičem H07V-K (P/F) presjeka 10 mm² spojena na temeljni uzemljivač objekta [6].

4.8 Dvosmjerno digitalno brojilo

Kod priključka na distribucijsku NN mrežu, kućanstva sa solarnom FN elektranom spojenom na strani instalacije (korisnika mreže), od strane Hrvatska elektroprivreda-operator distribucijskog sustava (HEP-ODS) izvršena je izmjena postojećeg električnog mjernog brojila novim, dvosmjernim digitalnim mjernim brojilom, koje mjeri prolaz energije u oba smjera.

5 Zakonodavni okvir za instaliranje solarne elektrane u kućanstvu

Ugradnjom FN solarne elektrane na krov obiteljske kuće vlasnik objekta postaje proizvođač električne energije, gdje se proizvedena električna energija iz solarne elektrane troši za vlastite potrebe kućanstva dok se eventualni višak proizvedene energije predaje u mrežu.

Zakonodavni okvir za instalaciju solarne elektrane u kućanstvu definiran je Zakonom o obnovljivim izvorima i visokoučinkovitoj kogeneraciji: Narodne novine 138/21 u poglavlju VIII, članak 51.

Definirane su dvije kategorije krajnjih kupaca koji unutar svoje instalacije imaju priključenu solarnu fotonaponsku elektranu i proizvode električnu energiju [13]:

- kupac s vlastitom proizvodnjom
- korisnik postrojenja za samoopskrbu

U istom zakonu propisani su uvjeti koje treba zadovoljiti za navedene kategorije, kao što su [13]:

- snaga instalirane solarne FN elektrane u smjeru preuzimanja/isporuke ne prelazi priključnu snagu OMM
- ostvareno pravo trajnog priključka na mrežu i građevina se smatra jednostavnom
- preuzimanje/isporuka energije preko istog OMM

Kategorija „korisnik postrojenja za samoopskrbu“ odnosi se isključivo na kućanstva (samoopskrba) te je kao takva kategorija bitna za temu ovog završnog rada, dok se kategorija „kupac s vlastitom proizvodnjom (proizvođač)“ može odnositi na sve kategorije kupaca, kao što su pravne osobe, poduzetništvo kojima se u startu i dodjeljuje ova kategorija, ali i kućanstvo u slučaju da se izgubi status kupac korisnik postrojenja za samoopskrbu.

Razlika između kategorija je u uvjetima otkupa i mjesečnom načinu obračuna isporučene električne energije u mrežu opskrbljivača i omjeru preuzete/isporučene energije. U kategoriji vlastite proizvodnje nema netiranja (kompenziranja) kWh preuzete/predane električne energije [14].

5.1 Kupac s vlastitom proizvodnjom

U ovoj kategoriji sva preuzeta električna energija iz mreže plaća se po punoj cijeni kao da nema instalirane solarne elektrane, dok se za predani višak u mrežu, koji u trenutku proizvodnje nije potrošen u kućanstvu, izdaje račun za naplatu predanog viška električne energije nekom od dionika s kojim se ima sklopljen ugovor o otkupu viškova. U ovoj kategoriji ugovor o prodaji viškova predanih u mrežu može se sklopiti i s nekim drugim dionikom na tržištu, neovisno o opskrbljivaču od kojeg se kupuje energija za potrebe kućanstva.

Uz navedeno postoji i obaveza otvaranja žiro računa na koji će ugovorni otkupljivač energije isplaćivati novčana sredstva za otkupljenu energiju, upis u Registar poreznih obveznika te vođenje poslovnih knjiga i na kraju godine predati poreznu prijavu s ostvarenim prihodima od "samostalne djelatnosti" te se na taj ostvareni prihod plaća porez na dohodak [15].

Isporučeni višak električne energije u mrežu obračunava se prema zakonom određenim modelima obračuna za energiju isporučenu u mrežu kao što prikazuje slika 5.1.

$$C_i = 0,9 * PKC_i,$$

ako za obračunsko razdoblje i vrijedi $E_{pi} \geq E_{ii}$

$$C_i = 0,9 * PKC_i * E_{pi} / E_{ii},$$

ako za obračunsko razdoblje i vrijedi $E_{pi} < E_{ii}$

pri čemu je:

E_{pi} – ukupna električna energija preuzeta iz mreže od strane kupca unutar obračunskog razdoblja i , izražena u kn/kWh;

E_{ii} – ukupna električna energija isporučena u mrežu od strane proizvodnog postrojenja u vlasništvu kupca, unutar obračunskog razdoblja i , izražena u kn/kWh;

PKC_i – prosječna jedinična cijena električne energije koju kupac plaća opskrbljivaču za prodanu električnu energiju, bez naknada za korištenje mreže te drugih naknada i poreza, unutar obračunskog razdoblja i , izražena u kn/kWh.

Slika 5.1. Obračun otkupa električne energije-krajnji kupac s vlastitom proizvodnjom [14]

Ova kategorija u pravilu nije isplativa za kućanstva budući da nema netiranja isporučene/preuzete energije te zbog nepovoljnog načina obračuna. Cijena isporučenom kWh-u u mrežu pada, osobito ako se više energije isporuči nego što se preuzme iz mreže (Epi/Eii), samim time ostvaruje se mala otkupna cijena za predani kWh u mrežu. Jedina ušteda je u direktnoj potrošnji u trenutku kada je energija proizvedena.

5.2 Korisnik postrojenja za samoopskrbu

Ovom kategorijom potiče se izgradnja malih solarnih FN elektrana u kućanstvu pri čemu je uvedena povoljna kompenzacija preuzete energije proizvedenom ali je na neki način ograničena proizvodnja i snaga instalirane FN elektrane. Korisnik postrojenja za samoopskrbu distribucijsku mrežu koristi kao „bateriju“ na način da se proizvedena električna energija koja se u trenutku proizvodnje ne potroši u kućanstvu isporučuje u distribucijsku mrežu (deponira) i koristi se u trenutku kada je taj mjesec korisniku potrebna [14].

U ovoj kategoriji može se ostvariti višak ili pak manjak energije u pojedinoj tarifi, koji se netira (kompenzira) u 100% iznosu (1 kWh preuzete iz mreže za 1 kWh isporučene u mrežu) unutar mjesečnog obračuna. Netiranje se svodi na to da se kWh koji se preuzme iz mreže u potpunosti pokriva isporučenim viškom kWh-i u mrežu u omjeru 1:1 (kWh). Obračunsko razdoblje za netiranje je jedan mjesec.

Eventualni višak kWh koji ostaje nakon netiranja na kraju mjesečnog obračunskog razdoblja, od strane opskrbljivača preračunava se u novčanu vrijednost (€) i plaća od strane opskrbljivača po tarifi u kojoj je višak predan. Taj novčani iznos od minimalno 80% ($\times 0,8$) čiste cijene kWh bez naknada, mrežarina i poreza, kao što je prikazano na slici 5.2. akumulira se kao novčana preplata. Akumulirana novčana preplata iskazuje se na mjesečnom računu te se koristi za umanjene mjesečnog računa u mjesecima kad nema dovoljno proizvodnje da pokrije potrošnju kućanstva, odnosno kada nema viška na razini mjeseca.

Posebno je potrebno obratiti pažnju da na godišnjoj razini, unutar kalendarske godine (od 01.01. – 31.12.), nema više isporučene energije u mrežu nego preuzete iz mreže i da se akumulirani novčani iznos utroši do kraja kalendarske godine. U protivnom se gubi status samoopskrbe i automatizmom se prelazi u kategoriju „proizvođač“, odnosno krajnji kupac s vlastitom proizvodnjom [14].

Ako je na kraju obračunskog razdoblja (mjesečno) količina radne energije isporučena u mrežu u pojedinoj tarifi veća od preuzete, taj višak proizvedene električne energije opskrbljivač je dužan preuzeti po cijeni:

$$CiVT = 0,8 * CpVT$$

$$CiNT = 0,8 * CpNT$$

CpVT [kn/kWh] - cijena ukupne električne energije preuzete iz mreže od strane krajnjeg kupca unutar obračunskog razdoblja, za vrijeme trajanja više dnevne tarife

CpNT [kn/kWh] - cijena ukupne električne energije preuzete iz mreže od strane krajnjeg kupca unutar obračunskog razdoblja, za vrijeme trajanja niže dnevne tarife

CiVT [kn/kWh] - cijena ukupne električne energije isporučene u mrežu od strane proizvodnog postrojenja u vlasništvu krajnjeg kupca unutar obračunskog razdoblja, za vrijeme trajanja više dnevne tarife

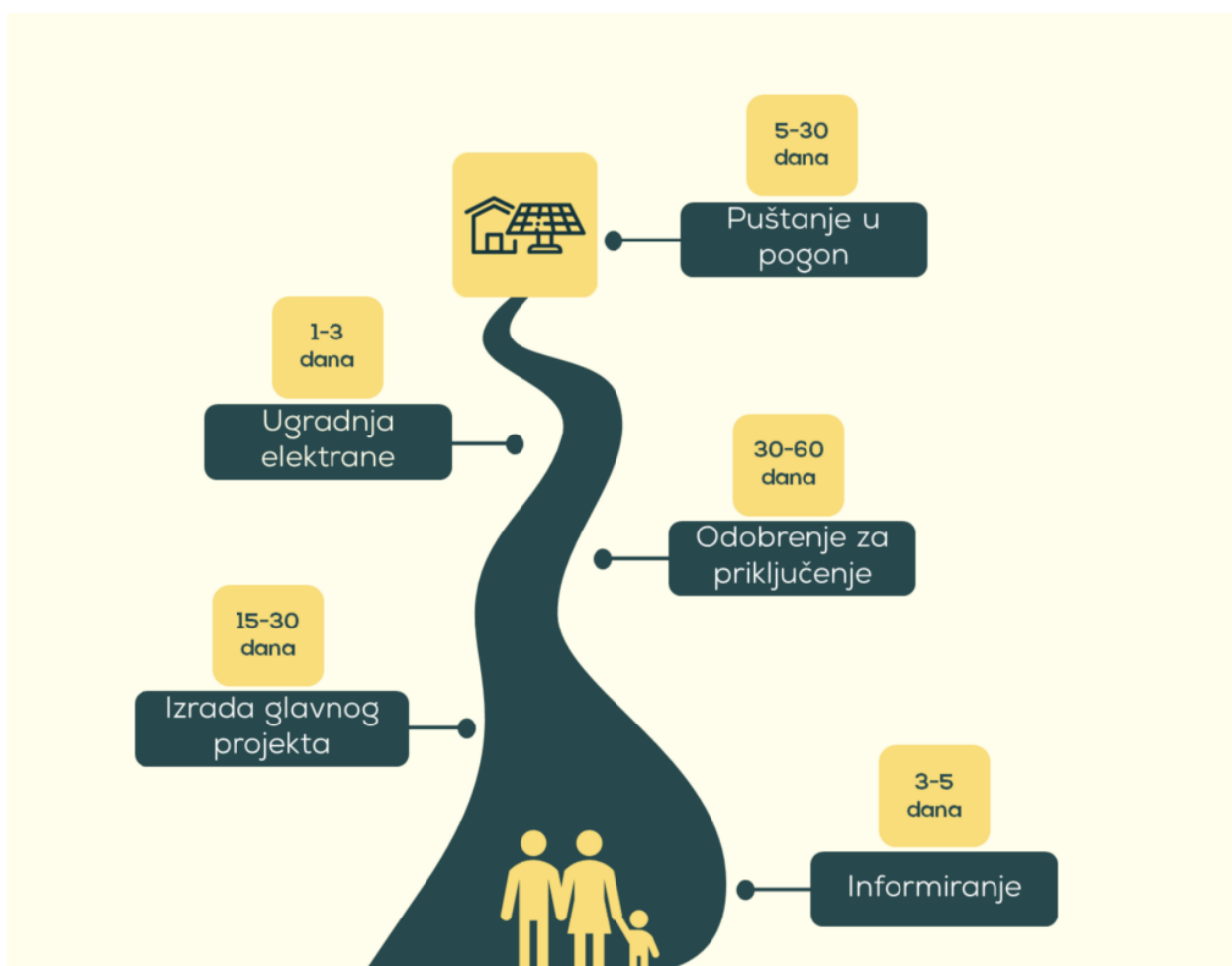
CiNT [kn/kWh] - cijena ukupne električne energije isporučene u mrežu od strane proizvodnog postrojenja u vlasništvu krajnjeg kupca unutar obračunskog razdoblja, za vrijeme trajanja niže dnevne tarife

Slika 5.2. Obračun otkupa električne energije - korisnik postrojenja za samoopskrbu [14]

6 Postupak izrade potrebne dokumentacije i ishoda izdavanja dozvola za izgradnju - tijek radnji koje prethode realizaciji instaliranja predmetne solarne elektrane

Uz zadovoljenje osnovnih tehničkih preduvjeta vezanih za sam objekt na kojem je instalirana solarna elektrana, kao što su povoljna orijentacija objekta, nagib i površina krova, vrsta priključka na elektroenergetsku mrežu te zakupljena snaga OMM, potrebno je ispuniti i uvjete izrade potrebne dokumentacije i ishoda izdavanja dozvola za izgradnju iste. U ovom poglavlju navedena je potrebna dokumentacija koja se zahtijeva u pojedinim fazama, bilo kod projektiranja solarne elektrane ili priključenja proizvodnog postrojenja na kućnu instalaciju od strane HEP-ODS-a.

