



**EduSplit** Obrtna tehnička škola  
Regionalni centar kompetentnosti Split

# FOTONAPONSKI SUSTAVI

Priručnik za stjecanje mikro kvalifikacije za montažu fotonaponskih sustava



Hrvoje Matas • Vedran Kirinčić • Nikolina Deželjin





Hrvoje Matas • Vedran Kirinčić • Nikolina Deželjin

## FOTONAPONSKI SUSTAVI

Priručnik za stjecanje mikrokvifikacije za montažu fotonaponskih sustava



Projekt je sufinancirala Europska unija iz Europskog socijalnog fonda.

Sadržaj publikacije isključiva je odgovornost Obrtne tehničke škole Split





**EduSplit** Obrtna tehnička škola  
Regionalni centar kompetentnosti Split

Hrvoje Matas • Vedran Kirinčić • Nikolina Deželjin

# FOTONAPONSKI SUSTAVI

Priručnik za stjecanje mikrokvalifikacije  
za montažu fotonaponskih sustava

Split, 2023.

Autori: Hrvoje Matas, Vedran Kirinčić, Nikolina Deželjin  
Urednik: Igor Koletić, mag. ing. mech. (za ALGEBRA d.o.o.)  
Naslov: **Fotonaponski sustavi**  
Fotografija naslovnice: Freepik  
Recenzent: upisati  
Lektorica: upisati  
Grafičko oblikovanje: ALGEBRA d.o.o.  
Nakladnik: Obrtna tehnička škola Split  
Odgovorna osoba: ravnatelj Milivoj Kalebić  
Za nakladnika: ALGEBRA d.o.o.

Više informacija:

Obrtna tehnička škola Split  
Plančićeva 21  
21000 Split  
e-pošta: ured@ss-obrtna-tehnicka-st.skole.hr  
mrežna adresa: edusplit.eu

ISBN: 978-953-8537-01-1

---

**Regionalni centar kompetentnosti Obrtne tehničke škole  
Split, 2023.**

Obrtnička tehnička škola, Plančićeva 21, 21000 Split, OIB: 43651407703, nositelj je isključivog prava iskorištavanja ovog autorskog djela, prostorno, vremenski i sadržajno neograničeno, a koje pravo obuhvaća imovinska prava autora i to osobito, ali ne isključivo, pravo reproduciranja (pravo umnožavanja), pravo distribuiranja (pravo stavljanja u promet), pravo priopćavanja autorskog djela javnosti te pravo prerade. Pojedina imovinska autorska prava treća osoba može steći isključivo na temelju pisane suglasnosti Obrtničke tehničke škole.

# Sadržaj

<b>1. POGLAVLJE</b> .....	11
1.1. Osnove fotonaponskih sustava: princip rada i osnovne komponente sustava.....	12
1.1.1. Fizikalne osnove .....	12
1.1.1.1. Kristali.....	14
1.1.1.2. Poluvodička dioda (PN spoj).....	15
1.1.1.3. Fotonaponske ćelije .....	15
1.1.2. Fotonaponski sustavi .....	17
1.1.3. Izmjenjivač .....	21
1.1.3.1. Izmjenjivač za samostalne fotonaponske sustave .....	22
1.1.3.2. Mrežno vezani izmjenjivači.....	22
1.1.4. Baterijski sustavi .....	23
1.1.5. Regulator punjenja.....	28
1.1.6. Nadzornik baterije .....	31
1.1.7. Fotonaponski paneli.....	34
1.1.8. Pretvarači .....	35
1.1.9. Premosne diode.....	38
<b>2. POGLAVLJE</b> .....	41
2.1. Vrste fotonaponskih sustava .....	42
2.1.1. Otočni sustavi (off-grid).....	42
2.1.2. Mrežni sustav .....	43
2.1.2.1. Mrežni sustavi izravno spojeni na javnu elektroenergetsku mrežu .....	43
2.1.2.2. Mrežni sustavi priključeni na javnu režu preko kućne instalacije.....	44
2.1.3. Hibridni sustavi .....	45
2.2.4. Brodski sustavi.....	46
<b>3. POGLAVLJE</b> .....	49
3.1. Dimenzioniranje fotonaponskih elektrana .....	50
3.1.1. Dimenzioniranje otočnih fotonaponskih elektrana.....	52
<b>4. POGLAVLJE</b> .....	59
4.1. Električna instalacija i zaštita fotonaponskih sustava .....	60
4.1.1. Gromobranske instalacije i gromobranska zaštita .....	60
4.1.2. Izjednačavanje potencijala .....	62
4.1.3. Uzemljivači i sustavi uzemljenja .....	62

4.1.4. Uređaji prenaponske zaštite .....	63
<b>5. POGLAVLJE .....</b>	<b>65</b>
5.1. Montaža elemenata fotonaponskog sustava .....	66
<b>6. POGLAVLJE .....</b>	<b>69</b>
6.1. Nadzor, održavanje i servis fotonaponskog sustava .....	70
<b>7. POGLAVLJE .....</b>	<b>73</b>
7.1. Projektna dokumentacija fotonaponskog sustava .....	74
7.1.1. Projektni zadatak .....	76
7.1.2. Idejno rješenje .....	76
7.1.3. Idejni projekt .....	76
7.1.4. Investicijski elaborat .....	78
7.1.5. Glavni projekt .....	79
7.1.6. Izvedbeni projekt .....	79
7.1.7. Dokumentacija za pogon i održavanje .....	80
<b>8. POGLAVLJE .....</b>	<b>81</b>
8.1. Zakonska regulativa, tehnički propisi i norme .....	82
8.1.1. Međunarodne norme i propisi .....	82
8.1.2. Europske norme za fotonapon .....	84
8.1.3. Nacionalni standardi i regulativa .....	84
<b>PRILOG .....</b>	<b>89</b>
1. Popis mapa .....	92
2. Opći dio .....	93
2.1. Izvadak iz sudskog registra .....	93
2.2. Imenovanje projektanta .....	97
2.3. Rješenje o upisu u imenik ovlaštenih inženjera elektrotehnike HKIE .....	98
2.4. Izjava o usklađenosti glavnog projekta .....	100
2.5. Izjava o jednostavnoj građevini .....	101
2.6. Izvod iz katastarskog plana .....	102
2.7. Izvadak iz zemljišne knjige .....	103
2.8. Uporabna dozvola .....	104
2.9. Primijenjena zakonska regulativa .....	105
3. Projektni zadatak .....	107
4. Tehnički opis .....	108
4.1. Uvod .....	108
4.2. Opis postojeće električne instalacije .....	108
4.3. Solarna elektrana i njeno priključenje .....	108

4.3.1. Solarni moduli i nosiva konstrukcija.....	109
4.3.2. Inverter .....	110
4.3.3. Razvodni ormar RO SE .....	110
4.4. Opremanje mjernog mjesta .....	111
4.5. Tehnička rješenja za pravilno postavljanje solarne elektrane .....	111
5. Podatci i proračuni .....	114
5.1. Planirana proizvodnja .....	114
5.2. Proračun maksimalnog DC napona na pretvaraču .....	115
5.3. Proračun minimalnog DC napona na pretvaraču .....	116
5.4. Proračun DC kabela na ulazu pretvarača .....	117
5.5. Proračun AC kabela na izlazu pretvarača .....	118
5.5.1. Proračun pada napona.....	118
5.5.2. Zaštita od preopterećenja .....	119
5.5.3. Zaštita od kratkog spoja .....	119
5.5.4. Zaštita od indirektnog dodira .....	120
5.5.5. Proračun zaštite od prenapona .....	120
6. Program kontrole i osiguranja kvalitete .....	121
6.1. Opći zahtjevi .....	121
6.2. Posebni zahtjevi .....	122
6.2.1. Nabava materijala/poluproizvoda .....	122
6.2.2. Proizvodnja komponenata/opreme .....	122
6.2.3. Završna podešavanja i ispitivanja .....	122
6.2.4. Pregled, ispitivanje, mjerenje i atesti .....	123
7. Prikaz tehničkih rješenja .....	124
7.1. Prikaz tehničkih rješenja za primjenu pravila zaštite na radu .....	124
7.2. Prikaz tehničkih rješenja za primjenu mjera zaštite od požara .....	128
8. Troškovnik .....	130
9. Iskaz procijenjene vrijednosti.....	134
10. Nacrti.....	135

## ISHODI UČENJA PREDMETA PREMA VAŽEĆEM KURIKULU/PROGRAMU

### **Poglavlje 1:**

- opisati fotonaponski sustav i njegove pojedinačne elemente.

### **Poglavlje 2:**

- razlikovati i opisati vrste fotonaponskog sustava.

### **Poglavlje 3:**

Definirati te opisati parametre potrebne za dimenzioniranje fotonaponskih sustava.

### **Poglavlje 4:**

- razlikovati vrste zaštita fotonaponskih sustava.
- objasniti vrste zaštita fotonaponskih sustava.

### **Poglavlje 5:**

- primijeniti korake prilikom montiranja fotonaponskih sustava.

### **Poglavlje 6:**

- opisati korake nadzora, održavanja i servisiranja fotonaponskih sustava.

### **Poglavlje 7:**

- razlikovati pojedine dijelove projektne dokumentacije.
- opisati pojedine dijelove projektne dokumentacije.

### **Poglavlje 8:**

- objasniti zakonsku regulativu, tehničke propise i norme.



# 1

## POGLAVLJE

---

### **Nakon ovog poglavlja moći ćete:**

- definirati fizikalne osnove fotonaponskog sustava
- definirati fotonaponsku ćeliju i njezinu strukturu
- opisati fotonaponski sustav, njegovu podjelu i princip rada
- definirati i opisati osnovne elemente fotonaponskog sustava.

## 1.1. OSNOVE FOTONAPONSKIH SUSTAVA: PRINCIP RADA I OSNOVNE KOMPONENTE SUSTAVA

### 1.1.1. Fizikalne osnove

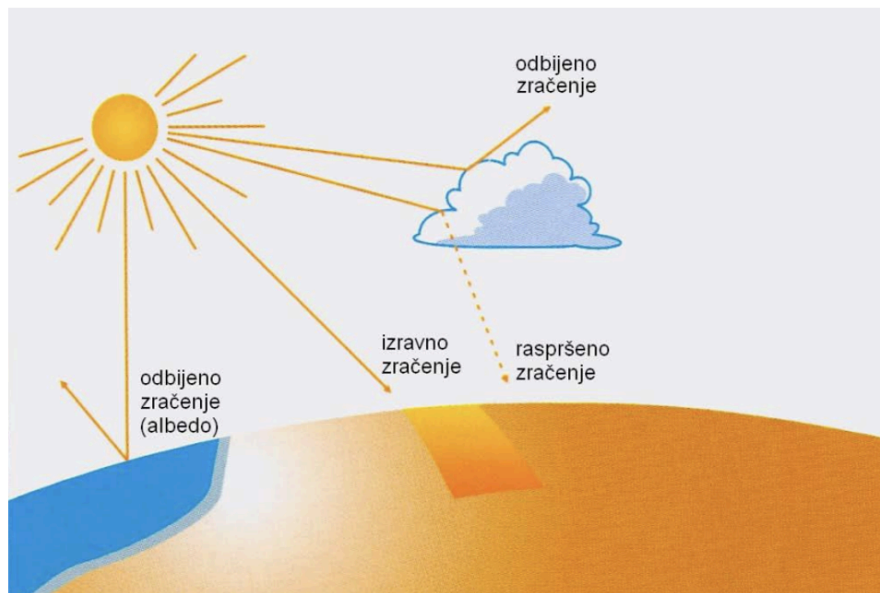
Sunce predstavlja najvažniji izvor energije svih prirodnih procesa na planetu Zemlji. Suvremene metode za proizvodnju energije koriste energiju Sunčevog zračenja. Energiju kao takvu možemo koristiti izravno ili posredno. Fotonaponski sustavi izravno koriste energiju Sunčevog zračenja kako bi proizveli električnu energije, dok fosilna goriva i obnovljivi izvori energije spadaju u neposredne načine korištenja Sunčeve energije.