Na slici 6.1. prikazan je osnovni tijek radnji koje prethode realizaciji instaliranja solarne elektrane.



Slika 6.1. Tijek realizacije solarne elektrane [15]

6.1 Informiranje i prikupljanje potrebne dokumentacije

Kao prvi korak kod odluke o instaliranju solarne FN elektrane na krov obiteljske kuće neophodno je biti dobro informiran. Razumjeti osnovnu terminologiju o solarnim FN elektranama na obiteljskoj kući, razlozima odnosno ciljevima instaliranja iste, kao i raspolagati osnovnim informacijama o samom objektu gdje se planira instaliranje solarne elektrane. Najviše relevantnih informacija možemo dobiti kod projektanta, instalatera sustava ili kod nekog tko već ima instaliranu solarnu FN elektranu pa je prošao kroz sam postupak.

Prije odluke o instaliranju solarne FN elektrane, bitno je znati potrošnju energije kućanstva kako bi se kvalitetno dimenzionirao sustav. Osnovni uvjet za ugradnju solarne FN elektrane na krov kuće je vlasništvo ili suvlasništvo objekta na kojem se instalira solarna FN elektrana te vlasništvo OMM. Objekt mora imati potrebnu dokumentaciju iz koje je vidljivo da je legaliziran odnosno ima uporabnu dozvolu što je propisano Zakonom o gradnji "Narodne novine" broj 153/13, 20/17, 39/19, 125/19. [16]

Neke osnovne informacije kojima trebamo raspolagati kod posjeta odabranom projektantu koji radi projektnu elektrotehničku dokumentaciju bile bi:

- lokacija objekta te orijentacija krovnih površina objekta
- raspoloživa površina krova
- moguća zasjenjenja (drveća, susjedna kuća, dimnjaci)
- informacije o električnom priključku kuće
- preferirani proizvođači pojedinih komponenti solarnog sustava
- trenutna potrošnja električne energije kućanstva te eventualno planirana buduća potrošnja kućanstva

6.2 Dokumentacija za izradu elektrotehničkog projekta solarne elektrane

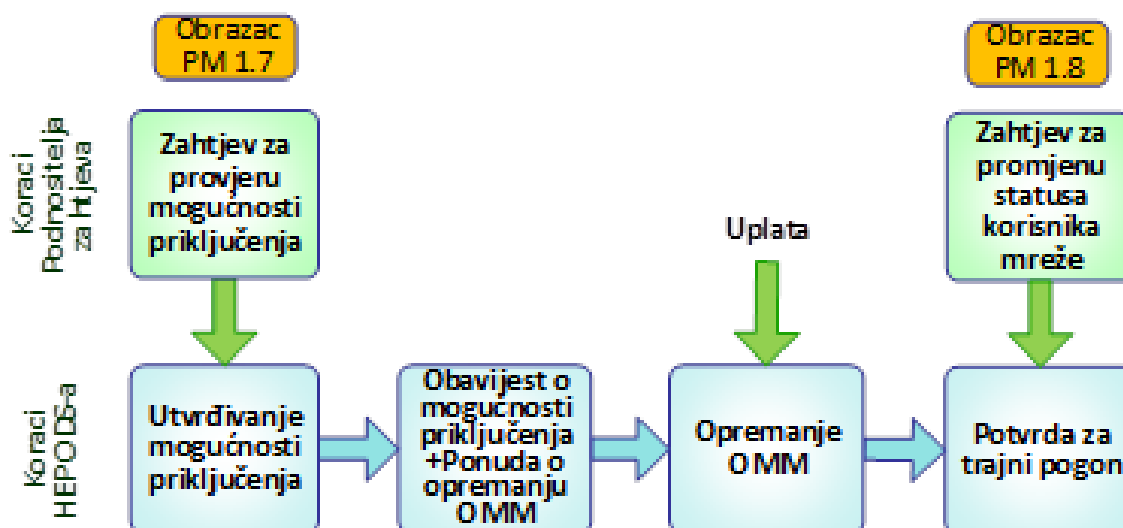
Nakon odabira ovlaštenog projektanta za izradu glavnog elektrotehničkog projekta, istom je potrebno dostaviti dolje navedenu dokumentaciju [15]

- Dokaz o zakonitosti objekta na kojem će biti instalirana solarna FN elektrana
- Zemljišno knjižni izvadak
- Odobrenje konzervatora ako je objekt na kojem se instalira solarna FN elektrana zaštićeno kulturno dobro
- Potrošnja električne energije kućanstva na godišnjoj razini (energetska kartica ili godišnji računi za struju)

- Vrsta priključka i snaga priključka (Elektroenergetska suglasnost)
- Tlocrt i skica krova sa mjerama istog ili građevinski projekt objekta
- Fotografije objekta i krova na kojem se planira instaliranje solarne FN elektrane

6.3 Proces priključenja instalirane solarne elektrane

Priključenje solarne FN elektrane u nadležnosti je HEP-ODS. Priključenje za kućanstvo ograničeno je do iznosa zakupljene priključne snage OMM. Za kućanstva s jednofaznim priključkom ograničenje AC snage invertera solarne elektrane prema NN mreži je 3,68 kW, dok je za kućanstvo s trofaznim priključkom moguće instalirati solarnu FN elektranu prema zakupljenoj snazi priključka. Vlasnik treba proći kroz postupak koji se provodi prema koracima definiranim od strane HEP-ODS kao što je prikazano na slici 6.2.



Slika 6.2. Postupak priključenja solarne elektrane na postojeću instalaciju [17]

Proces se sastoji od koraka podnositelja zahtjeva (vlasnik solarne FN elektrane) i radnji od strane HEP-ODS [17]:

- Podnošenje zahtjeva za provjeru mogućnosti priključenja proizvodnog postrojenja

Vlasnik solarne elektrane podnosi zahtjev temeljem popunjenog obrasca (PM 1.7.) koji je dostupan na web stranici:

https://www.hep.hr/ods/UserDocsImages/vazeci_obrasci/PM1.7.Zahtjev_za_provjeru_mogucnosti_prikljucenja_kucanstva_s_vl.%20proizv.pdf

- Izdavanje obavijesti o mogućnosti priključenja i prijedlog novog ugovora o korištenju mreže. (HEP-ODS prema mjestu stanovanja izlazi na teren, provjerava mogućnost priključenja i očituje se o predanom zahtjevu)
- Ponuda za opremanje OMM (HEP-ODS izdaje ponuda koja se odnosi na zamjenu postojećeg brojila novim dvosmjernim brojilom)
- Uplata troškova za opremanje OMM
- Izvođenje radova na OMM (zamjena postojećeg brojila novim dvosmjernim s mjerenjem energije u smjeru predaje i smjeru preuzimanja energije iz mreže)
- Podnošenje zahtjeva za promjenu statusa korisnika mreže

Vlasnik solarne elektrane podnosi zahtjev temeljem popunjenog obrasca (PM 1.8.) koji je dostupan na web stranici:

https://www.hep.hr/ods/UserDocsImages/dokumenti/Obrasci/Pristup_mrezi/PM_1.8.Zahtjev_za_promjenu_statusa_kucanstva_s_vl._proizv%20.pdf

- Sklapanje novog ugovora o korištenju mreže
- Izdavanje potvrde za trajni pogon i potvrde o promjeni statusa korisnika mreže (nakon što su zadovoljeni svi gornji koraci i solarna elektrana je instalirana, HEP-ODS dostavlja potvrdu o promjeni statusa korisnika mreže i potvrdu za trajni pogon)

Uz sve gore navedeno kod ishođenja priključenja solarne FN elektrane, potrebno je u pojedinim koracima priložiti dokumentaciju ovlaštenog projektanta (glavni elektrotehnički projekt), izvođača radova (mjerjenja i ispitivanja) te valjane certifikate za ugrađenu opremu.

Potrebna dokumentacija prilikom ishođenja gore navedenih koraka je:

- Glavni ili izvedbeni elektrotehnički projekt solarne elektrane
- Certifikat za ugrađenu opremu elektrane
- Izjava ovlaštenog projektanta da je projekt izrađen u skladu sa svim tehničkim uvjetima i važećim propisima
- Potvrda o uporabljivosti izvedene električne instalacije HEP ODS
- Izjava o završnom pregledu i ispitivanju električne instalacije

Nakon realizacije svega navedenog u ovom poglavlju, odnosno dobivene potvrde za trajni pogon od strane HEP-ODS, instalirana solarna FN elektrana može započeti s radom.

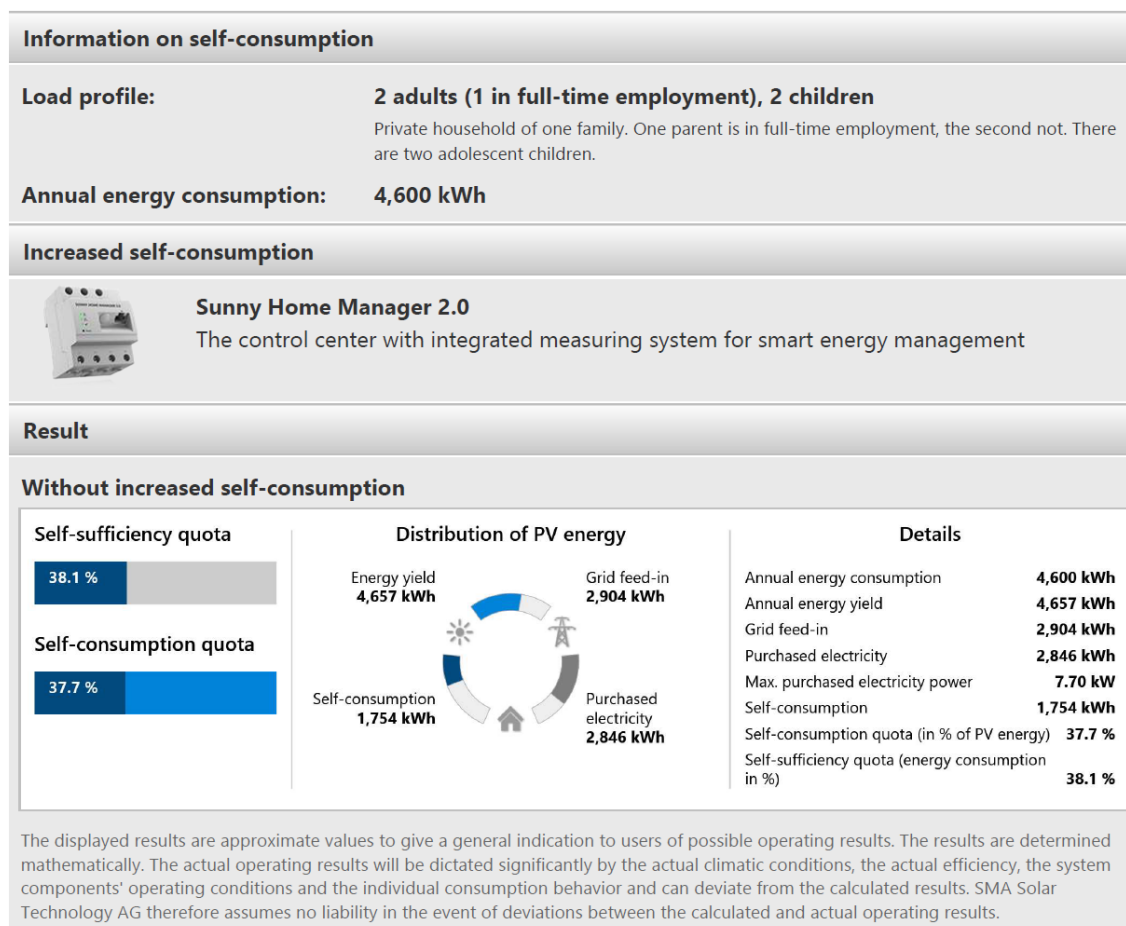
7 Podaci o radu predmetne solarne fotonaponske elektrane u trajnom pogonu i analiza dobivenih podataka

U ovom poglavlju analiziraju se podaci rada instalirane solarne elektrane dobiveni očitanjem na internet portalu Sunny Portal te vrši usporedba s podacima očitavanja brojila od strane opskrbljivača HEP Elektra.

7.1 Procjena očekivane proizvodnje predmetne solarne fotonaponske elektrane

Prema projektnoj dokumentaciji procjena očekivane proizvodnje predmetne solarne elektrane nazivne snage 4 kW, na razini godine dobivena simulacijom u SMA internet alatu Sunny Design iznosi 4657 kWh. Udio samoopskrbe prema simulaciji iznosi 1754 kWh, a udio električne energije isporučene u vanjsku mrežu iznosi 2904 kWh, dok bi udio električne energije preuzete iz mreže iznosio 2846 kWh [18].

Slika 7.1. u nastavku prikazuje predviđenu godišnju energetska bilancu predmetne solarne elektrane dobivenu simulacijom u SMA internet alatu Sunny Design.



Slika 7.1. Predviđena godišnja energetska bilanca predmetne solarne elektrane

Očekivana mjesečna bilanca predmetne solarne elektrane u kWh za proizvodnju, samoopskrbu, isporučenost u vanjsku mrežu, preuzimanje iz vanjske mreže, prikazana je na slici 7.2.

Očekivano, proizvodnja energije solarne FN elektrane najveća je u srpnju, kad je i srednja dnevna ozračenost najviša i iznosila bi 643 kWh, a najmanja proizvodnja u prosincu iznosila bi 116 kWh. Iz dobivenih podataka prosječna mjesečna proizvodnja iznosila bi 388 kWh.

Obzirom da su podaci dobiveni simulacijom na računalu u SMA alatu Sunny Design, postoji mogućnost odstupanja istih od stvarne proizvodnje instalirane solarne elektrane [18].

Month	Energy yield [kWh]	Self-consumption [kWh]	Grid feed-in [kWh]	Purchased electricity [kWh]
1	154 (3.3 %)	94	60	330
2	271 (5.8 %)	131	140	257
3	392 (8.4 %)	171	220	231
4	462 (9.9 %)	178	283	214
5	614 (13.2 %)	202	412	169
6	608 (13.1 %)	176	432	172
7	643 (13.8 %)	198	446	164
8	584 (12.5 %)	189	394	172
9	379 (8.1 %)	113	266	191
10	281 (6.0 %)	136	144	275
11	155 (3.3 %)	88	67	326
12	116 (2.5 %)	76	40	345

Slika 7.2. Očekivana mjesečna bilanca (Proizvodnja, Samoopskrba, Predano u vanjsku mrežu, Preuzeto iz vanjske mreže)

7.2 Podaci proizvodnje solarne elektrane (SMA Sunny Portal)

SMA Sunny portal je Internet portal za nadzor, vizualizaciju i prezentaciju podataka instaliranog FN sustava.

Solarna elektrana s dozvolom za trajni pogon puštena je u rad polovicom 8. mjeseca, tako da se ne može pratiti proizvodnja na godišnjoj razini. Zbog jednostavnosti usporedbe podataka u analizu su uzeti samo cijelo mjesečni podaci, odnosno 9./10./11./12. mjesec u 2022. godini i 1./2./3. mjesec u 2023. godini.

SMA Sunny Home Manager ne mjeri energiju po tarifnim modelima, ne odvaja VT i NT, stoga su podaci u tablicama 7.1. i 7.2. za isporučenu/preuzetu električnu energiju kao kod očitavanja za jedinstveni tarifni model (JT), odnosno VT+NT.

Sunny Home Manager očitava energetske vrijednosti i određuje vrijednosti snage te ih šalje na internet portal Sunny Portal gdje se obrađuju. Zbog vremenskih odstupanja tijekom prijenosa energetske vrijednosti može se dogoditi da izvedene vrijednosti snage u kWh odstupaju u djelu podataka isporučene/preuzete energije i vlastite potrošnje od stvarnih [19].

Tablica 7.1. Očitavanja sa SMA Sunny portal za 2022 godinu

	Očitavanje: SMA Sunny portal						Očitavanje brojila: HEP ELEKTRA	
2022	Proizvodnja solarne elektrane	Samoopskrba	Isporučeno u mrežu	Preuzeto iz mreže (Vanjska opskrba)	Razlika Isporučeno - Preuzeto	Ukupna potrošnja kućanstva	Isporučeno u mrežu	Očitavanje HEP Preuzeto iz mreže
R.b.	1	2	3	4	6	7	8	9
	2+3				3-4	2+4		
Mjesec	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
9	442	135	307	290	17	425	259	250
10	385	126	259	329	-70	454	274	343
11	162	74	88	400	-312	474	94	405
12	131	59	72	370	-298	430	78	375
Zbroj	1120	394	726	1389		1783	705	1373
		2+3				2+9		
		1120				1767		

Prema rezultatima proizvodnje predmetne solarne elektrane za posljednja 4 mjeseca u 2022. godini dobivenih očitanjem na internet portalu Sunny Portal, ukupna proizvodnja solarne elektrane iznosila je 1120 kWh. Prema projektnim podacima dobivenim simulacijom na računaru u alatu Sunny Design, predviđena proizvodnja za navedene mjesece iznosila bi 931 kWh (slika 7.2.) što je 189 kWh, odnosno 20,3 % manje od stvarne proizvodnje instalirane solarne elektrane $((189/931)*100)$.

Tablica 7.2.: Očitavanja sa SMA Sunny portal za 2023. godinu

Očitanje: SMA Sunny portal							Očitanje brojila: HEP ELEKTRA	
2023	Proizvodnja solarne elektrane	Samoopskrba	Isporučeno u mrežu	Preuzeto iz mreže (Vanjska opskrba)	Razlika Isporučeno - Preuzeto	Ukupna potrošnja kućanstva	Isporučeno u mrežu	Preuzeto iz mreže
R.b.	1	2	3	4	6	7	8	9
Mjesec	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
	2+3				3-4	2+4	VT+NT	VT+NT
1	158	66	92	386	-294	452	97	390
2	295	82	213	280	-67	362	220	286
3	439	104	335	237	98	341	344	248
Zbroj	892	252	640	903		1155	661	924
		2+3				2+9		
		892				1176		

Prema rezultatima proizvodnje predmetne solarne elektrane za prva 3 mjeseca u 2023. godine, dobivenih očitanjem na internet portalu Sunny Portal, ukupna proizvodnja solarne elektrane iznosila je 892 kWh. Prema projektnim podacima dobivenim simulacijom na računalu u alatu Sunny Design, predviđena proizvodnja za navedene mjesece iznosila bi 817 kWh (slika 7.2.) što je 75 kWh, odnosno 9,18% manje od stvarne proizvodnje instalirane solarne elektrane $((75/817)*100)$.

Slika 7.3. s internet portala Sunny Portal prikazuje graf usporedbe proizvodnje za 2022. i 2023. godinu.



Slika 7.3. Usporedba proizvodnje predmetne solarne elektrane u 2022. i 2023. godini

Podaci očitavanja dvosmjernog brojila opskrbljivača i podaci s internet portala Sunny Portal razlikuju se u djelu mjerenja isporučene/preuzete energije iz mreže, vjerojatno iz prije navedenih razloga, odnosno zbog vremenskih odstupanja tijekom prijenosa energetske vrijednosti od invertera i Sunny Home Managera do internet portala Sunny Portal. Ukupni tokovi energije su unatoč nepodudarnostima ipak u granicama odstupanja +/- 5%, pošto Sunny Home Manager nije umjeren mjerni instrument za razliku od dvosmjernog brojila HEP Elektre.

7.3 Podaci očitavanja brojila od strane HEP-ELEKTRA d.o.o. - netiranje

Za analizu podataka uzeti su obračuni po mjestu potrošnje OMM od HEP ELEKTRA d.o.o kao ugovornog opskrbljivača električnom energijom.

Tablica 7.3.: Tablica očitavanja brojila za 2022. godinu, nakon dobivanja dozvole za trajni pogon solarne elektrane

Očitavanje dvosmjernog brojila HEP ELEKTRA (mjesečni računi-2022)								
2022	Isporučeno u mrežu	Isporučeno u mrežu	Netirano u (VT) tarifi	Plaćeno u (NT) tarifi	Razlika višak ili manjak	Očitavanje brojila HEP	Očitavanje brojila HEP	Račun za el. energiju
R.b.	1	2	3	4	5	6	7	8
	Isporučeno				(1 - 6)	Preuzeto iz mreže		Iznos
<u>Tarifa</u> Mjesec	(VT) kWh	(NT) kWh	(VT) kWh	(NT) kWh	kWh	(VT) kWh	(NT) kWh	€
9	258	1	121	128	137	121	129	4,67
10	274	0	190	153	84	190	153	10,48
11	94	0	94	197	-114	208	197	37,26
12	78	0	78	193	-104	182	193	35,34
	704	1	483	671	3	701	672	
	705					1373		87,75

Tablica 7.4.: Tablica očitavanja brojila za 2023. godinu, nakon dobivanja dozvole za trajni pogon solarne elektrane

Očitavanje dvosmjernog brojila HEP ELEKTRA (mjesečni računi-2023)								
2023	Isporučeno u mrežu	Isporučeno u mrežu	Netirano u (VT) tarifi	Plaćeno u (NT) tarifi	Razlika višak ili manjak	Očitavanje brojila HEP	Očitavanje brojila HEP	Račun za el. energiju
R.b.	1	2	3	4	5	6	7	8
	Isporučeno				(1 - 6)	Preuzeto iz mreže		Iznos
<u>Tarifa</u> <u>Mjesec</u>	(VT) kWh	(NT) kWh	(VT) kWh	(NT) kWh	kWh	(VT) kWh	(NT) kWh	€
1	97	0	97	193	-100	197	193	34,72
2	220	0	220	164	98	122	164	10,59
3	344	0	344	143	239	105	143	0,40
	661	0	661	500	237	424	500	
	661					924		45,71

U stupcu 3 tablica dati su podaci sa mjesečnih obračuna opskrbljivača za VT iz čega je vidljivo netiranje isporučene energije u mrežu. Sva proizvedena energija solarne elektrane koja u trenutku proizvodnje nije potrošena u kućanstvu (samoopskrba), isporučena je u mrežu te je na kraju mjesečnog obračunskog razdoblja netirana, odnosno količina preuzete energije iz mreže zamijenjena je količinom isporučene energije u mrežu u istoj tarifi. Ako ostane višak kWh nakon netiranja isti se plaća od strane opskrbljivača. U pravilu, u kasnu jesen i zimskim mjesecima gotovo da u NT nema isporučene energije u mrežu, već je istu potrebno preuzeti iz mreže, dakle nema se što netirati u NT što je vidljivo u stupcu 4 tablice.