Osnova svakog fotonaponskog sustava su fotonaponske ćelije. Pomoću njih generira se električna struja prilikom njihovog izlaganja izvoru svjetlosti. Svaka fotonaponska ćelija sačinjena je od slojeva poluvodičkog materijala. Uslijed obasjavanja ćelije stvara se električno polje između dvaju slojeva te se na taj način generira električna struja. Količina generirane struje ovisi o intenzitetu svjetlosti. Iako je Sunčevo zračenje izravna komponenta za rad fotonaponskih sustava, električna energija može se provoditi i uz raspršene komponente tijekom oblačnih i kišnih dana.

Kao što je već rečeno, Sunčevo zračenje izravno se koristi za dobivanje električne energije te se podatci o Sunčevom zračenju predstavljaju podatcima o ozračenosti plohe Sunčevim zračenjem. Prema tome razlikujemo pet različitih tipova podataka:

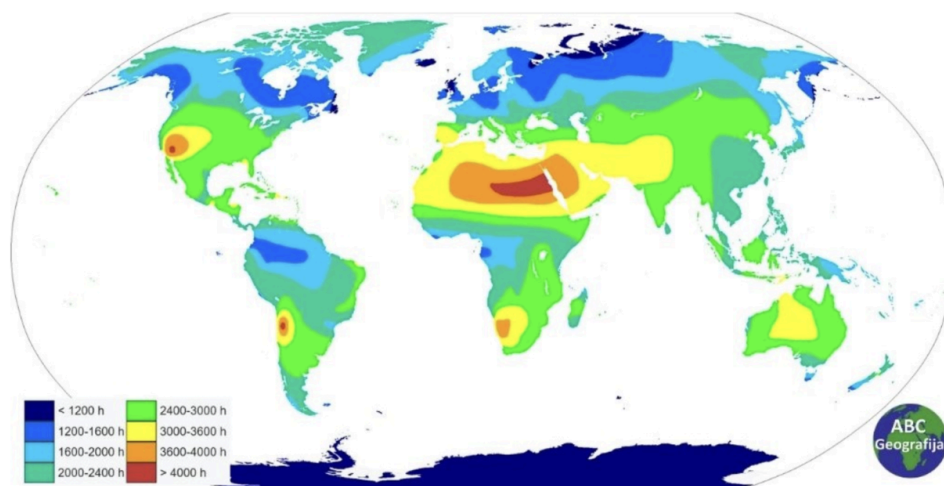
- ozračenost izravnim zračenjem – količina Sunčevog zračenja dozračena na jediničnu površinu koja je u svakom trenutku okomita na upadni kut Sunčevih zraka
- ozračenost raspršenim zračenjem – količina Sunčevog zračenja dozračena na jediničnu površinu, a koja ne dolazi izravno iz smjera trenutalnog položaja Sunca, već je raspršena na molekulama i česticama u atmosferi. Raspršeno zračenje dolazi iz svih smjerova.
- ozračenost odbijenim zračenjem – izravno ili raspršeno zračenje odbijeno odnosno reflektirano od tla ili drugih površina (more, jezero, snijeg, itd.)
- ukupna ozračenost vodoravne plohe – ukupna količina zračenja dozračena na vodoravnu plohu, a predstavlja zbroj izravnog i raspršenog zračenja
- ukupna ozračenost nagnute plohe – ukupna količina zračenja dozračena na plohu nagnutu pod određenim kutom, a predstavlja zbroj izravnog, raspršenog i odbijenog zračenja na tu plohu.

Zračenje Sunca mjeri se instrumentom naziva piranometar.

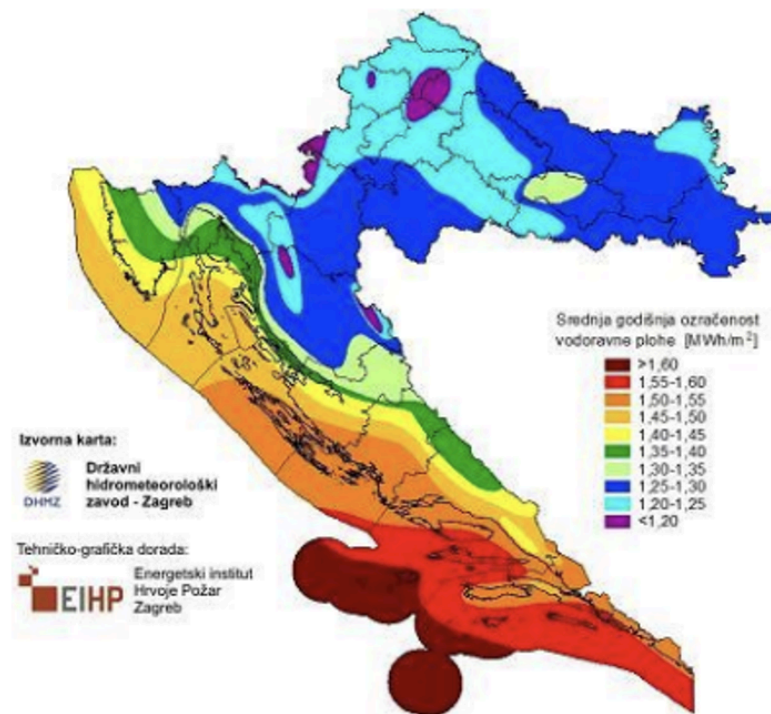


Slika 1. Vrste Sunčeva zračenja [17]

Fotonaponski sustavi projektiraju se na način da ostvare najveću moguću proizvodnju električne energije u određenom periodu, odnosno gleda se da se ostvari najveća moguća ozračenost modula. Prema tome, nagib i orijentacija kritični su parametri. Parametri fotonaponskog sustava prilikom proračuna uzimaju se prema ukupnoj ozračenosti Sunčevim zračenjem. „Na slici 2. prikazana je raspoređenost Sunčeva zračenja u svijetu, a na slici 3. Sunčevo zračenje u RH.“



Slika 2. Sunčeva ozračenost u svijetu [1]



Slika 3. Sunčeva ozračenost u RH [6]

Pojava kojom se generira električna struja ili napon nakon izloženosti materijala suncu naziva se fotonaponski efekt. Otkrio ga je 1839. godine francuski fizičar A. E. Becquerel eksperimentirajući u laboratoriju. Do takve pojave dolazi u trenutku kada svjetlosni izvor, najčešće je to Sunčeva svjetlost, obasja površinu poluvodičkog materijala. Elektroni koji su smješteni u valentnoj vrpici apsorbiraju energiju te skaču u vodljivu vrpču i potom postaju slobodni elektroni.

### 1.1.1.1. Kristali

Kristalima nazivamo čvrsta tijela sastavljena od atoma, molekula ili iona koji su raspoređeni unutar kristalne rešetke. Promjenom njihove kristalne rešetke dolazi do promjene toplinskih, mehaničkih, električnih i magnetskih svojstava. Materijali koji su nam važni za izradu fotonaponskih ćelija su monokristalnog i polikristalnog oblika te amorfne tvari. Fotonaponska ćelija je monokristalna ako je aktivan obujam načinjen od samo jednog kristala, a kada se radi o ćeliji koja je načinjena od dva ili više kristala, kažemo da je takva ćelija multikristalna ili polikristalna.

Trenutno najzastupljeniji provodljivi materijal za izradu fotonaponskih ćelija je kristalni silicij. To je poluvodički materijal čija su svojstva između izolatora i vodiča, odnosno električna vodljivost mu je veća u odnosu na izolator, a manja u odnosu na vodič.

### 1.1.1.2. Poluvodička dioda (PN spoj)

Razlikujemo dvije vrste poluvodiča:

- čisti poluvodič
- poluvodič s primjesama.

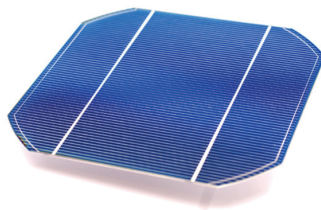
Postupkom dodavanja primjesa čistom poluvodiču dobivaju se n-tip i p-tip poluvodiča (dopiranje). Svrha dopiranja n-tip poluvodiča je stvaranje velikog broja pokretnih elektrona, odnosno elektrona nosioca, dok je p-tip poluvodiča dopiran u svrhu stvaranja velikog broja šupljina.

Do stvaranja PN spoja dolazi kada se kristalu čistog silicija dodaju trovalentne primjese kako bi nastao p-tip poluvodiča i dodavanjem peterovalentne primjese kako bi se dobio n-tip poluvodiča. Fotonaponska ćelija zapravo predstavlja PN spoj, tj. poluvodičku diodu.

Jedno od najvažnijih svojstva PN spoja je njegovo ispravljačko djelovanje, odnosno p-područje lakše vodi struju. P-područje tada je pozitivno, a n-područje je negativno. Tada je napon u propusnom smjeru, a u suprotnom slučaju napon je u zapornom smjeru. Drugim riječima PN spoj radi kao dioda, propušta struju samo u jednom smjeru. U trenutku kada se na PN spoj priključi izvor nekog vanjskog napajanja u propusnom smjeru, dolazi do protjecanja struje elektrona iz n-područja u p-područje i šupljina iz p-područja u n-područje.

### 1.1.1.3. Fotonaponske ćelije

Fotonaponske ćelije osnovni su dio svakog fotonaponskog sustava, gdje se energija Sunčeva zračenja neposredno pretvara u električnu energiju. Na slici 4. prikazana je fotonaponska ćelija.