Za količinu isporučene električne energije u mjesečnom obračunskom razdoblju, koja ostane nakon netiranja, otkupna cijena koju opskrbljivač HEP-Elektra d.o.o plaća potrošaču u kategoriji korisnik postrojenja za samoopskrbu, za tarifni model „Bijeli“ je minimalno 80% od cijene električne energije koje kućanstvo plaća opskrbljivaču za preuzetu energiju iz mreže, te prema trenutno važećoj vrijednosti iznosi [19]:

- $C_{iVT} = 0,059831 \text{ €/kWh}$
- $C_{iNT} = 0,029358 \text{ €/kWh}$

Otkupna cijena za „Plavi“ tarifni model:

- $C_{iVT} = 0,056221 \text{ €/kWh}$

U stupcu 5 tablice prikazana je razlika isporučene/preuzete energije u tarifi nakon netiranja, odnosno višak koji plaća opskrbljivač ili manjak električne energije, koji plaća korisnik u nedostatku viška, nakon netiranja. Ako je predznak broja pozitivan, akumuliran je višak kWh isporučene u odnosu na preuzetu električnu energiju i tada opskrbljivač plaća taj višak za koji na kraju mjeseca umanjuje iznos računa. Ako je predznak broja negativan (-), to je količina kWh koje potrošač mora platiti u tarifi taj mjesec, jer isporučeno ne pokriva preuzeto iz mreže. Iz istog je vidljivo da je u devetom i desetom mjesecu 2022. godine te drugom i trećem mjesecu 2023. godine ostvaren višak isporučene energije povrh netiranja koji je plaćen od strane opskrbljivača te je za taj novčani iznos umanjeno iznos istog mjesečnog računa.

Opskrbljivač izdaje mjesečni račun, na kojem je navedeno koliko je iz distribucijske mreže preuzeto kWh i koliko je u mrežu isporučeno kWh. Ovo je važno za praćenje stanja preuzete/isporučene električne energije, kako na kraju godine količina isporučene električne energije ne bi bila veća od preuzete u mrežu i samim time automatizmom bili prebačeni iz kategorije „korisnik postrojenja za samoopskrbu“ u nepovoljniju kategoriju „kupac s vlastitom proizvodnjom“.

U prilogima 7.3.1 dati su izvodi mjesečnih računa kućanstva s instaliranom predmetnom solarnom elektranom za obrađene mjesece u 2022. i 2023. godini, s obračunskim stavkama po mjestu potrošnje kao primjer za lakše razumijevanje.

7.4 Analiza mjesečnih troškova za električnu energiju sa i bez instalirane solarne elektrane

U ovom poglavlju, za period od kad je za predmetnu solarnu elektranu ishođena dozvola za trajni pogon, analizirani su podaci i napravljena usporedba mjesečnih troškova električne energije, što je i prikazano u tablici 7.5. Za analizu su uzeti podaci očitavanja dvosmjernog brojila od strane opskrbljivača HEP ELEKTRA i očitavanje samoopskrbe s internet portala Sunny Portal te trenutno važeće cijene električne energije opskrbljivača HEP ELEKTRA d.o.o, distribucije i prijenosa HEP ODS sa svim naknadama. Usporedba je napravljena za bijeli tarifni obračunski model (VT i NT), prema trenutno važećim tarifnim cijenama prikazanim na slici 7.4.

Kategorija		Tarifni model	Tarifni element							
			Radna energija [kWh]						Naknada za opskrbu [Mjesec]	
			JT		VT		NT			
			Tarifne stavke							
		EUR	HRK	EUR	HRK	EUR	HRK	EUR	HRK	
Kućanstvo	Niski napon	Plavi	0,070276 (0,079412)	0,529495 (0,598329)	-	-	-	-	0,982 (1,110)	7,399 (8,361)
		Bijeli	-	-	0,074789 (0,084512)	0,563498 (0,636753)	0,036697 (0,041468)	0,276494 (0,312438)	0,982 (1,110)	7,399 (8,361)
		Crveni	-	-	0,074789 (0,084512)	0,563498 (0,636753)	0,036697 (0,041468)	0,276494 (0,312438)	0,982 (1,110)	7,399 (8,361)
		Crni	0,029000 (0,032770)	0,218501 (0,246906)	-	-	-	-	0,053 (0,060)	0,399 (0,451)

* Iznosi u zagradama prikazuju jedinične cijene uvećane za PDV (stopa 13%, u primjeni od 1. 1. 2017.)

Kategorija kupca		Tarifni model	Radna energija			Obračunska vršna radna snaga [€/kW]	Prekomjerna jalova energija [€/kvarh]	Naknada za obračunsko mjesto [€/m]
			JT [€/kWh]	VT [€/kWh]	NT [€/kWh]			
			Tarifne stavke					
			1	2	3	4	5	6
Kućanstvo	Niski napon	Plavi	0,029199	-	-	-	-	1,540
		Bijeli	-	0,034508	0,015927	-	-	1,540
		Crveni	-	0,022563	0,010618	3,252	-	5,481
		Crni	0,018581	-	-	-	-	0,810

Kategorija kupca		Tarifni model	Radna energija			Obračunska vršna radna snaga [€/kW]	Prekomjerna jalova energija [€/kvarh]	Naknada za obračunsko mjesto [€/m]
			JT [€/kWh]	VT [€/kWh]	NT [€/kWh]			
			Tarifne stavke					
			1	2	3	4	5	6
Kućanstvo	Niski napon	Plavi	0,011945	-	-	-	-	
		Bijeli	-	0,017254	0,006636	-	-	
		Crveni	-	0,006636	0,002654	1,924	-	
		Crni	0,006636	-	-	-	-	

Slika 7.4. Tarifne stavke za opskrbu, distribuciju i prijenos, kupaca kategorije kućanstvo

Tablica 7.5.: Analiza mjesečnih računa za obračun po mjestu potrošnje

Analiza mjesečnih računa opskrbljivača HEP ELEKTRA-tarifni model bijeli (VT i NT)								
Godina	Mjesec	Preuzeto VT	Preuzeto NT	Samoopskrba-VT	(VT)	(NT)	Mjesečni iznos računa bez instalirane solarne elektrane (kalkulator HEP-ELEKTRA)	Mjesečni iznos računa sa instaliranom solarnom elektranom-(račun HEP ELEKTRA)
		(očitanje brojila)	(očitanje brojila)	(očitanje SMA)				
2023		1	2	3	4	5	6	7
		(kWh)	(kWh)	(kWh)	(1+3) kWh	(2) kWh	VT(4) i NT(5)	Sa netiranjem
2023	1	197	193	66	263	193	60,56 €	34,72 €
	2	122	164	102	224	164	51,97 €	10,59 €
	3	105	143	84	189	143	44,69 €	0,40 €
	4	0	0	0	0	0	0,00 €	0,00 €
	5	0	0	0	0	0	0,00 €	0,00 €
	6	0	0	0	0	0	0,00 €	0,00 €
	7	0	0	0	0	0	0,00 €	0,00 €
	8	0	0	0	0	0	0,00 €	0,00 €
2022	9	121	129	135	256	129	54,16 €	4,67 €
	10	190	153	126	316	153	65,66 €	10,48 €
	11	208	197	74	282	197	63,92 €	37,26 €
	12	182	193	59	241	193	57,07 €	35,34 €
	Uk.	1125	1172	646	1771	1172	398,03 €	133,46 €
Iznos svih do sad izdanih računa manji je za: (398,03 - 133,46) = 264,57 Eura.								(264,57/398,03) Ušteda: 66,47%

Podaci očitavanja dvosmjernog brojila za preuzetu električnu energiju iz distribucijske mreže u pojedinim tarifama, od strane opskrbljivača HEP ELEKTRA prikazani su u stupcima 1 i 2.

U stupcu 3 su podaci iz prethodnih analiza očitavanja sa internet portala Sunny Portal koji prikazuju mjesečnu potrošnju kućanstva kao samoopskrba, odnosno električnu energiju koju je kućanstvo potrošilo direktno kod proizvodnje instalirane solarne elektrane, a koju nije trebalo preuzeti iz distribucijske mreže opskrbljivača. Stavka samoopskrba (stupac 3) za potrebe ove analize uzeta je kao VT i zbrojena je s VT iz očitavanja brojila opskrbljivača (stupac 1), tako da stupac 4 predstavlja podatke preuzete energije u VT.

U stupcu 6 prikazani su iznosi mjesečnih računa koje bi kućanstvo platilo da nema instaliranu solarnu FN elektranu, dakle čista potrošnja električne energije u tarifama, bez netiranja.

U stupcu 7 dat je prikaz stvarnih mjesečnih računa koje kućanstvo plaća nakon što je instalirana solarna FN elektrana. To je iznos bez samoopskrbe, pošto je ta energija potrošena direktno u kućanstvu u trenutku proizvodnje i nije prošla kroz brojilo opskrbljivača. U ovoj stavci iznos računa je značajno manji i zbog netiranja, pošto se isporučena energija u mrežu kompenzirala sa preuzetom iz mreže, naplaćen je samo onaj dio energije koji nije pokrila proizvodnja solarne elektrane.

Iz navedenog proizlazi da za obrađenih sedam mjeseci koliko je instalirana solarna elektrana u radu, ukupna ušteda iznosi 264,57 Eura, odnosno 66,47% manje izdataka po računima za električnu energiju, što zbog samoopskrbe i netiranja proizvedene električne energije.

Iznos investicije u predmetnu solarnu elektranu iznosio je približno 1300 Eura po kWp instaliranih FN modula ($1300 \cdot 4,5$), odnosno ukupno 5850 eura. Prema obrađenim podacima za 7 mjeseci rada ispada da je prosječna ušteda po mjesečnom računu za struju ($264,57/7$) 37,8 Eura. Uz pretpostavku da se navedeni prinos ne mijenja, na godišnjem nivou prinos bi iznosio 453,6 Eura uštede. Povrat investicije po toj računici bio bi tek za ($5850/453,6$) 12,9 godina. Obzirom da je ovo sedam „zimskih“ mjeseci solarne elektrane u radu, realno je za očekivati da će instalirana solarna elektrana u narednih pet „ljetnih“ mjeseci imati sve veći prinos, što je vidljivo iz podataka očekivane mjesečne bilance, prikazane na slici 7.2. Samim time povrat investicije bi se značajno smanjio, na otprilike 9-10 godina. Nakon tog razdoblja svaki kWh proizveden i potrošen u kućanstvu ili isporučen u mrežu je neto dobit do kraja vijeka trajanja samog sustava.

8 Zaključak

Uz želju da se osamostalimo u opskrbi energijom ili da pridonosimo energetskej tranziciji, financijski razlozi su često odlučujući. Vrijeme povrata investicije u instaliranu solarnu FN elektranu može varirati ovisno o čimbenicima kao što su cijena električne energije koju plaćamo opskrbljivaču i o tome koliki je udio samoopskrbe. Ako cijena električne energije raste, uz veći udio samoopskrbe proizvedenom električnom energijom, investicija u solarnu elektranu će se brže isplatiti. Značajan utjecaj na stupanj samoopskrbe imaju i osobne navike članova kućanstva kroz optimizaciju potrošnje. Prakticiranje korištenja kućanskih uređaja veće snage, koji zahtijevaju veću potrošnju električne energije u periodu niže tarife (večernjih sati), trebalo bi optimizirati odnosno korištenje istih prilagoditi periodu kada instalirana solarna elektrana proizvodi najviše energije, kroz dan, tako da imamo što veći udio samoopskrbe. Samim time uz viši udio samoopskrbe vlastitom proizvedenom električnom energijom, manja je potreba za preuzimanjem odnosno kupovinom iste iz mreže opskrbljivača te je sustav ekonomičniji i povećava se isplativost instaliranog sustava.

Isto tako korištenjem dostupnih povoljnih programa subvencioniranja, odnosno kroz poticaje za instalaciju solarnih FN modula na krov kuće, može se uz manji udio vlastitih sredstava doći do bržeg povrata investicije.

Ne treba zanemariti učinkovitost samog sustava te možebitne kvarove, eventualno zamjenu pojedinih vitalnih dijelova nakon isteka garancija, odnosno učestalost održavanja istog što opet može dovesti i do produljenja predviđenog roka povrata investicije.