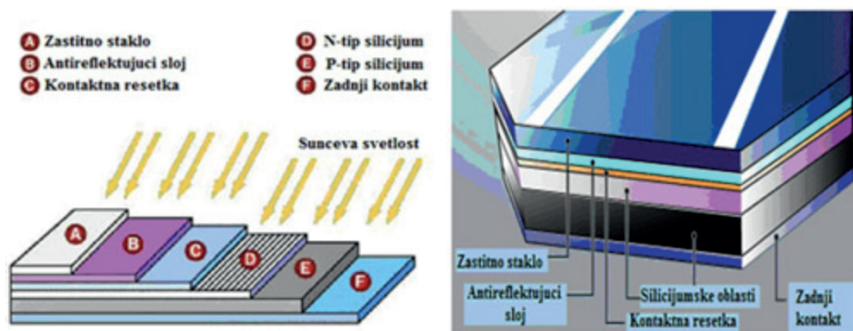
Slika 4. Prikaz fotonaponske ćelije [2]

U trenutku kada svjetlost, koja je u obliku fotona, udari u fotonaponsku ćeliju, njezina će se energija razdvojiti u elektrone i prazna mjesta. Svaki foton koji posjeduje dovoljnu količinu energije oslobađa jedan elektron, a kao rezultat toga javlja se prazno mjesto u strukturi. Dogodi li se ovo blizu električnog polja, električno polje će poslati elektron na N stranu, a prazno mjesto na P stranu poluvodičke diode. Prilikom toga elektroni se kreću određenom putanjom do P strane te se ujedineju zajedno s praznim mjestima koje je električno polje tamo poslalo. Kretanjem elektrona stvara se struja te električno polje ćelije uzrokuje pojavu napona. Na taj način razvija se snaga, jer kako je već poznato, snaga je umnožak napona i struje.

Svaka fotonaponska ćelija sastoji se od nekoliko slojeva:

- zaštitni providni sloj (plastični ili stakleni pokrivač)
- providni adhezivni sloj
- antireflektirajući sloj
- mreža električnog kontakta s prednje strane fotonaponske ćelije
- aktivni poluvodički sloj (P-N spoj)
- električni provodni sloj
- podloga, odnosno noseći sloj.

Na slici 5. nalazi se prikaz slojeva fotonaponske ćelije.



Slika 5. Prikaz strukture fotonaponske ćelije [2]

Spajanjem većeg broja fotonaponskih ćelija dobivaju se fotonaponski paneli. Fotonaponski paneli uobičajeno se sastoje od 36 fotonaponskih ćelija povezanih u seriju. Svaka ćelija daje napon od oko 0,5 V što daje 18 V na izlazu iz fotonaponskog panela.

Fotonaponskim panelima električna energija proizvodi se pomoću Sunčevog zračenja. Prilikom izlaganja svjetlosti oslobađaju se slobodni elektroni iz fotonaponskih ćelija. Takav fotonaponski proces temeljen je na prirodnim električnim svojstvima silicija. Silicij je temelj svakog fotonaponskog panela. Razlikuje se nekoliko vrsta fotonaponskih panela:

- monokristalni
- polikristalni/multikristalni i
- tankoslojni.

Monokristalni fotonaponski paneli su tamnoplave ili crne boje. Sadrže samo jednu vrstu silicijskog kristala. Njegova učinkovitost je najveća. Uobičajeno se koriste prilikom instalacije fotonaponskog sustava gdje je površina instaliranja fotonaponskog sustava ograničena. Polikristalni fotonaponski paneli plave su boje. Načinjeni su od tankog, amornog silicija. Djelomično su pravilne kristalne strukture te im je iz tog razloga efikasnost manja. Najčešće se upotrebljavaju u fotonaponskim industrijama jer su jeftiniji i lakši za proizvodnju. Tankoslojni fotonaponski paneli su tamnosmeđe ili tamnocrvene boje. Izrađeni su od tankog, amornog

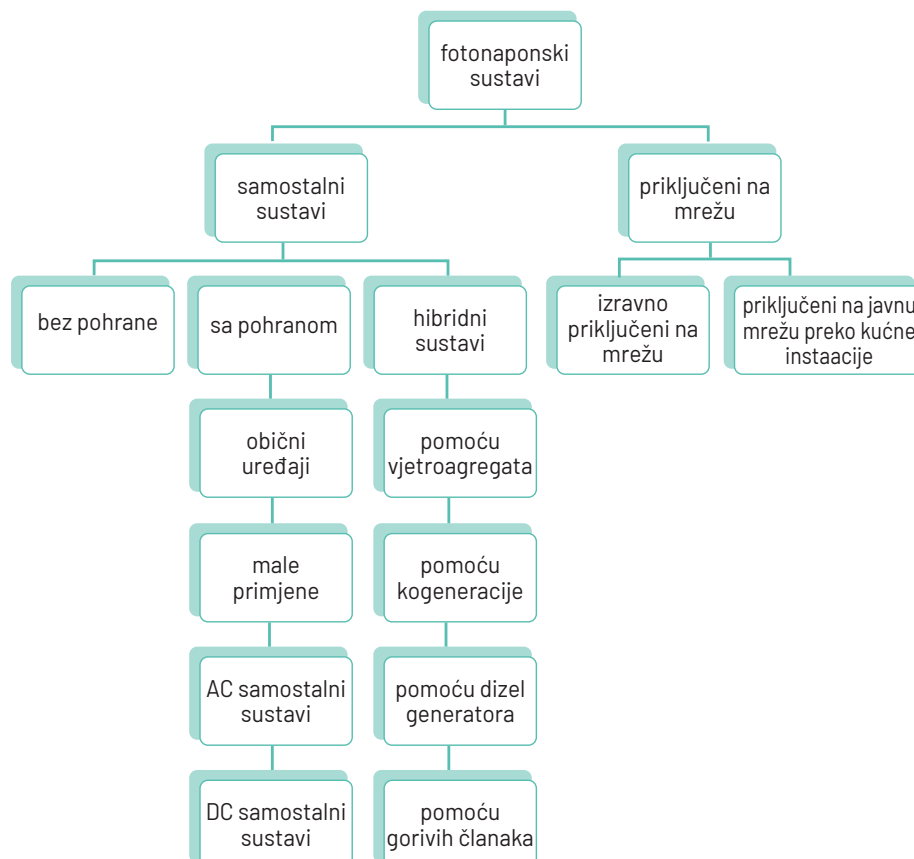
silicija. Koriste se za pokrivanje velikih površina jer su niske cijene. Prilikom izlaganja jakom suncu imaju nisku učinkovitost, dok pri višim temperaturama i slabijim osvjetljenjima nude puno prednosti. U poglavlju 1.1.7. detaljnije su opisani fotonaponski paneli.

### 1.1.2. Fotonaponski sustavi

Fotonaponski sustav, odnosno solarni sustav, može se nazvati i solarnom elektranom. U fotonaponske sustave ubrajamo sve komponente koje u globalu čine fotonaponsku instalaciju. Fotonaponski sustav za cilj ima osigurati rad izmjeničnih ili istosmjernih trošila bez ili s drugim izvorom energije, odnosno bez ili s alternativnim izvorom energije. Istosmjerna trošila napajaju se solarnim sustavima bez pretvarača, a izmjenična trošila napajaju se spajanjem pretvarača na solarni sustav. Prema načinu rada sustavi se dijele u dvije osnovne grupe:

- fotonaponski sustavi koji nemaju priključak na elektroenergetsku mrežu, tzv. samostalni ili izolirani sustavi (eng. off-grid)
- fotonaponski sustavi koji imaju priključak na elektroenergetsku mrežu, tzv. mrežni sustavi (eng. on-grid).

Kod izoliranih ili samostalnih sustava proizvedena električna energija pohranjuje se u za to predviđene akumulatore ili baterije, dok kod mrežnih sustava baterije ili akumulatori nisu potrebni budući da se proizvedena električna energija predaje elektroenergetskom sustavu. Na idućem grafikonu dana je hijerarhija fotonaponskog sustava.



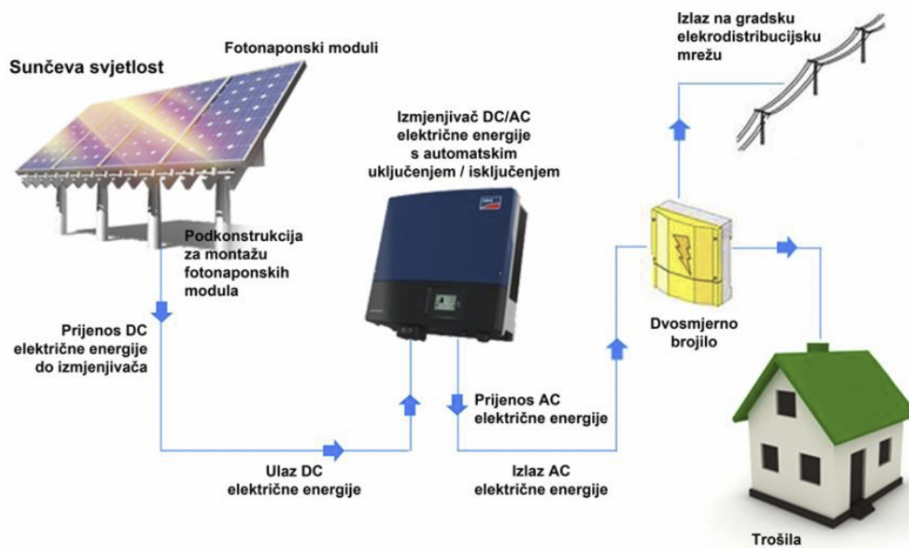


Izolirani ili samostalni sustavi mogu biti sustavi bez ili sa pohranom. Hoće li biti bez ili sa pohranom ovisi o načinu na koji se električna energija troši i o vrsti primjene. Isto tako izolirani sustavi mogu biti i hibridni sustavi. Takvi sustavi mogu biti s kogeneracijom, vjetroagregatom, gorivim člancima ili s dizelskim agregatom. Za razliku od izoliranih sustava, mrežni fotonaponski sustavi izravno su priključeni na elektroenergetsku mrežu ili su preko kućne instalacije spojeni na javnu elektroenergetsku mrežu.

Osnovni dijelovi fotonaponskog sustava su:

- fotonaponske ćelije i fotonaponski moduli kojima se generira električna struja iz Sunčevog zračenja
- izmjenjivač kojim se istosmjerni oblik napona pretvara u izmjenični oblik napona
- baterija i punjač u slučaju autonomnog fotonaponskog sustava
- ostale komponente.

Preostalim dijelom sustava nazivaju se sve komponente osim samih fotonaponskih modula.



Slika 6. Prikaz fotonaponskog sustava [3]

Princip rada fotonaponskih, odnosno solarnih sustava temeljen je na pretvorbi energije Sunčeve svjetlosti u električnu energiju pomoću fotonaponskih ćelija. Fotonaponske ćelije, poznate i kao solarne ćelije, izrađene su od poluvodičkih materijala, uglavnom od silicija. U trenutku kada Sunčeva svjetlost udari u površinu solarne ćelije, dolazi do pobuđivanja elektrona u poluvodičkom materijalu. Kao posljedica toga dolazi do njihovog kretanja te se stvara električna struja. Taj proces naziva se fotonaponski efekt. Fotonaponske ćelije spajamo serijski i paralelno kako bi se formirao fotonaponski modul. Više modula spaja se kako bi se formirao fotonaponski niz. Na slikama 7. i 8. prikazan je spoj više modula kako bi



se formirao fotonaponski niz.

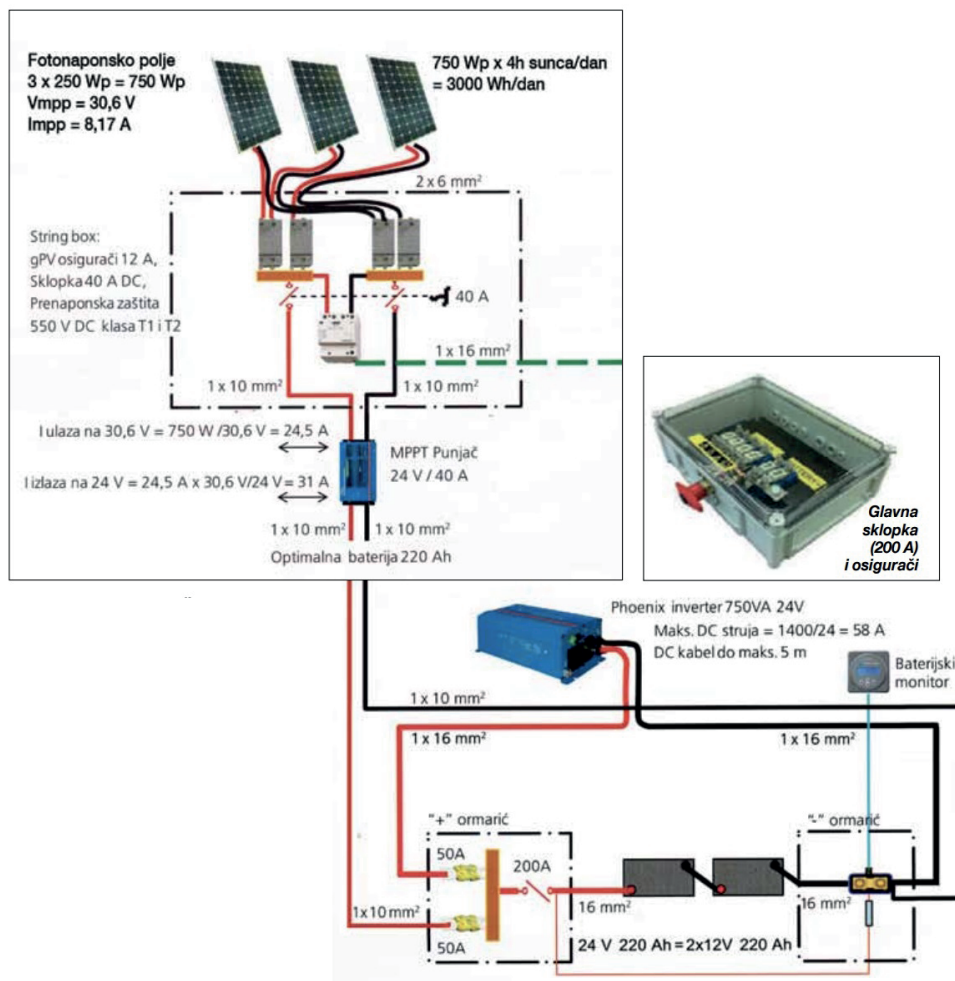


Slika 7. Spoj fotonaponskih modula [izvor: rad autora]



Slika 8. Spoj fotonaponskih modula [izvor: rad autora]

Fotonaponsko polje povezano je s izmjenjivačem pomoću kojega se istosmjerna struja (DC), koju generiraju solarne ćelije, pretvara u izmjeničnu struju (AC). Izmjenična struja potom se koristi za napajanje električnih uređaja ili za napajanje u mrežu. Izmjenjivačem se također omogućuje da izmjenična struja, koju su generirale fotonaponske ćelije, odgovara frekvenciji i naponu električne mreže.



Slika 9. Shema spoja fotonaponskog polja s izmjenjivačem [8]

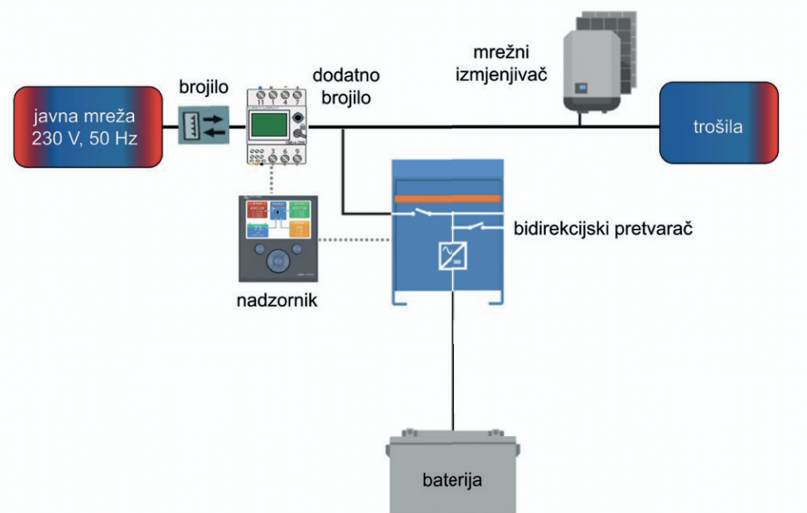
Općenito se može reći da princip rada fotonaponskih sustava uključuje iskorištavanje energije Sunčeve svjetlosti te njezino pretvaranje u upotrebljivu električnu energiju putem fotonaponskog efekta. Taj obnovljivi izvor energije je održiv i čist te pomaže smanjiti ovisnost o fosilnim gorivima.



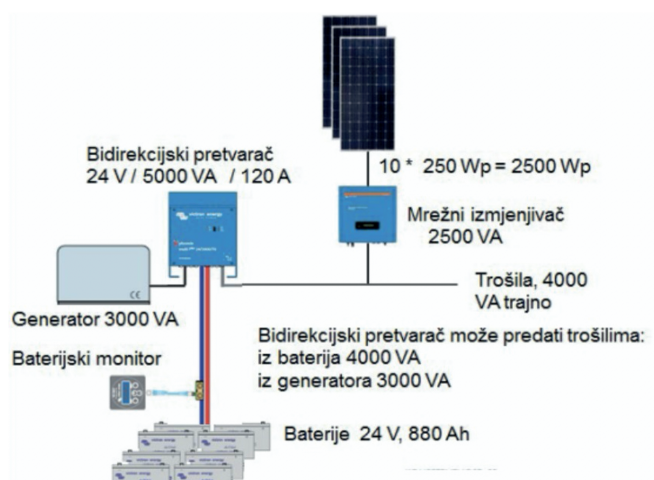
Slika 10. Oblici obnovljivih izvora energije [4]

### 1.1.3. Izmjenjivač

Izmjenjivačima nazivamo uređaje kojima se istosmjerni napon, dobiven iz fotonaponskih modula, pretvara u izmjenični napon koji se potom predaje u električnu mrežu. Izmjenjivač predstavlja neizostavnu komponentu fotonaponskog sustava koji je spojen na mrežu. Dostupni su na tržištu u širokom rasponu snaga - od nekoliko stotina vata (uobičajeno korišteni za male autonomne sustave), preko nekoliko kW (najčešće korišteni, posebice za kućne sustave) - do veličina čak i do 2000 kW (centralni izmjenjivači) za velike fotonaponske elektrane. Postoje različite klasifikacije izmjenjivača za fotonaponske sustave - ovisno o mjestu i broju izmjenjivača u sustavu, ovisno o veličini sustava te posebice ovisno o tipu sustava, odnosno radi li se o mrežno vezanom ili samostalnom sustavu. Svaki od njih ima različite karakteristike i svojstva na koja treba obratiti pozornost.



Slika 11. Spoj izmjenjivača s komponentama mrežnog fotonaponskog sustava [15]



Slika 12. Spoj izmjenjivača s komponentama otočnog fotonaponskog sustava [15]

### 1.1.3.1. Izmjenjivač za samostalne fotonaponske sustave

Valni oblik izlaznog napona kod samostalnih sustava može biti pravokutni, modificirani sinusni ili čisti sinus. Kakav će on biti, ovisi o tipu i o karakteristikama potrošača. U današnje vrijeme na tržištu su dostupni izmjenjivači s čistim sinusom, koji imaju najbolje karakteristike, po cijeni sličnoj ostalim izmjenjivačima te ih je preporučljivo koristiti.

Ulazni istosmjerni napon izmjenjivača ovisan je o naponu akumulatora i on uobičajeno iznosi 12, 24 ili 48 V, dok je uobičajen izlazni izmjenični napon 230 V. Ova veličina definira nazivnu snagu izmjenjivača koju on može isporučiti na svome izlazu te ona ograničava snagu potrošača koji se spajaju na izmjenjivač.

Prilikom određivanja veličine ormarića potrebno je poznavati dimenzije i težinu izmjenjivača kako bi se osiguralo dovoljno prostora za izmjenjivač.

### 1.1.3.2. Mrežno vezani izmjenjivači

Izlaz mrežno vezanih izmjenjivača mora biti sinkroniziran s naponom mreže, tj. mora mu odgovarati po iznosu, frekvenciji i fazi, ovisno o lokalnim uvjetima.

Ulazni (napon niza) i izlazni (napon električne mreže) su jedan od osnovnih parametara izmjenjivača. Ulazni napon predstavlja najveći napon koji je dopušteno dovesti na ulaz izmjenjivača te ova veličina određuje najveći mogući broj modula spojenih u seriju. Izlazni napon izmjenjivača je sukladan naponu mreže, odnosno 230 V ukoliko se radi o jednofaznom izmjenjivaču, odnosno 400 V ako se radi o trofaznom.

Pri planiranju smještaja izmjenjivača potrebno je poznavati dimenzije i težinu izmjenjivača, kako bi se odredila dobra pozicija za njegovo postavljanje. Povećanjem snage izmjenjivača povećava se i njegova masa, što treba uzeti u obzir prilikom planiranja.

Mrežno vezani izmjenjivači moraju imati ugrađene zaštite i automatsko isključivanje u slučaju:

- kvara električne mreže
- previsokog/preniskog mrežnog napona
- odstupanja frekvencije mreže
- pregrijavanja izmjenjivača
- niskog ulaznog napona fotonaponskog polja
- preniske ulazne snage fotonaponskog polja.

Moderni izmjenjivači u sebi imaju ugrađen i sklop za praćenje točke maksimalne snage, kojima prilagođavaju ulaznu impedanciju na veličinu koja odgovara trenutačnoj maksimalnoj mogućoj snazi fotonaponskog polja pri specifičnim uvjetima ozračenosti.

Izmjenjivači se montiraju u razne prostore te postoji mogućnost da će tijekom svoga rada biti izloženi prašini, vlazi ili čak prskanju, stoga je potrebno odabrati uređaj dovoljne razine IP zaštite.

Izmjenjivač je potrebno postaviti u zaštićenu prostoriju ili kućište zaštićeno od vanjskih vremenskih utjecaja. U svakome slučaju, izmjenjivače koji nisu predviđeni za vanjsku uporabu potrebno je smjestiti unutar vodonepropusnog kućišta. Izmjenjivače u autonomnim sustavima je potrebno smjestiti što je moguće bliže baterijskoj banci, kako bi se smanjili gubitci u vodovima od baterija do izmjenjivača. U većini slučajeva potrebno je razmotriti sigurnosne aspekte te ostaviti dovoljno praznog prostora između izmjenjivača i baterija zbog eventualnih isparavanja iz baterija. Fotonaponski izmjenjivač prikazan je na slici 13.