Analizirajući podatke proizvodnje i potrošnje električne energije sa, odnosno bez instalirane predmetne solarne elektrane, gdje su obrađeni podaci za 7 kalendarski „nepovoljnih“ mjeseci, s manjim brojem sunčevih sati od ostalih mjeseci u godini, dolazimo do zaključka kako instalirana solarna elektrana na obiteljskoj kući u Koprivnici ima veliki potencijal za povrat uloženi sredstava.

Iluzorno je očekivati da će ovakav mali sustav u svakom trenutku pokriti sve potrebe kućanstva za električnom energijom i da će kućanstvo biti potpuno neovisno o opskrbljivaču električne energije što nije ni cilj instaliranja predmetne solarne FN elektrane, no u značajnoj će mjeri smanjiti mjesečne troškove na računima za električnu energiju.

Uzimajući u obzir sve navedeno, instalacija solarne elektrane na obiteljskoj kući svakako je isplativa dugoročna investicija i održivo rješenje koje prvenstveno smanjuje račune za struju kućanstva uz istovremeno smanjivanje utjecaja na okoliš.

9 Literatura

- [1] https://energy.ec.europa.eu/topics/renewable-energy/solar-energy_en#photovoltaics, dostupno 15.03.2023.
- [2] https://meteo.hr/klima.php?section=klima_podaci¶m=k1&Grad=krizevci, dostupno 15.03.2023.
- [3] D. Srpak, S. Stijačić, I. Šumiga: Izgradnja sunčane elektrane na studentskom restoranu u Varaždinu, Tehnički glasnik, br. 8, travanj 2014, str 433-437
- [4] Lj. Majdandžić: Fotonaponski sustavi [Priručnik], Tehnička škola Ruđera Boškovića u Zagrebu
- [5] <https://library.fes.de/pdf-files/bueros/kroatien/18440.pdf> , dostupno 10.03.2023.
- [6] Glavni elektrotehnički projekt, „Sunčana elektrana Vinček 4kW, Glavni projektant i projektant elektrotehničkog projekta: Marjan Ivanovski, dipl. ing. el. E593 ovlaštenu inženjer elektrotehnike, 04/22.
- [7] Labudović, B. i suradnici: Obnovljivi izvori energije, Energetika marketing, 2002.
- [8] https://hr.wikipedia.org/wiki/Solarna_fotonaponska_energija, dostupno 10.03.2023.
- [9] <https://eko-sustav.hr/strucni-clanci/fotonaponski-sustavi/>, , dostupno 10.04.2023.
- [10] <https://nasuncanostrani.hr/oprema/inverter-solarna-elektrana/>, , dostupno 14.04.2023.
- [11] https://www.sma.de/produkte/solar-wechselrichter/sunny-tripower-30-40-50-60_, , dostupno 15.03.2023.
- [12] https://en.wikipedia.org/wiki/MC4_connector_, , dostupno 10.03.2023.
- [13] https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2021_12_138_2272.html, dostupno 12.03.2023.
- [14] <https://nasuncanostrani.hr/obracun-struje-solarna-elektrana/>, , dostupno 14.04.2023.
- [15] <https://nasuncanostrani.hr/proces-realizacije-solarne-elektrane/> , dostupno 14.04.2023
- [16] https://www.zakon.hr/z/690/Zakon-o-gradnji_, , dostupno 12.03.2023.
- [17] https://www.hep.hr/ods/pristup-mrezi/prikljucenje-na-mrezu-28/proizvodjaci-185/185_ , dostupno 14.04.2023.
- [18] <https://www.sunnydesignweb.com/>
- [19] <https://www.sunnyportal.com/Templates/Start.aspx?error=show>
- [20] https://www.hep.hr/elektra/UserDocsImages/dokumenti/kupci/Otkupne_cijene_viskova_el_en_samoopskrba_042022.pdf_, , dostupno 14.04.2023.

Popis slika

Slika 2.1. Podjela fotonaponskih sustava [4]	2
Slika 2.2. Samostalni sustav s pohranom [4]	3
Slika 2.3. Hibridni sustav sa vjetrogeneratorom [4]	4
Slika 2.4. FN sustav izravno priključen na distribucijsku mrežu [4]	5
Slika 2.5. FN sustav priključen na NN mrežu preko kućne instalacije [4]	5
Slika 3.1. Geodetska skica obiteljske kuće za instalaciju FN sustava na krov	7
Slika 3.2. Tehničke karakteristike predmetne solarne elektrane [18]	8
Slika 3.3. Jednopolna (blok) shema razvoda električne instalacije [6]	8
Slika 3.4. Projekcija FN-ska elektrana na obiteljskoj kući u Koprivnici [18]	10
Slika 4.1. Primjer povezivanja 72 ćelije u seriju što u konačnici čini 1 modul [4]	11
Slika 4.2. Spajanje FN-ske solarne ćelije u fotonaponskom sustavu [4]	12
Slika 4.3.. Monokristalna ćelija i monokristalni modul [4]	12
Slika 4.4. Polikristalna ćelija i polikristalni modul [4]	13
Slika 4.5. Serijski spoj FN modula [9]	13
Slika 4.6. Paralelno spajanje FN modula [9]	14
Slika 4.7. Podaci instaliranog FN polja predmetne solarne elektrane [18]	15
Slika 4.8. Raspored FN-skih modula instaliranih na krovnoj površini za predmetnu solarnu elektranu	16
Slika 4.9. FN-moduli na južnoj i zapadnoj strani krovne površine	16
Slika 4.10. Faza montaže FN modula na krovnu površinu	17
Slika 4.11. Aluminijski montažni nosivi profili	17
Slika 4.12. Paralelna i križna ugradnja montažnih profila na krovnu konstrukciju	18
Slika 4.13. Ugrađeni montažni profili na krovnu površinu (priprema za montažu FN-skih modula)	18
Slika 4.14. Podesivi krovni nosač	19
Slika 4.15. Detalj ugradnje krovnog nosača	19
Slika 4.16. Srednja stezaljka modula	20
Slika 4.17. Završna stezaljka modula	20
Slika 4.18. String inverter [10]	21
Slika 4.19. Mikroinverter [10]	21
Slika 4.20. String inverter i optimizatori [10]	22
Slika 4.21. Instalirani predmetni inverter SMA SUNNY TRIPOWER 4.0	23
Slika 4.22. Blok shema povezivanja invertera SMA SUNNY TRIPOWER 4.0 [11]	24

Slika 4.23. Blok shema povezivanja Sunny Home Manager 2.0 u +RO-SE [11]	25
Slika 4.24. Internet sučelje Sunny Portal	26
Slika 4.25. RC4 konektor	26
Slika 4.26. GRO-K sa dograđenim poljem (+RO-SE) za predmetnu solarnu elektranu	27
Slika 4.27. Tropolna shema razvodnog ormara +RO-SE [6].....	28
Slika 5.1. Obračun otkupa električne energije-krajnji kupac s vlastitom proizvodnjom [14] .	31
Slika 5.2. Obračun otkupa električne energije - korisnik postrojenja za samoopskrbu [14] ...	33
Slika 6.1. Tijek realizacije solarne elektrane [15].....	34
Slika 6.2. Postupak priključenja solarne elektrane na postojeću instalaciju [17]	36
Slika 7.1. Predviđena godišnja energetska bilanca predmetne solarne elektrane	38
Slika 7.2. Očekivana mjesečna bilanca (Proizvodnja, Samoopskrba, Predano u vanjsku mrežu, Preuzeto iz vanjske mreže)	39
Slika 7.3. Usporedba proizvodnje predmetne solarne elektrane u 2022. i 2023. godini	41
Slika 7.4. Tarifne stavke za opskrbu, distribuciju i prijenos, kupaca kategorije kućanstvo..	45

Popis tablica

Tablica 3.1.: Meteorološki podaci za najbližu lokaciju [6]	9
Tablica 3.2.: Podaci o srednjoj dnevnoj ozračenosti vodoravne plohe i srednjoj mjesečnoj temperaturi zraka [6]	9
Tablica 3.3.: Ekološki utjecaj elektrane	10
Tablica 4.1.: Osnovne tehničke karakteristike predmetnog invertera.....	23
Tablica 7.1. Očitavanja sa SMA Sunny portal za 2022 godinu.....	40
Tablica 7.2.: Očitavanja sa SMA Sunny portal za 2023. godinu.....	41
Tablica 7.3.: Tablica očitavanja brojila za 2022. godinu, nakon dobivanja dozvole za trajni pogon solarne elektrane	42
Tablica 7.4.: Tablica očitavanja brojila za 2023. godinu, nakon dobivanja dozvole za trajni pogon solarne elektrane	43
Tablica 7.5.: Analiza mjesečnih računa za obračun po mjestu potrošnje	46

Prilozi

4.1.1. Tehnički podaci instaliranih FN modula Solvis SV120-375 E HC9B

MADE IN EUROPE

SOLVIS
FOTONAPONSKI MODULI

MODEL SV120 E HC9B

- Premium kvaliteta
- Raspon izlazne snage 355-375 Wp
- 100% EL testing
- Mehaničko opterećenje do 2400 Pa
- Mala težina
- Efikasnost modula do 20,59%
- Pozitivna tolerancija izlazne snage -0/+5 W
- IEC EN 61215
IEC EN 61730-1, -2

Jamstva:

- 10 godina, proizvođačko jamstvo
- 12 godina na 90% izlazne snage
- 25 godina na 80% izlazne snage

kiwa TÜV SÜD TÜV AUSTRIA TÜV NORD
V.20210222

Vrijednosti parametara pri standardnim testnim uvjetima (STC)

MODEL		SV120-355 E HC9B	SV120-360 E HC9B	SV120-365 E HC9B	SV120-370 E HC9B	SV120-375 E HC9B
Vršna snaga P_{MPP}	[W]	355	360	365	370	375
Dozvoljeno odstupanje	[W]	-0/+5				
Struja kratkog spoja I_{SC}	[A]	11,22	11,22	11,22	11,22	11,24
Napon praznog hoda U_{OC}	[V]	40,20	40,50	40,85	41,28	41,48
Nazivna struja I_{MPP}	[A]	10,48	10,52	10,55	10,60	10,62
Nazivni napon U_{MPP}	[V]	33,90	34,23	34,64	35,10	35,33
Dozvoljeno odstupanje napona i struje	[%]	± 3				
Učinkovitost modula	[%]	19,49%	19,76%	20,04%	20,31%	20,59%

STC: 1000W/m² ozračenje, 25 °C temperatura ćelije, AM1,5 g optička masa zraka prema normi EN 60904-3
 Prosečni pad učinkovitosti od 3,8 % pri insolaciji od 200 W/m² prema normi EN 60904-1

Vrijednosti parametara u točki NMOT

MODEL		SV120-355 E HC9B	SV120-360 E HC9B	SV120-365 E HC9B	SV120-370 E HC9B	SV120-375 E HC9B
Vršna snaga P_{MPP}	[W]	268,8	272,6	276,4	280,2	283,9
Dozvoljeno odstupanje	[W]	-0/+5				
Struja kratkog spoja I_{SC}	[A]	9,06	9,06	9,06	9,06	9,08
Napon praznog hoda U_{OC}	[V]	38,2	38,5	38,8	39,2	39,4
Nazivna struja I_{MPP}	[A]	8,35	8,39	8,40	8,39	8,45
Nazivni napon U_{MPP}	[V]	32,2	32,5	32,9	33,4	33,6

NMOT: 800 W/m² ozračenje, 20 °C ambijentalna temperatura, 1 m/s brzina vjetra

MEHANIČKI PODACI

Dimenzije (V x Š x D)	[mm]	1755 x 1038 x 35
Masa	[kg]	20,0
Broj i vrsta ćelija		120 ćelija, monokristalični Si (PERC), 166 x 83 mm +/- 1 mm
Enkapsulacija ćelija		Etilen-vinil acetat(EVA)
Staklo		3,2 mm kaljeno sunčano staklo
Pozadina		Višeslojna poliesterska folija
Okvir		Okvir od anodiranog aluminija s dvostrukom stjenkom i otvorima za drenažu
Priključna kutija		IP67 s 3 Bypass diode
Priključni kablovi		Kabel 4mm ² , dužine >=1000 mm