Slika 13. Fotonaponski izmjenjivač [8]

Svi potrebni elementi za postavljanje izmjenjivača na okomite površine uobičajeno dolaze s izmjenjivačem (vijci, kliješta itd.). Na izmjenjivaču su u pravilu već određene odgovarajuće rupe i kukice koje je potrebno koristiti tijekom instalacije, prema preporukama i uputama proizvođača (npr. za ispravno ventiliranje izmjenjivača).

Električno spajanje izmjenjivača s ostatkom sustava relativno je jednostavna operacija, budući da su izmjenjivači već tvornički pripremljeni za spajanje. Izmjenjivač uobičajeno ima dvije ulazne priključnice za spajanje baterijske banke i regulatora punjenja (ako se radi o autonomnim sustavima), dvije priključnice za spajanje fotonaponskog polja (ali nije neuobičajeno sresti izmjenjivače s više ulaznih priključnica za fotonaponsko polje) te dvije ili tri priključnice (faza, nula i uzemljenje) za spajanje na električnu mrežu ili trošilo, ovisno o tipu izmjenjivača. Izvedbe priključnica kod izmjenjivača malih snaga razlikuju se od proizvođača do proizvođača. Priključnice kod izmjenjivača većih snaga uobičajeno su izvedene kao redne stezaljke. Kod svake priključnice jasno su istaknuti simboli i označen tip priključka. Priključnice izmjenjivača najčešće su zaštićene od dodira, kako bi se spriječio eventualni strujni udar osoblja koje radi u njihovoj blizini.

#### 1.1.4. Baterijski sustavi

Baterije su neizbježna komponenta samostalnih sustava kojima je potrebna pohrana energije za sigurnu opskrbu sustava. Za ovu namjenu najčešće se koriste jedan od dva tipa akumulatorskih baterija: suhe olovne ili litij-ionske baterije. Nove tehnologije izrade baterije omogućuju veći broj ciklusa punjenja i životni vijek do 15 godina. Ipak, konačan vijek



trajanja akumulatorske baterije ovisit će o režimima punjenja i pražnjenja te o održavanju. Regulatorom punjenja određujemo način punjenja akumulatorskih baterija, ovisno o dostupnoj energiji s fotonaponskih modula. Punjač ima funkciju zaštite akumulatorskih baterija, tj. omogućuje prestanak punjenja kada se baterija u potpunosti napuni. Također služi kao zaštita od predubokog pražnjenja. Daje informacije o stanju napunjenosti te o potrošnji energije.

Karakteristike na koje je potrebno obratiti pozornost kod izbora baterijskog sustava su:

- tehnologija izrade
- tip
- kapacitet
- fizičke karakteristike
- mogućnost montaže.

U fotonaponskim sustavima koriste se stacionarne baterije. Gel baterije imaju slične karakteristike kao i olovne baterije. Budući da imaju različita svojstva korištenog elektrolita, nisu podložne održavanju. Održavanje ovakvih sustava značajno je olakšano, te iz tog razloga ove baterije postaju sve popularnije.

Postoje dva tipa baterija: baterije izvedene u jednom bloku (tzv. mono-blok baterije) i baterijski članci napona 2 V. Mono-blok baterije su kompaktne baterije s izlaznim naponom od 12 V. Koriste se kada nije potreban veliki kapacitet pohrane. U slučaju većih kapaciteta baterijske banke (više od 1000 Ah), potrebno je koristiti baterijske članke napona 2 V spojene serijski i paralelno, kako bi se postigao željeni napon i kapacitet. Na tržištu postoji cijeli niz baterija različite izvedbe i kapaciteta.

Potreban kapacitet akumulatorske baterije određuje se prema potrebama potrošača, odnosno njihovoj potrošnji energije tijekom faze projektiranja sustava. Pri odabiru konkretne baterije, uvijek je potrebno odabrati kapacitet koji je viši od onoga proračunatog projektom. Struja pražnjenja definira se faktorom C (npr. C10, C20, C100). Ovaj parametar se koristi kod usporedbe različitih baterija. Korištenje baterija nazivnog kapaciteta C20 ili C100 preporučljivo je za fotonaponske sustave, budući da se pri ovim stopama pražnjenja baterije ostvaruju najveći kapaciteti.

Najbitnije fizičke karakteristike baterije su dimenzije i masa. Masa je bitna karakteristika jer određuje potrebne alate za montažu i transport. Treba imati na umu da baterijske banke većeg kapaciteta mogu imati značajnu masu.

Prilikom instalacije baterija potrebni su određeni posebni alati i oprema. Baterije se uobičajeno montiraju na izoliranu površinu, kako bi se spriječilo eventualno curenje elektrolita u tlo i smanjila izloženost baterija vlažnosti tla. Nadalje, terminale baterija potrebno je izvesti na način da se izolira kontakt voda i baterijskog pola te izbjegne bilo kakva mogućnost korozije i pražnjenja baterije kroz terminale. Baterije je potrebno prevesti na mjesto montaže prazne te ih napuniti na lokaciji. Prilikom montaže, spajanja i rukovanja baterijama, potrebno je koristiti zaštitnu opremu zbog izloženosti otrovnim i korozivnim

supstancama. Potrebno je razmotriti tri glavne točke prilikom montaže baterije: lokaciju, pozicioniranje i električno spajanje.

Baterije se uvijek postavljaju u zatvorenim prostorijama, zaštićene od vanjskih utjecaja i izravnog Sunčevog svjetla. U slučaju da tekući elektrolit nije pravilno hermetički zatvoren unutar baterija, prostoriju u kojoj su smještene te baterije treba prozračivati, kako se ne bi stvorili štetni i opasni plinovi. Dodatno, u prostoriji se ne bi smjeli nalaziti uređaji koji mogu izazvati požar ili iskrenje. Ovisno o broju potrebnih baterija, bit će potrebno ugraditi posebna podnožja za smještaj i stabilnost baterija. Ova podnožja također štite baterije od moguće vlage, korozije ili doticaja s različitim tekućinama koje se mogu nalaziti na podu.

Prilikom postavljanja baterija, potrebno je slijediti sljedeće savjete:

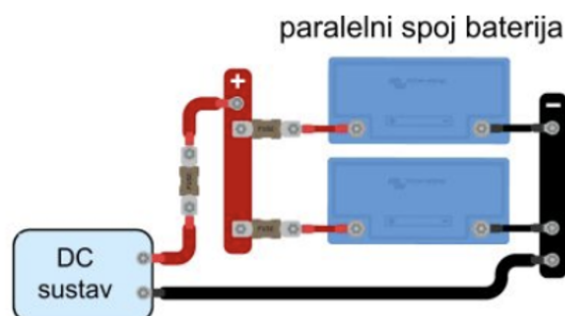
- radna površina mora biti u potpunosti vodoravna i izravnata
- potrebno se uvjeriti da je kapacitet baterija jednak ili nešto veći od kapaciteta predviđenog projektom
- prilikom prenošenja baterija, potrebno je koristiti mehanička pomagala, budući da težina baterija i polica može preći 100 kg
- nije dozvoljeno koristiti terminalne baterije za mehaničko učvršćivanje.

U slučaju neusklađenog broja baterija potrebno ih je grupirati, ostavljajući dovoljno mjesta između njih kako bi se omogućilo pravilno održavanje i rukovanje.

Vrlo je bitno da svi spojevi imaju jednake električne značajke te je najbolje sve spojeve izvesti materijalom od istoga proizvođača. Iznimno u slučaju zamjene baterije u kvaru, ne bi se smjele miješati nove i stare baterije. Postoje dvije glavne grupe baterije prema izvedbi spojnih terminala:

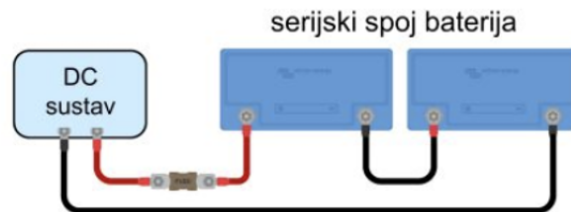
1. baterije opremljene s terminalima kompatibilnim sa standardnim spojnicama
2. baterije koje imaju vlastiti tip spojnica posebno dizajniran samo za njih.

Razlikujemo serijsko, paralelno i mješovito spajanje baterija. Kod paralelnog spajanja baterijskih članaka (najmanje dva), koristi se tzv. križno spajanje koje omogućava jednako pražnjenje obiju baterija. U slučaju da je jedna od baterija u kratkom spoju, ostale će se isprazniti kroz nju te uzrokovati nepovratno kvarenje karakteristika svih baterija.



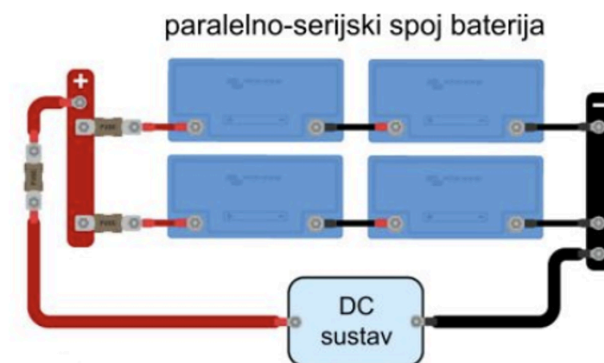
Slika 14. Paralelni spoj baterija [19]

Fotonaponski sustav s nazivnim naponom potrošača od 24 V treba dvije baterijske banke od po 12 volti spojene serijski, kako bi se povećao napon. Kod fotonaponskog sustava s nazivnim naponom od 48 V, potrebno je serijski spojiti četiri baterijske banke od po 12 V.



Slika 15. Serijski spoj baterija [19]

Kod mješovitog spoja željeni napon se postiže spajanjem određenog broja baterija u seriju. Serijski spoj tvori osnovu ovakvog sustava za pohranu energije, dok se željeni kapacitet postiže paralelnim spajanjem dodatnih serijski spojenih baterija. Pri paralelnom spajanju uvijek se koriste križni spojevi.



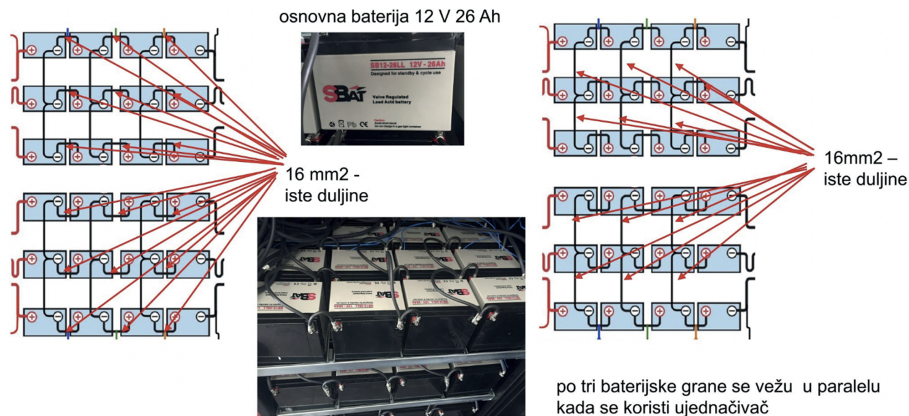
Slika 16. Mješovito spajanje [19]

Kako bi se dobila odgovarajuća baterijska banka, na primjer napona 48 V, potrebno je imati raspoložive baterije 12 V 26 Ah. Napon od 48 V ostvaruje se spajanjem četiriju baterija u seriju. Prilikom spajanja treba obratiti pozornost da se veze među baterijama izvode čim kraće te da budu iste duljine u cijelom slogu. Ukoliko je to izvedivo, taj spoj može biti od plosnatog bakra, no tada svi spojevi moraju biti istog otpora. Spoji li se tih po četiri serijski spojenih baterija u šest grana paralelno, dobivamo kapacitet od 156 Ah pri 48 V, što se može vidjeti na slici 17.



### Baterijski slog:

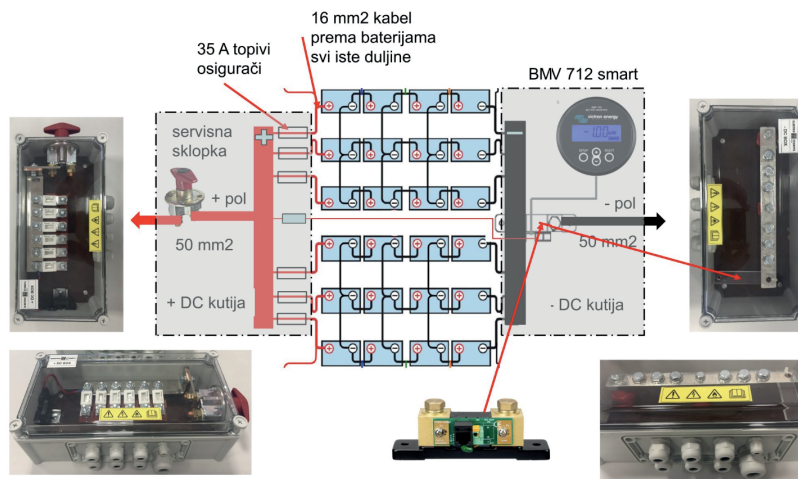
- povezivanje 4 baterije u seriju da se dobije grana napona 48 V
- paralelno povezivanje 6 grana da se dobije kapacitet 156 Ah
- međuveze za priključak ujednačivača baterija



Slika 17. Povezivanje baterija u baterijski slog 48 V 156 Ah [18]

Međusobno povezane baterijske grane i baterije završavaju na sabirnicama u sabirničkim kutijama, kako je to prikazano idućom fotografijom, slika 18. [18]

### Baterijski slog: 6 x 4 = 24 baterije 12 V, 26 Ah; ukupno 156 Ah 48 V



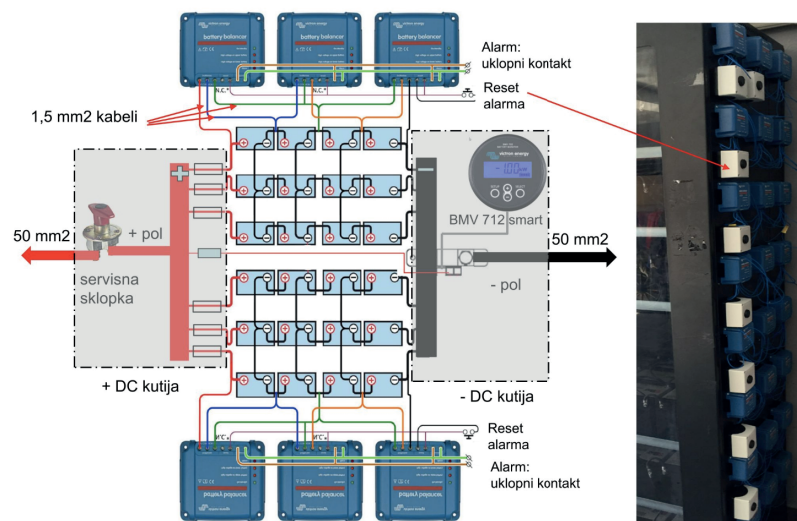
Slika 18. Povezivanje baterija s „+“ i „-“ sabirničkim kutijama [18]

Spojevi moraju biti između jednakih duljina sve od krajeva grana baterija pa do polova sabirnica u sabirničkim kutijama. U kutiji polariteta „+“ nalazi se i servisna sklopka, te topivi osigurači grana baterija. Trajna dozvoljena istosmjerna struja koja protječe kroz kabel je 2 A/, te se tada za zaštitu kabela koristi osigurač od 35 A s presjekom kabela 16. To znači da će iz „+“ pola baterijskog sloga od 6 grana ići  $6 \times 35 = 210$  A. Međutim, tolika struja nam nije

potrebna pa se iz kutije ide s najmanje 50 čime se očekuje struja jedva 100 A iz sloga prilikom pražnjenja i punjenja. Stvarna događanja unutar sloga prate se pomoću nadzornika baterije koji je smješten u kutiji „-“ polariteta.

Mjerni član mora imati i „+“ napajanje, a to se osigurava pomoću rastalnog osigurača 1 A preko „+“ sabirničke kutije.

Baterijski slog dopunjava se uređajima za ujednačavanje baterija, kako je to prikazano na slici 19.



Slika 19. Baterijski slog 48 V 156 Ah s ujednačivačima [18]

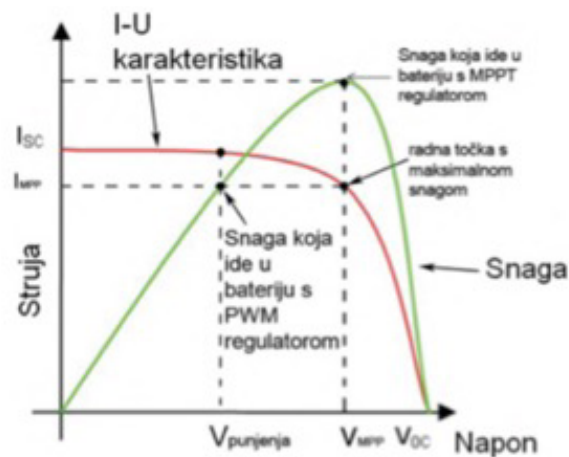
Ti uređaji imaju zadatak praćenje punjenja baterija te pri samom kraju punjenja „koče“ punjenje onih baterija, čije je punjenje brže od drugih.

### 1.1.5. Regulator punjenja

Najznačajnije karakteristike regulatora punjenja su:

- tip regulacija
- električne karakteristike
- fizičke karakteristike i
- način montaže.

Regulatori mogu biti spojeni serijski ili paralelno, mogu raditi u dva ili tri različita načina punjenja i mogu imati sklop za praćenje točke maksimalne snage.



Slika 20. I-U karakteristika [12]

U današnje vrijeme na tržištu postoji veći broj regulatora punjenja s različitim svojstvima i po povoljnim cijenama. Paralelni regulatori preporučljivi su kod sustava male potrošnje, dok se serijski regulatori koriste i u sustavima male i veće potrošnje, ovisno o načinu regulacije punjenja akumulatorske banke.

Kod odabira regulatora potrebno je uzeti uz obzir sljedeće električne karakteristike:

- napon niza: uobičajeno 12, 24 ili 48 V
- maksimalna struja punjenja akumulatorske banke
- efikasnost regulatora – interna potrošnja energije regulatora i
- maksimalna struja kratkog spoja.

Najznačajnije fizičke karakteristike regulatora su dimenzije, težina i klasa zaštite. Dimenzije i težinu regulatora potrebno je uzeti u obzir prilikom odabira ormarića u koji će regulator biti smješten. Klasa zaštite odredit će smije li se regulator izlagati vanjskim utjecajima. U općem slučaju, regulatori su postavljeni u zatvorene ormariće, ali u blizini baterijske banke na način da se izbjegnu utjecaji isparavanja baterija.

Iako proces montaže ne zahtijeva posebnu pozornost, potrebno je poduzeti mjere opreza kao i kod rada bilo s kojim elektroničkim uređajem. U većem broju slučajeva preporučljivo je koristiti zaštitu od električnog preopterećenja (u slučaju kratkog spoja). Nadalje, posebnu pozornost potrebno je posvetiti ispravnom uzemljenju metalnih dijelova koji nisu vodiči. Električno povezivanje regulatora s ostalim elementima sustava treba provesti na sljedeći način:

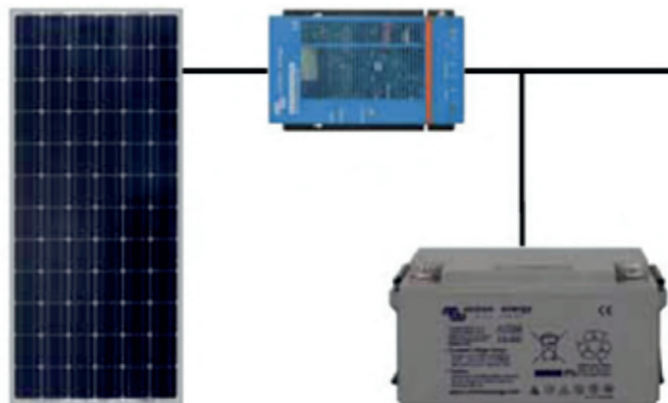
1. spojiti baterije na regulator
2. spojiti FN polje na regulator
3. spojiti trošila.

Regulator punjenja je neophodna komponenta kod autonomnih fotonaponskih sustava te svih sustava s pohranom energije.

Pogodna lokacija za smještaj regulatora trebala bi udovoljiti sljedećim zahtjevima: maksimalna temperatura zraka u prostoriji ne smije prijeći 45 °C, prostor mora biti dobro ventiliran, bez propuštanja zraka ili vanjskih tekućina te zaštićen od vanjskih utjecaja. Idealna lokacija je u blizini akumulatorske banke, ali uz izbjegavanje utjecaja eventualnih isparavanja iz baterija.



Slika 21. MPPT tip regulatora [12]



Slika 22. Smještaj regulatora punjenja unutar FN sustava [12]

Prilikom razvoja uređaja proizvođači predviđaju način montaže regulatora. Regulator se postavlja u vertikalnom položaju, izravno na okomitu stranicu (npr. zid). Najčešća metoda učvršćivanja je ona s nekoliko vijaka i kukama. Uređaji se najčešće isporučuju sa svom potrebnom opremom za učvršćivanje. Također je potrebno osigurati i ispravno ventiliranje uređaja.

Regulator punjenja opremljen je s priključnicama označenim simbolima za svaki vod. Mogu se prepoznati tri različita terminala – za fotonaponske module, bateriju i trošilo, skupa s naznačenim polaritetima svake priključnice. Prije bilo kakvog spajanja potrebno je provjeriti ispravnost polariteta i ispravnost spoja svakog voda. U protivnom se riskira nastanak šteta zbog pogrešnog spajanja.