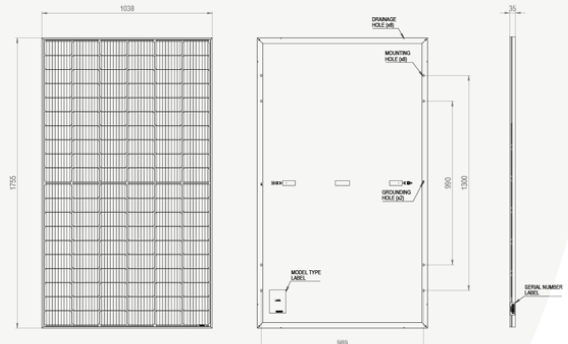
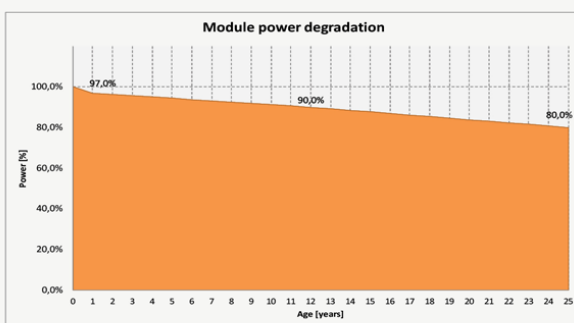
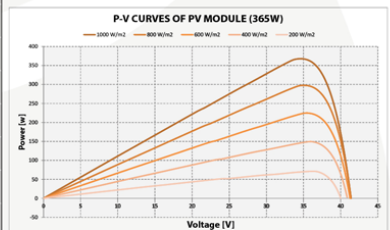
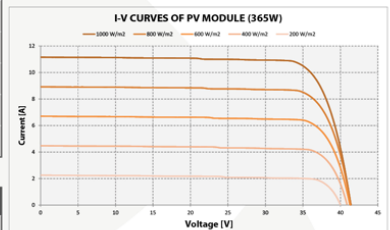
NAPOMENA: Za verzije modula SV120 EHC9B YYY, naponi i struja mogu varirati ovisno o odabranoj varijanti YYY (YYY = slovo(a), F za crni okvir, B za srebrni okvir i crnu poliestersku foliju, BC za crni okvir i crnu poliestersku foliju)

RADNI UVJETI

Temperaturno područje	[°C]	-40 to +85
Maksimalni napon sustava	[V]	1500
Najveća dopuštena prekidna struja osigurača po nizu fotonaponskih modula		20A
Najveća dopuštena reverzna struja		15A
Maksimalno opterećenje		2400 Pa
Otpornost na udar		Tuča promjera 25 mm pri brzini 23 m/s

TEMPERATURNJA SVOJSTVA

Temperaturni koeficijent snage P_{MPP}	[%/K]	-0,338
Temperaturni koeficijent struje I_{SC}	[%/K]	0,047
Temperaturni koeficijent napona U_{OC}	[%/K]	-0,268



4.3.1 Tehnički podaci instaliranog izmjenjivača SMA SUNNY TRIPOWER 4.0

SUNNY TRIPOWER 3.0 / 4.0 / 5.0 / 6.0 With SMA SMART CONNECTED



STP3.0-3AV-40 / STP4.0-3AV-40 / STP5.0-3AV-40 / STP6.0-3AV-40

Intelligent service with SMA Smart Connected

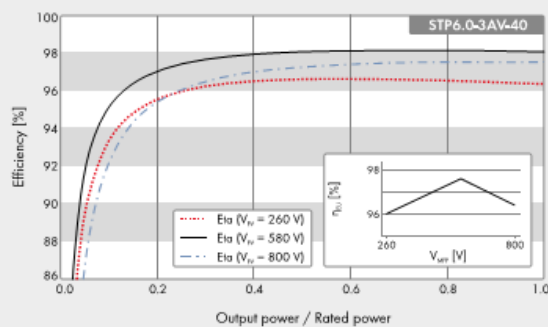
Compact <ul style="list-style-type: none">• One-person installation due to low weight of 17 kg• Compact design means minimum space requirements	Easy to use <ul style="list-style-type: none">• 100% plug and play installation• Free online monitoring via Sunny Places• Automated service thanks to SMA Smart Connected	High yields <ul style="list-style-type: none">• Use of surplus energy through dynamic active power limitation• Shade management with OptiTrac Global Peak or integrated TS4-R communication	Combinable <ul style="list-style-type: none">• Intelligent energy management and storage solutions can be added anytime• Can be combined with TS4-R components for module optimization
---	--	---	--

SUNNY TRIPOWER 3.0 / 4.0 / 5.0 / 6.0

Higher yields for private homes – intelligent solar power generation

The new Sunny Tripower 3.0–6.0 ensures maximum energy yields for private homes. This inverter combines the integrated Service SMA Smart Connected service and intelligent technology for all ambient requirements. Thanks to its extremely light design, the device can be installed quickly and easily. The Sunny Tripower can be commissioned quickly via smartphone or tablet thanks to its integrated web interface. For specific requirements on the roof, such as shading, the TS4-R module optimizers can be added into the system, with all communication and monitoring facilitated through the inverter. Current communication standards make the inverter future-proof, meaning intelligent energy management solutions as well as SMA storage solutions can be flexibly added anytime.

Efficiency curve



Accessories (optional)

TS4-RX

- M: Monitoring
- S: Shutdown
- O: Optimization

Gateway (GTWY)

SMA Energy Meter

● Standard features ○ Optional features – not available
Data in nominal conditions
Last revision: August 2018

Technical data	Sunny Tripower 3.0	Sunny Tripower 4.0	Sunny Tripower 5.0	Sunny Tripower 6.0
Input (DC)				
Max. PV array power	6000 Wp	8000 Wp	9000 Wp	9000 Wp
Max. input voltage	850 V	850 V	850 V	850 V
MPP voltage range	140 V to 800 V	175 V to 800 V	215 V to 800 V	260 V to 800 V
Rated input voltage	580 V			
Min. input voltage / initial input voltage	125 V / 150 V			
Max. input current input A / input B	12 A / 12 A			
Max. DC short-circuit current input A / input B	18 A / 18 A			
Number of independent MPP inputs / strings per MPP input	2/A: 1; B: 1			
Output (AC)				
Rated power (at 230 V, 50 Hz)	3000 W	4000 W	5000 W	6000 W
Max. apparent power AC	3000 VA	4000 VA	5000 VA	6000 VA
Nominal AC voltage	3/N/PE; 220 V / 380 V 3/N/PE; 230 V / 400 V 3/N/PE; 240 V / 415 V			
AC voltage range	180 V to 280 V			
AC grid frequency / range	50 Hz / 45 Hz to 55 Hz 60 Hz / 55 Hz to 65 Hz			
Rated grid frequency / rated grid voltage	50 Hz / 230 V			
Max. output current	3 x 4.5 A	3 x 5.8 A	3 x 7.6 A	3 x 9.1 A
Power factor at rated power / Displacement power factor, adjustable	1 / 0.8 overexcited to 0.8 underexcited			
Feed-in phases / connection phases	3 / 3			
Efficiency				
Max. efficiency / European efficiency	98.2% / 96.5%	98.2% / 97.1%	98.2% / 97.4%	98.2% / 97.6%
Protective devices				
Inputs side disconnection point	●			
Ground fault monitoring / grid monitoring	● / ●			
DC reverse polarity protection / AC short circuit current capability / galvanically isolated	● / ● / -			
All-pole-sensitive residual-current monitoring unit	●			
Protection class (according to IEC 62103) / surge category (according to IEC 60664-1)	I / III			
General data				
Dimensions (W / H / D)	435 mm / 470 mm / 176 mm (17.1 inches / 18.5 inches / 6.9 inches)			
Weight	17 kg (37.4 lbs)			
Operating temperature range	-25 °C to +60 °C (-13 °F to +140 °F)			
Noise emission, typical	30 dB(A)			
Self-consumption (at night)	5.0 W			
Topology / Cooling concept	Transformerless / Convection			
Degree of protection (according to IEC 60529)	IP65			
Climatic category (according to IEC 60721-3-4)	4K4H			
Max. permissible value for relative humidity (non-condensing)	100%			
Equipment				
DC connection / AC connection	SUNCLIX / AC connector			
Display via smartphone, tablet, laptop	●			
Interfaces: WLAN / Ethernet / RS485	● / ● / ●			
Communication protocols	Modbus (SMA, Sunspec), Webconnect, SMA Data, TS4-R			
Shade management: OptiTrac Global Peak / TS4-R	● / ○			
Warranty: 5 / 10 / 15 years	● / ○ / ○			
Certificates and permits (more available upon request)	AS 4777, C10/11, CE, CEI 0-21, DIN EN 62109-1/IEC 62109-1, DIN EN 62109-2/IEC 62109-2, EN 50438, G59/3, G83/2, NEN-EN 50438, ÖVE / ÖNORM E 8001-4-712, PPDS, PPC, RD 1699, SI 4777, TR 3.2.1, UTE C15-712, VDE-AR-N 4105, VDE-0126-1-1, VFR 2014			
Certificates and approvals (currently being planned)	DEWA 2016, EN 62116, IEC 61727, IEC 62109-1, IEC 62109-2, IEC 62109-3, IEC 62109-4, IEC 62109-5, IEC 62109-6, IEC 62109-7, IEC 62109-8, IEC 62109-9, IEC 62109-10, IEC 62109-11, IEC 62109-12, IEC 62109-13, IEC 62109-14, IEC 62109-15, IEC 62109-16, IEC 62109-17, IEC 62109-18, IEC 62109-19, IEC 62109-20, IEC 62109-21, IEC 62109-22, IEC 62109-23, IEC 62109-24, IEC 62109-25, IEC 62109-26, IEC 62109-27, IEC 62109-28, IEC 62109-29, IEC 62109-30, IEC 62109-31, IEC 62109-32, IEC 62109-33, IEC 62109-34, IEC 62109-35, IEC 62109-36, IEC 62109-37, IEC 62109-38, IEC 62109-39, IEC 62109-40, IEC 62109-41, IEC 62109-42, IEC 62109-43, IEC 62109-44, IEC 62109-45, IEC 62109-46, IEC 62109-47, IEC 62109-48, IEC 62109-49, IEC 62109-50, IEC 62109-51, IEC 62109-52, IEC 62109-53, IEC 62109-54, IEC 62109-55, IEC 62109-56, IEC 62109-57, IEC 62109-58, IEC 62109-59, IEC 62109-60, IEC 62109-61, IEC 62109-62, IEC 62109-63, IEC 62109-64, IEC 62109-65, IEC 62109-66, IEC 62109-67, IEC 62109-68, IEC 62109-69, IEC 62109-70, IEC 62109-71, IEC 62109-72, IEC 62109-73, IEC 62109-74, IEC 62109-75, IEC 62109-76, IEC 62109-77, IEC 62109-78, IEC 62109-79, IEC 62109-80, IEC 62109-81, IEC 62109-82, IEC 62109-83, IEC 62109-84, IEC 62109-85, IEC 62109-86, IEC 62109-87, IEC 62109-88, IEC 62109-89, IEC 62109-90, IEC 62109-91, IEC 62109-92, IEC 62109-93, IEC 62109-94, IEC 62109-95, IEC 62109-96, IEC 62109-97, IEC 62109-98, IEC 62109-99, IEC 62109-100			
Country availability of SMA Smart Connected	AU, AT, BE, CH, DE, ES, FR, IT, LU, NL, UK			
Type designation	STP3.0-3AV-40	STP4.0-3AV-40	STP5.0-3AV-40	STP6.0-3AV-40

7.3.1 Izvodi mjesečnih računa kućanstva sa instaliranom predmetnom solarnom elektranom za obrađene mjesec u 2022. i 2023. godinu, sa obračunskim stavkama po mjestu potrošnje.