Kod priključivanja regulatora, potrebno je slijediti sljedeću proceduru:

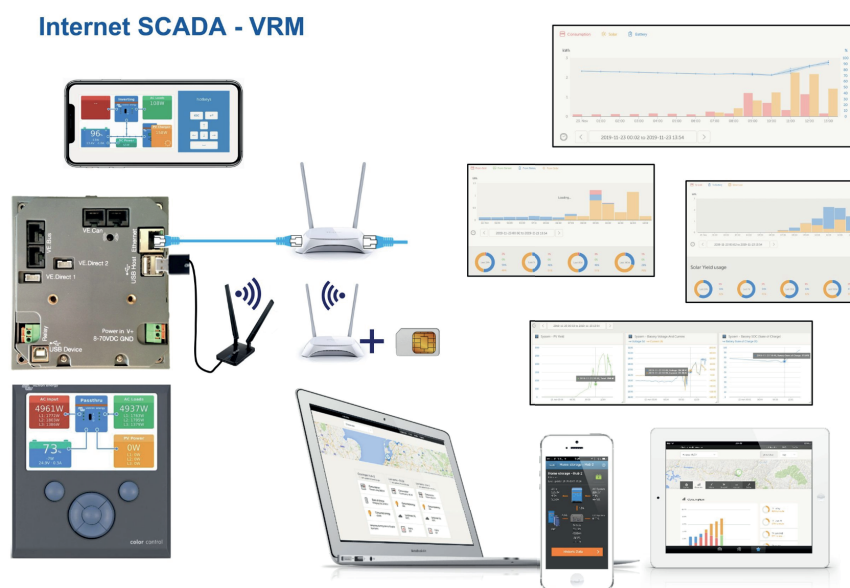
1. spojiti baterijsku banku na terminale regulatora označene simbolom baterije
2. spojiti FN polje na označeni terminal regulatora
3. spojiti trošilo na priključnice pazeći na polaritet.

Ukoliko se ne poštuje redoslijed spajanja, može doći do nepovratnih oštećenja, posebice u slučaju korištenja serijskih regulatora. U slučaju odspajanja regulatora, potrebno je primijeniti obrnuti postupak od spajanja:

1. odspojiti trošilo
2. odspojiti FN polje s terminala
3. odspojiti bateriju su terminala.

### 1.1.6. Nadzornik baterije

Jednako važno povezivanju sustava s javnom energetska mrežom je i povezivanje sustava s informacijskom mrežom uz danas obavezno povezivanje i s pametnim telefonom, slika 23. Nadzornik sustava Color control priključuje se izravno kabelom na mrežni usmjernik u objektu ili pak preko Wi-Fi veze. Sam nadzornik nema Wi-Fi u sebi pa se preko USB priključka spaja na odgovarajući Wi-Fi modul. Usmjernik žično ili preko GSM modula komunicira s internetom. Za sustav je proizvođač stavio na raspolaganje besplatnu programsku aplikaciju VRM portal za prikaz podataka na koju se prijavljuje nadzornik koji tamo ostavlja svoje podatke. Korisnik može u nizu organiziranih pregleda daljinski pregledavati i pratiti rad sustava. Pristup Color control nadzorniku moguć je i preko telefona izravnim spajanjem na Wi-Fi mrežu uz sami nadzornik ili opet preko VRM portal aplikacije. Pri tome aplikacija daje izravan pristup Color control nadzorniku kao da korisnik stoji ispred nadzornika i tipka po njemu! [18]



Slika 23. Nadzor EES-a [18]

Glavni zadatak nadzornika baterija je precizan uvid stanja koje je dobiveno mjerenjem trenutnih vrijednosti struja punjenja/praznjenja, pohranjene ili izvučene energije iz baterije, napona baterije, stanja napunjenosti i mjerenjem vremena do pražnjenja baterije uz trenutnu potrošnju. Njegova predviđena radna temperatura je od -20 do +50 Celzijevih stupnjeva. Ima nisku potrošnju jer je konstantno spojen na bateriju, koja iznosi 4 mA pri naponu od 12 V, tj. 3 mA pri naponu od 24 V. Na slici 24. prikazan je nadzornik baterije koji se koristi za ugradnju u fotonaponske sustave. Kao što je to prikazano na slici, na sebi sadrži nekoliko tipki i pokazivač. Pomoću tipki pregledava napon modula, trenutnu snagu koju priključeni moduli proizvedu, struju koja ide u bateriju, ukupnu proizvedenu energiju tijekom dana i napon baterije. Uređaji koji imaju stabilizirani DC izlaz za DC trošila, pomoću nadzornika baterije imaju mogućnost prikaza trenutne izlazne struje. Najnovijim verzijama uređaja omogućuje se i pregled rada unazad mjesec dana. Nadzornikom je moguće promijeniti parametre regulatora koje su podešene tvornički. To je značajno kako bi se regulator čim bolje prilagodio izabranoj bateriji.



Slika 24. Nadzornik baterije [12]

Kako bismo ugrubo odredili stanje baterije, mjeri se napon baterije. Ovisno o njegovom iznosu može se odrediti u kakvom se stanju nalazi baterija. Struja baterije je vrijednost izražena u amperima i predstavlja onu struju koja ili ulazi ili izlazi iz baterije. Prilikom pražnjenja baterije ona je negativna (-), dok je prilikom punjenja baterije pozitivna (+). Energija povučena iz baterije mjeri se u ampersatima (Ah) te predstavlja količinu energije koja je povučena iz baterije nakon zadnje napunjenosti baterije. Kada je baterija u potpunosti napunjena, ta vrijednost se automatski postavlja na 0,0 Ah. Stanjem napunjenosti u postotcima predstavlja se najbolja mjera stanja baterije prilikom čega 100 % odgovara potpuno napunjenoj bateriji, a 0 % potpuno praznoj bateriji. Vrijeme ispražnjenja baterije prilikom trenutne potrošnje očitava se u satima te se koristi za prikazivanje broja preostalih sati do potpunog pražnjenja baterije.

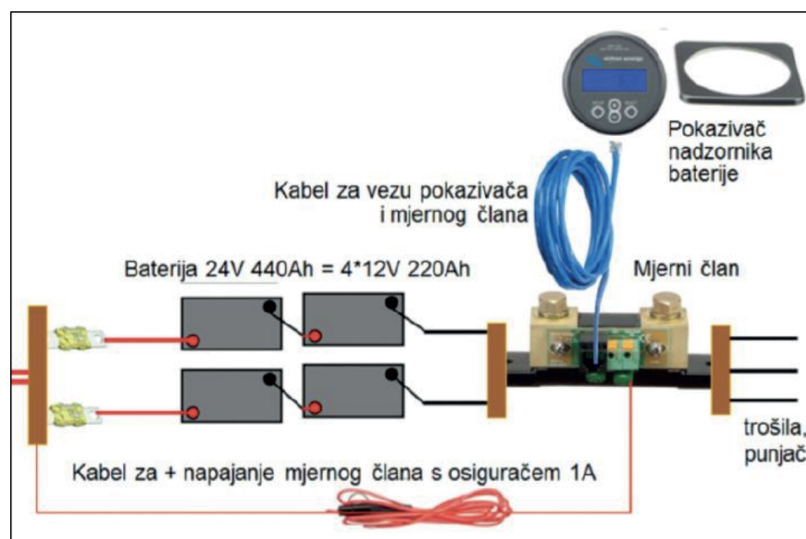


Nadzornik baterije posjeduje zvučni i vizualni alarm. On se aktivira ukoliko dođe do prekoračenja dopuštenog maksimalnog napona baterije, tj. aktivira se u onom trenutku kada prijeđe u stanje donje granične ispražnjenosti.

Nadzornik baterija također služi i za prikupljanje podataka o radu baterije. Podatci koje je moguće pohraniti i očitati su:

- dubina najdubljeg pražnjenja baterije
- dubina zadnjeg pražnjenja nakon zadnje sinkronizacije
- prosječna dubina pražnjenja
- broj ciklusa punjenja (ciklus započinje svaki put kada se napunjenost baterije spusti ispod 65 % ili kad premaši 90 % kapaciteta)
- broj potpunih pražnjenja
- kumulativni broj Ah povučenih iz baterije
- najmanje izmjereni napon baterije
- broj dana od posljednjeg stanja stopostotne napunjenosti
- broj automatskih sinkronizacija nadzornika
- broj alarma zbog preniskog napona
- broj alarma zbog previsokog napona. [12]

Na slici 25. prikazana je izvedba spoja s elementima nadzornika baterije.

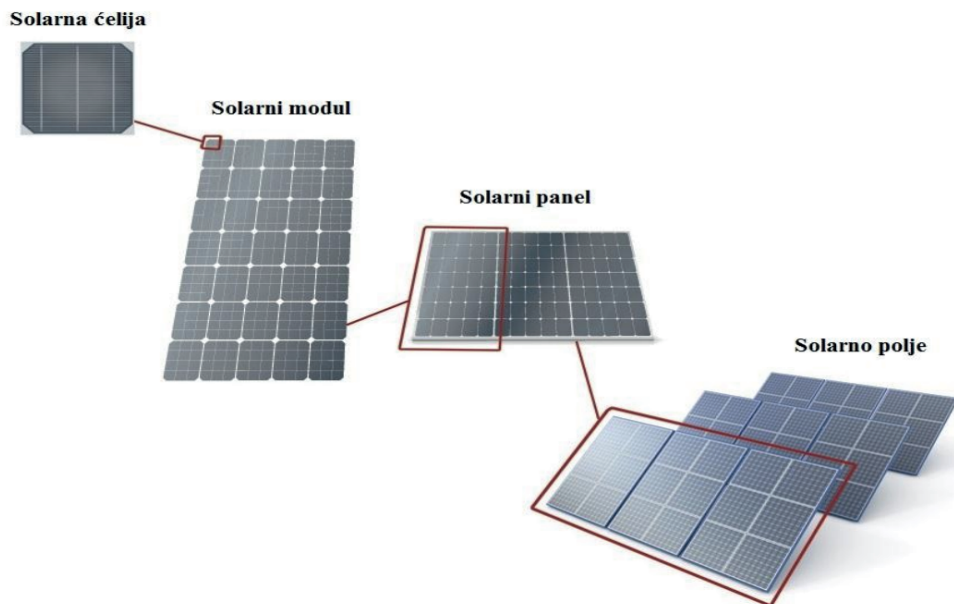


Slika 25. Izvedba spoja nadzornika baterije s njegovim elementima [12]

### 1.1.7. Fotonaponski paneli

Fotonaponske ćelije su osnovna jedinica fotonaponskog sustava. Uobičajeno su vrlo male i proizvode oko 3 – 4 W pa i više energije. Kako bi se dobila veća snaga na izlazu, fotonaponske ćelije međusobno se povezuju. Povezivanjem većeg broja fotonaponskih ćelija dobiva se fotonaponski modul. Širina fotonaponskog modula može biti i do nekoliko desetaka centimetara. Njihova nazivna snaga kreće se između nekoliko vata (20 – 60 W) pa sve do nekoliko stotina vata (preko 400 W). Snaga ovisi o veličini modula i o tehnologiji izrade ćelija. Moduli manjih snaga uobičajeno se koriste kod samostalnih sustava gdje je potreba za energijom manja. Da bi se ostvarile veće snage fotonaponskog polja, fotonaponski moduli spajaju se serijski u nizove. Njihovim spajanjem u seriju povećava se izlazni napon. Serijski nizovi spajaju se u fotonaponska polja, prilikom čega se povećava i struja. Spajanjem fotonaponskih modula dobivaju se fotonaponski paneli. Oni se nadalje mogu povezivati kako bi se osigurala veća količina električne energije te s ostalim elementima čine fotonaponski sustav koji tvori zaokruženu cjelinu. Površina fotonaponskih panela ovisi o potrebama potrošača i o količini raspoložive Sunčeve svjetlosti na lokaciji koju promatramo.