RAČUN: 2200474462-220921-3 za električnu energiju, razdoblje 07.09.2022 - 30.09.2022

Opis	Jed.mjere	Količina	Jed.cijena	Iznos kn
Električna energija niža dnevna tarifna stavka	kWh	128	0,44650	57,15
Naknada za obračunsko mjerno mjesto i opskrbu	mjesec	0,80	19,00	15,20
Iznos za električnu energiju				72,35
Naknada za poticanje proizvodnje iz obnovljivih izvora	kWh	128	0,1050	13,44
Solidarna naknada	kWh	128	0,03	3,84
Popust za solidarnu naknadu				-3,84
Porezna osnovica				85,79
PDV 13 % (osnovica 85,79)				11,15
UKUPAN IZNOS RAČUNA (Tečaj 7,53450; 12,87 EUR)				96,94
Vrijednost preuzete električne energije (Tečaj 7,53450; -8,20 EUR)				-61,76
Ukupno za platiti (Tečaj 7,53450; 4,67 EUR)				35,18

Oслобоđeno od plaćanja trošarine sukladno članku 105. stavku 8. točki 5. Zakona o trošarinama

Na dan izdavanja računa, podmireni su svi Vaši dospjeli računi. Hvala!

Količina proizvedene električne energije predane u mrežu u obračunskom mjesecu je 137 kWh, što iznosi 61,76 kn.

Na obračunskom mjernom mjestu za koje se izdaje ovaj račun, u tekućoj kalendarskoj godini je, do posljednjeg dana obračunskog razdoblja ovog računa, iz distribucijske mreže **preuzeto 249,74 kWh**, dok je u mrežu **predano 258,98 kWh**. Prikazani podaci odnose se isključivo na opskrbu i otkup opskrbljivača HEP Elektra d.o.o.*

Broj brojila	Tar. stavka	Datum od	Datum do	Broj mjeseci	Stanje od	Stanje do		Konstanta	Potrošak
87037009	RVT R1	07.09.2022	30.09.2022	0,80	00000070,98	00000191,76	- očitavanje	1	120,78
	RNT R2				00000059,16	00000188,12	- očitavanje	1	128,96
	RVT R1 PR				00000178,34	00000436,12	- očitavanje	1	257,78
	RNT R2 PR				00000005,72	00000006,93	- očitavanje	1	1,20

Molimo provjerite ispravnost posljednjeg očitavanja.

KUĆANSTVO BIJELI

	količina	cijena kn	iznos kn
Električna energija RNT	128	0,0500	6,40
Naknada za korištenje prijenosne mreže			6,40
Električna energija RNT	128	0,1200	15,36
Naknada za obračunsko mjerno mjesto	0,80	11,6000	9,28
Naknada za korištenje distribucijske mreže			24,64

	količina	cijena kn	iznos kn
Električna energija RNT	128	0,2765	35,39
Naknada za opskrbu	0,80	7,4000	5,92
Opskrba električnom energijom			41,31
Iznos za električnu energiju			72,35

Višak proizvodnje	količina	cijena kn	iznos kn
Električna eneregija RVT	137	0,4508	61,76
Iznos viškova proizvodnje			61,76

Vrijednost preuzetih viškova električne energije evidentirat će se kao pretplata kojom će biti podmirena Vaša obveza.

RAČUN: 2200474462-221020-3 za električnu energiju, razdoblje 01.10.2022 - 31.10.2022

Opis	Jed.mjere	Količina	Jed.cijena	Iznos kn
Električna energija niža dnevna tarifna stavka	kWh	153	0,44650	68,31
Naknada za obračunsko mjerno mjesto i opskrbu	mjesec	1,00	19,00	19,00
Iznos za električnu energiju				87,31
Naknada za poticanje proizvodnje iz obnovljivih izvora	kWh	153	0,1050	16,07
Solidarna naknada	kWh	153	0,03	4,59
Popust za solidarnu naknadu				-4,59
Porezna osnovica				103,38
PDV 13 % (osnovica 103,38)				13,44
UKUPAN IZNOS RAČUNA (Tečaj 7,53450; 15,50 EUR)				116,82
Vrijednost preuzete električne energije (Tečaj 7,53450; -5,03 EUR)				-37,87
Ukupno za platiti (Tečaj 7,53450; 10,48 EUR)				78,95

Oslobođeno od plaćanja trošarine sukladno članku 105. stavku 8. točki 5.Zakona o trošarinama

Na dan izdavanja računa, podmireni su svi Vaši dospjeli računi. Hvala!

Količina proizvedene električne energije predane u mrežu u obračunskom mjesecu je 84 kWh, što iznosi 37,87 kn.

Na obračunskom mjernom mjestu za koje se izdaje ovaj račun, u tekućoj kalendarskoj godini je, do posljednjeg dana obračunskog razdoblja ovog računa, iz distribucijske mreže **preuzeto 592,66 kWh**, dok je u mrežu **predano 533,11 kWh**. Prikazani podaci odnose se isključivo na opskrbu i otkup opskrbljivača HEP Elektra d.o.o.*

Broj brojila	Tar. stavka	Datum od	Datum do	Broj mjeseci	Stanje od	Stanje do		Konstanta	Potrošak
87037009	RVT R1	01.10.2022	31.10.2022	1,00	00000191,76	00000381,75	- očitanje	1	189,99
	RNT R2				00000188,12	00000341,06	- očitanje	1	152,93
	RVT R1 PR				00000436,12	00000710,03	- očitanje	1	273,91
	RNT R2 PR				00000006,93	00000007,14	- očitanje	1	0,21

Molimo provjerite ispravnost posljednjeg očitavanja.

KUĆANSTVO BIJELI

	količina	cijena kn	iznos kn
Električna energija RNT	153	0,05000	7,65
Naknada za korištenje prijenosne mreže			7,65
Električna energija RNT	153	0,12000	18,36
Naknada za obračunsko mjerno mjesto	1	11,60000	11,60
Naknada za korištenje distribucijske mreže			29,96

	količina	cijena kn	iznos kn
Električna energija RNT	153	0,27650	42,30
Naknada za opskrbu	1	7,40000	7,40
Opskrba električnom energijom			49,70
Iznos za električnu energiju			87,31

Višak proizvodnje	količina	cijena kn	iznos kn
Električna eneregija RVT	84	0,4508	37,87
Iznos viškova proizvodnje			37,87

Vrijednost preuzetih viškova električne energije evidentirat će se kao pretplata kojom će biti podmirena Vaša obveza.

RAČUN: 2200474462-221120-0 za električnu energiju, razdoblje 01.11.2022 - 30.11.2022

Opis	Jed.mjere	Količina	Jed.cijena	Iznos kn
Električna energija viša dnevna tarifna stavka	kWh	114	0,95350	108,70
Električna energija niža dnevna tarifna stavka	kWh	197	0,44650	87,96
Naknada za obračunsko mjerno mjesto i opskrbu	mjesec	1,00	19,00	19,00
Iznos za električnu energiju				215,66
Naknada za poticanje proizvodnje iz obnovljivih izvora	kWh	311	0,1050	32,66
Solidarna naknada	kWh	311	0,03	9,33
Popust za solidarnu naknadu				-9,33
Porezna osnovica				248,32
PDV 13 % (osnovica 248,32)				32,28
Kamata (ne oporezuje se prema čl.25.st.5 Pravilnika o PDV-u)				0,10
UKUPAN IZNOS RAČUNA (Tečaj 7,53450; 37,26 EUR)				280,70

Oslobođeno od plaćanja trošarine sukladno članku 105. stavku 8. točki 5.Zakona o trošarinama

Na dan izdavanja računa, podmireni su svi Vaši dospjeli računi. Hvala!

Na obračunskom mjernom mjestu za koje se izdaje ovaj račun, u tekućoj kalendarskoj godini je, do posljednjeg dana obračunskog razdoblja ovog računa, iz distribucijske mreže **preuzeto 998,18 kWh**, dok je u mrežu **predano 627,56 kWh**. Prikazani podaci odnose se isključivo na opskrbu i otkup opskrbljivača HEP Elektra d.o.o.*

Broj brojila	Tar. stavka	Datum od	Datum do	Broj mjeseci	Stanje od	Stanje do		Konstanta	Potrošak
87037009	RVT R1	01.11.2022	30.11.2022	1,00	00000381,75	00000589,88	- očitanje	1	208,13
	RNT R2				00000341,06	00000538,45	- očitanje	1	197,39
	RVT R1 PR				00000710,03	00000804,49	- očitanje	1	94,45
	RNT R2 PR				00000007,14	00000007,14	- očitanje	1	0,00

Molimo provjerite ispravnost posljednjeg očitavanja.

KUĆANSTVO BIJELI

	količina	cijena kn	iznos kn
Električna energija RVT	114	0,13000	14,82
Električna energija RNT	197	0,05000	9,85
Naknada za korištenje prijenosne mreže			24,67
Električna energija RVT	114	0,26000	29,64
Električna energija RNT	197	0,12000	23,64
Naknada za obračunsko mjerno mjesto	1	11,60000	11,60
Naknada za korištenje distribucijske mreže			64,88
	količina	cijena kn	iznos kn
Električna energija RVT	114	0,56350	64,24
Električna energija RNT	197	0,27650	54,47
Naknada za opskrbu	1	7,40000	7,40
Opskrba električnom energijom			126,11
Iznos za električnu energiju			215,66

RAČUN: 2200474462-221220-6 za električnu energiju, razdoblje 01.12.2022 - 31.12.2022

Opis	Iznos EUR
Ukupan iznos za električnu energiju (opskrba i korištenje mreže)	27,11
Naknada za poticanje proizvodnje iz obnovljivih izvora	4,14
Solidarna naknada	1,18
Popust za solidarnu naknadu	-1,18
Porezna osnovica	31,25
PDV 13 % (osnovica 31,25)	4,06
Kamata (ne oporezuje se prema čl.25.st.5 Pravilnika o PDV-u)	0,03
UKUPAN IZNOS RAČUNA (Tečaj 7,53450; 266,27 HRK)	35,34

Oslobođeno od plaćanja trošarine sukladno članku 105. stavku 8. točki 5.Zakona o trošarinama
Podaci na poledini su sastavni dio računa.

Na dan izdavanja računa, podmireni su svi Vaši dospjeli računi. Hvala!

Na obračunskom mjernom mjestu za koje se izdaje ovaj račun, u tekućoj kalendarskoj godini je, do posljednjeg dana obračunskog razdoblja ovog računa, iz distribucijske mreže **preuzeto 1373,66 kWh**, dok je u mrežu **predano 705,31 kWh**. Prikazani podaci odnose se isključivo na opskrbu i otkup opskrbljivača HEP Elektra d.o.o.*

Broj brojala	Datum od	Datum do	Tar. stavka	Stanje od	Stanje do		Konstanta	Potrošak
87037009	01.12.2022	31.12.2022	RVT R1	00000589,88	00000772,21	- očitanje	1	182,33
			RNT R2	00000538,45	00000731,60	- očitanje	1	193,15
			RVT R1 PR	00000804,49	00000882,23	- očitanje	1	77,75
			RNT R2 PR	00000007,14	00000007,14	- očitanje	1	0,00

Molimo provjerite ispravnost posljednjeg očitavanja.

Obračunska stavka	Datum od - do	Količina	Jedinica mjere	Cijena	Iznos EUR
RVT Distribucija	01.12.2022 - 31.12.2022	104	kWh	0,034508	3,59
RNT Distribucija	01.12.2022 - 31.12.2022	193	kWh	0,015927	3,07
Naknada za OMM Distribucija	01.12.2022 - 31.12.2022	1,00	Mjesec	1,540000	1,54
Distribucija Ukupno					8,20
RVT Prijenos	01.12.2022 - 31.12.2022	104	kWh	0,017254	1,79
RNT Prijenos	01.12.2022 - 31.12.2022	193	kWh	0,006636	1,28
Prijenos Ukupno					3,07
RVT Opskrba	01.12.2022 - 31.12.2022	104	kWh	0,074789	7,78
RNT Opskrba	01.12.2022 - 31.12.2022	193	kWh	0,036698	7,08
Naknada za opskrbu	01.12.2022 - 31.12.2022	1,00	Mjesec	0,982000	0,98
Opskrba Ukupno					15,84
Ukupan iznos za električnu energiju (opskrba i korištenje mreže)					27,11
Naknada za poticanje proizvodnje iz obnovljivih izvora	01.12.2022 - 31.12.2022	297	kWh	0,013936	4,14
Solidarna naknada	01.12.2022 - 31.12.2022	297	kWh	0,003982	1,18
Popust za solidarnu naknadu	01.12.2022 - 31.12.2022				-1,18

RAČUN: 2200474462-230120-9 za električnu energiju, razdoblje 01.01.2023 - 31.01.2023

Opis	Iznos EUR
Ukupan iznos za električnu energiju (opskrba i korištenje mreže)	26,61
Naknada za poticanje proizvodnje iz obnovljivih izvora	4,10
Solidarna naknada	1,17
Popust za solidarnu naknadu	-1,17
Porezna osnovica	30,71
PDV 13 % (osnovica 30,71)	3,99
Kamata (ne oporezuje se prema čl.25.st.5 Pravilnika o PDV-u)	0,02
UKUPAN IZNOS RAČUNA (Tečaj 7,53450; 261,60 HRK)	34,72

Oslobođeno od plaćanja trošarine sukladno članku 105. stavku 8. točki 5.Zakona o trošarinama
Podaci na poledini su sastavni dio računa.

Na dan izdavanja računa, podmireni su svi Vaši dospjeli računi. Hvala!

Na obračunskom mjernom mjestu za koje se izdaje ovaj račun, u tekućoj kalendarskoj godini je, do posljednjeg dana obračunskog razdoblja ovog računa, iz distribucijske mreže **preuzeto 390,64 kWh**, dok je u mrežu **predano 97,36 kWh**. Prikazani podaci odnose se isključivo na opskrbu i otkup opskrbljivača HEP Elektra d.o.o.*

Broj brojila	Datum od	Datum do	Tar. stavka	Stanje od	Stanje do		Konstanta	Potrošak
87037009	01.01.2023	31.01.2023	RVT R1	00000772,21	00000969,64	- očitanje	1	197,43
			RNT R2	00000731,60	00000924,81	- očitanje	1	193,22
			RVT R1 PR	00000882,23	00000979,59	- očitanje	1	97,36
			RNT R2 PR	00000007,14	00000007,14	- očitanje	1	0,00

Molimo provjerite ispravnost posljednjeg očitavanja.

Obračunska stavka	Datum od - do	Količina	Jedinica mjere	Cijena	Iznos EUR
RVT Distribucija	01.01.2023 - 31.01.2023	100	kWh	0,034508	3,45
RNT Distribucija	01.01.2023 - 31.01.2023	193	kWh	0,015927	3,07
Naknada za OMM Distribucija	01.01.2023 - 31.01.2023	1,00	Mjesec	1,540000	1,54
Distribucija Ukupno					8,06
RVT Prijenos	01.01.2023 - 31.01.2023	100	kWh	0,017254	1,73
RNT Prijenos	01.01.2023 - 31.01.2023	193	kWh	0,006636	1,28
Prijenos Ukupno					3,01
RVT Opskrba	01.01.2023 - 31.01.2023	100	kWh	0,074789	7,48
RNT Opskrba	01.01.2023 - 31.01.2023	193	kWh	0,036697	7,08
Naknada za opskrbu	01.01.2023 - 31.01.2023	1,00	Mjesec	0,982000	0,98
Opskrba Ukupno					15,54
Ukupan iznos za električnu energiju (opskrba i korištenje mreže)					26,61
Naknada za poticanje proizvodnje iz obnovljivih izvora	01.01.2023 - 31.01.2023	293	kWh	0,014000	4,10
Solidarna naknada	01.01.2023 - 31.01.2023	293	kWh	0,003982	1,17
Popust za solidarnu naknadu	01.01.2023 - 31.01.2023				-1,17

RAČUN: 2200474462-230220-5 za električnu energiju, razdoblje 01.02.2023 - 28.02.2023

Opis	Iznos EUR
Ukupan iznos za električnu energiju (opskrba i korištenje mreže)	12,24
Naknada za poticanje proizvodnje iz obnovljivih izvora	2,29
Solidarna naknada	0,65
Popust za solidarnu naknadu	-0,65
Porezna osnovica	14,53
PDV 13 % (osnovica 14,53)	1,89
Kamata (ne oporezuje se prema čl.25.st.5 Pravilnika o PDV-u)	0,03
UKUPAN IZNOS RAČUNA (Tečaj 7,53450; 123,94 HRK)	16,45
Vrijednost preuzete električne energije (Tečaj 7,53450; -44,15 HRK)	-5,86
Ukupno za platiti (Tečaj 7,53450; 79,79 HRK)	10,59

Oslobođeno od plaćanja trošarine sukladno članku 105. stavku 8. točki 5.Zakona o trošarinama
Podaci na poleđini su sastavni dio računa.

Na dan izdavanja računa, podmireni su svi Vaši dospjeli računi. Hvala!

Količina proizvedene električne energije predane u mrežu u obračunskom mjesecu je 98 kWh, što iznosi 5,86 EUR.

Na obračunskom mjernom mjestu za koje se izdaje ovaj račun, u tekućoj kalendarskoj godini je, do posljednjeg dana obračunskog razdoblja ovog računa, iz distribucijske mreže **preuzeto 676,76 kWh**, dok je u mrežu **predano 317,40 kWh**. Prikazani podaci odnose se isključivo na opskrbu i otkup opskrbljivača HEP Elektra d.o.o.*

*U slučaju da je unutar tekuće kalendarske godine došlo do priključenja elektrane, promjene vlasništva, promjene statusa ili druge značajne promjene vezane uz ugovor, prikazani podaci odnose se na razdoblje od posljednje promjene i informativnog su karaktera.

Broj brojila	Datum od	Datum do	Tar. stavka	Stanje od	Stanje do	Konstanta	Potrošak
87037009	01.02.2023	28.02.2023	RVT R1	00000969,64	00001091,50	- očitanje	121,86
			RNT R2	00000924,81	00001089,07	- očitanje	164,26
			RVT R1 PR	00000979,59	00001199,64	- očitanje	220,05
			RNT R2 PR	00000007,14	00000007,14	- očitanje	0,00

Molimo provjerite ispravnost posljednjeg očitavanja.

Obračunska stavka	Datum od - do	Količina	Jedinica mjere	Cijena	Iznos EUR
RNT Distribucija	01.02.2023 - 28.02.2023	164	kWh	0,015927	2,61
Naknada za OMM Distribucija	01.02.2023 - 28.02.2023	1,00	Mjesec	1,540000	1,54
Distribucija Ukupno					4,15
RNT Prijenos	01.02.2023 - 28.02.2023	164	kWh	0,006636	1,09
Prijenos Ukupno					1,09
RNT Opskrba	01.02.2023 - 28.02.2023	164	kWh	0,036697	6,02
Naknada za opskrbu	01.02.2023 - 28.02.2023	1,00	Mjesec	0,982000	0,98
Opskrba Ukupno					7,00
Ukupan iznos za električnu energiju (opskrba i korištenje mreže)					12,24
Naknada za poticanje proizvodnje iz obnovljivih izvora	01.02.2023 - 28.02.2023	164	kWh	0,013936	2,29
Solidarna naknada	01.02.2023 - 28.02.2023	164	kWh	0,003982	0,65
Popust za solidarnu naknadu	01.02.2023 - 28.02.2023				-0,65
Višak proizvedene energije RVT	01.02.2023 - 28.02.2023	98	kWh	0,059831	-5,86

Vrijednost preuzetih viškova električne energije evidentirat će se kao pretplata kojom će biti podmirena Vaša obveza.

RAČUN: 2200474462-230320-1 za električnu energiju, razdoblje 01.03.2023 - 31.03.2023

Opis	Iznos EUR
Ukupan iznos za električnu energiju (opskrba i korištenje mreže)	11,00
Naknada za poticanje proizvodnje iz obnovljivih izvora	1,99
Solidarna naknada	0,57
Popust za solidarnu naknadu	-0,57
Porezna osnovica	12,99
PDV 13 % (osnovica 12,99)	1,69
Kamata (ne oporezuje se prema čl.25.st.5 Pravilnika o PDV-u)	0,02
UKUPAN IZNOS RAČUNA (Tečaj 7,53450; 110,76 HRK)	14,70
Vrijednost preuzete električne energije (Tečaj 7,53450; -107,74 HRK)	-14,30
Ukupno za platiti (Tečaj 7,53450; 3,01 HRK)	0,40

Oslobođeno od plaćanja trošarine sukladno članku 105. stavku 8. točki 5. Zakona o trošarinama
Podaci na poleđini su sastavni dio računa.

Na dan izdavanja računa, podmireni su svi Vaši dospjeli računi. Hvala!

Količina proizvedene električne energije predane u mrežu u obračunskom mjesecu je 239 kWh, što iznosi 14,30 EUR.

Na obračunskom mjernom mjestu za koje se izdaje ovaj račun, u tekućoj kalendarskoj godini je, do posljednjeg dana obračunskog razdoblja ovog računa, iz distribucijske mreže preuzeto 924,74 kWh, dok je u mrežu predano 662,32 kWh. Prikazani podaci odnose se isključivo na opskrbu i otkup opskrbljivača HEP Elektra d.o.o.*

Broj brojila	Datum od	Datum do	Tar. stavka	Stanje od	Stanje do		Konstanta	Potrošak
87037009	01.03.2023	31.03.2023	RVT R1	00001091,50	00001196,84	- očitanje	1	105,34
			RNT R2	00001089,07	00001231,70	- očitanje	1	142,63
			RVT R1 PR	00001199,64	00001544,09	- očitanje	1	344,45
			RNT R2 PR	00000007,14	00000007,60	- očitanje	1	0,46

Molimo provjerite ispravnost posljednjeg očitavanja.

Obračunska stavka	Datum od - do	Količina	Jedinica mjere	Cijena	Iznos EUR
RNT Distribucija	01.03.2023 - 31.03.2023	143	kWh	0,015927	2,28
Naknada za OMM Distribucija	01.03.2023 - 31.03.2023	1,00	Mjesec	1,540000	1,54
Distribucija Ukupno					3,82
RNT Prijenos	01.03.2023 - 31.03.2023	143	kWh	0,006636	0,95
Prijenos Ukupno					0,95
RNT Opskrba	01.03.2023 - 31.03.2023	143	kWh	0,036697	5,25
Naknada za opskrbu	01.03.2023 - 31.03.2023	1,00	Mjesec	0,982000	0,98
Opskrba Ukupno					6,23
Ukupan iznos za električnu energiju (opskrba i korištenje mreže)					11,00
Naknada za poticanje proizvodnje iz obnovljivih izvora	01.03.2023 - 31.03.2023	143	kWh	0,013936	1,99
Solidarna naknada	01.03.2023 - 31.03.2023	143	kWh	0,003982	0,57
Popust za solidarnu naknadu	01.03.2023 - 31.03.2023				-0,57
Višak proizvedene energije RVT	01.03.2023 - 31.03.2023	239	kWh	0,059831	-14,30

Vrijednost preuzetih viškova električne energije evidentirat će se kao pretplata kojom će biti podmirena Vaša obveza.


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, Ivica Štefić (ime i prezime) pod punom moralnom, materijalnom i kaznenom odgovornošću, izjavljujem da sam isključivi autor/~~ica~~ završnog/~~diplomskog~~ (obrisati nepotrebno) rada pod naslovom Izgradnja solarne elektrane na obiteljskoj kući (upisati naslov) te da u navedenom radu nisu na nedozvoljeni način (bez pravilnog citiranja) korišteni dijelovi tuđih radova.

Student/ica:

(upisati ime i prezime)


(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 sveučilišta 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, Ivica Štefić (ime i prezime) neopozivo izjavljujem da sam suglasan/~~a~~ s javnom objavom završnog/~~diplomskog~~ (obrisati nepotrebno) rada pod naslovom Izgradnja solarne elektrane na obiteljskoj kući (upisati naslov) čiji sam autor/ica.

Student/ica:

(upisati ime i prezime)


(vlastoručni potpis)