Paneli su glavni dio fotonaponskih sustava. Njihova učinkovitost određena je različitim čimbenicima, kao što su kvaliteta poluvodičkog materijala, kut i orijentacija panela prema Suncu te intenzitet Sunčeve svjetlosti. Na slici 26. prikazan je postupak spajanja ćelije u fotonaponske module, panele i nizove.



Slika 26. Spajanje fotonaponskih (solarnih) ćelija u fotonaponske (solarne) panele i nizove [7]

Fotonaponski paneli se mogu spajati na različite načine ovisno o specifičnim zahtjevima sustava. Tri najčešća spoja su serijski, paralelni i mješoviti, odnosno serijsko-paralelni spoj. Kod serijskog spoja pozitivni polaritet napona (terminal) jedne ploče spojen je na negativni potencijal iduće ploče, i tako se nastavlja dalje. Napon svake ploče prilikom



tog spoja se zbraja, a struja ostaje ista. Ovakav spoj upotrebljava se za povećanje ukupnog napona sustava, što je značajno korisno kada fotonaponski paneli moraju isporučiti snagu na velike udaljenosti. Za razliku od serijskog spoja, kod paralelnog spoja zajedno su spojeni pozitivni polaritet ploča, a također i negativni. Struja svake ploče se zbraja, dok napon ostaje isti. Ovakav spoj se koristi za povećanje ukupnog strujnog kapaciteta sustava, što je korisno kada postoje problemi sa zasjenjenjem ili kada je potrebna veća struja. Serijsko-paralelni spoj je metoda koja kombinira i serijski i paralelni spoj. Najprije se višestruko spajaju serijski nizovi panela, a zatim se spajaju paralelno. Ovakav pristup spajanju omogućuje povećanje napona i struje. Obično se koristi u većim solarnim instalacijama za postizanje željenih razina napona i struje. Važno je napomenuti da se prilikom povezivanja fotonaponskih panela treba pridržavati smjernica za pravilno ožičenje i električnu sigurnost, kako bi se osigurao učinkovit i siguran rad sustava. Preporuča se konzultirati se s kvalificiranim električarom ili instalaterom solarne energije.

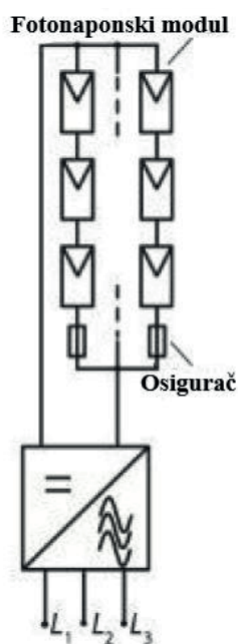
Princip rada fotonaponskih panela temelji se na fotonaponskom efektu. Kada Sunčeva svjetlost pogodi solarnu ploču, fotoni u Sunčevoj svjetlosti prenose svoju energiju na elektrone u poluvodičkom materijalu. Takva energija uzrokuje da elektroni postanu uzbuđeni i oslobode se svojih atoma stvarajući protok električne struje. Fotonaponske ćelije spojene su u seriju i u paralelu kako bi formirale fotonaponske ploče. Električna struja koju generiraju fotonaponske ćelije zatim se prikuplja i šalje u izmjenjivač, koji pretvara istosmjernu struju (DC) u izmjeničnu struju (AC) koja se može koristiti za napajanje električnih uređaja ili se može poslati u električnu mrežu.

### 1.1.8. Pretvarači

Pretvarači su elementi ključni za pretvorbu električne energije u fotonaponskom sustavu. Njihov zadatak je pretvoriti istosmjernu struju koja se dobiva iz fotonaponskih panela u izmjeničnu struju. Ovisno o vrsti fotonaponskog sustava, mrežnom ili autonomnom, razlikujemo karakteristike pretvarača. Pretvarači kod mrežnih sustava spajaju se direktno na fotonaponske panele pa je prema tome pretvarač direktno spojen na javnu mrežu. Iz tog razloga izmjenična struja koju je pretvorio pretvarač mora biti u fazi sa strujom koju daje mreža. Kada dođe do nestanka napajanja s mreže, pretvarač se isključuje. Kod autonomnih sustava pretvarači se uobičajeno spajaju na baterijske spremnike. Njima se sprječava duboko pražnjenje baterije čime se produljuje vijek trajanja baterije. Razlikujemo:

- centralne pretvarače
- mikropretvarače
- pretvarače niza i
- centralne pretvarače s optimizatorom.

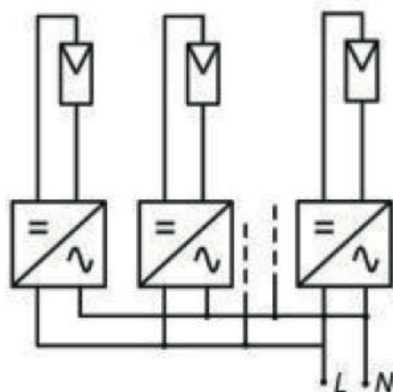
Centralni pretvarači su najjednostavniji pretvarači koje koriste fotonaponski sustavi. Serijskim spajanjem fotonaponskih modula dobiva se veći napon. Dobivena serije se potom spaja u paralelu te se na taj način dobiva fotonaponska mreža koja se potom spaja na centralni pretvarač. Na slici 27. prikaza je shema centralnog pretvarača.



Slika 27. Shema centralnog pretvarača [20]

Koriste se kod velikih fotonaponskih elektrana te su u takvoj izvedbi centralni pretvarači uobičajeno istosmjerni s tri faze. Budući da upotrebljavaju samo nekoliko komponenti, vrlo su pouzdani. Bez obzira na svoju jednostavnost i niske troškove, imaju i nekih nedostataka. Nedostatak je što istosmjerni kabeli prenose velike količine snage, što može uzrokovati sigurnosne probleme. Troškovi se mogu povećati radi odabira odgovarajuće debljine izolacije istosmjernog kabela.

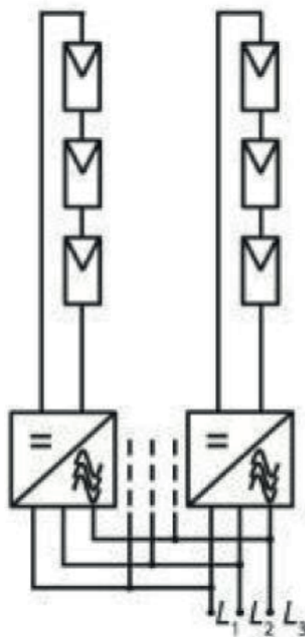
Mikropretvarači se spajaju na jedan ili više modula. Njihova nazivna snaga iznosi nekoliko stotina W. Zahtijevaju dvostupanjsko pretvaranje snage jer je napon modula nizak. Prvim stupnjem pretvaranja snage napon podižemo na željenu vrijednost, a drugim stupnjem se taj napon pretvara u izmjenični. Na slici 28. prikazana je shema mikropretvarača.



Slika 28. Shema mikropretvarača [20]

Uobičajeno se postavljaju blizu fotonaponskog panela, no mogu u nekim slučajevima biti integrirani u panelima (tzv. izmjenični fotonaponski paneli). Prednost ovakvih pretvarača je brza i laka instalacija i niska cijena. Zbog njihova postavljanja u blizini panela, rade na svim vanjskim uvjetima, odnosno na visokim i niskim temperaturama, ledu, kiši i slično. Nedostatak im je što su izvedeni za mali raspon ulaznih napona. Iz tog razloga se ne mogu koristiti prenosne diode kod fotonaponskih modula koje premošćuju jednu ili dvije trećine modula.

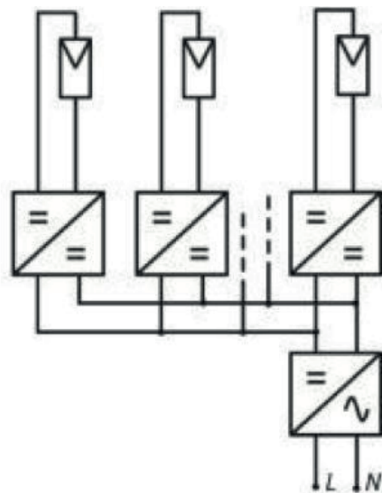
Kombinacijom prednosti koje imaju centralni pretvarači i mikropretvarači dobivaju se pretvarači niza. Njihova snaga u jednofaznoj izvedbi iznosi 5 - 6 kWp, dok u trofaznoj iznosi 20 - 30 kWp. Na slici 29. prikazana je shema pretvarača niza.



Slika 29. Shema pretvarača niza [20]

Glavni nedostatak ovog pretvarača je što napon praznog hoda može ići čak do 1 kV. Budući da se oni ugrađuju u kućanstva, poslovne zgrade bez nekih posebnih sigurnosnih zahtjeva i slično, to je vrlo važno jer je zbog tog nedostatka potrebno osigurati dobar sustav zaštite s naglaskom na odgovarajući izbor istosmjernog kabela.

Centralni pretvarač s optimizatorom predstavlja hibridnu verziju centralnog i mikropretvarača. Na svaki modul ima priključenu optimizacijsku kutiju te sadrži fotonaponski regulator punjenja i istosmjerno-istosmjerni pretvarač. Na slici 30. prikazana je shema centralnog pretvarača s optimizatorom.

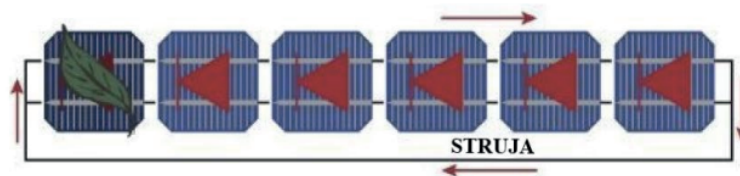


Slika 30. Shema centralnog pretvarača s optimizatorom [20]

Glavna prednost centralnog pretvarača s optimizatorom je ta što svi optimizatori imaju mogućnost rada na naponu bliskom naponu fotonaponskog modula. Iz tog je razloga istosmjerno-istosmjerna pretvorba vrlo učinkovita. Također nema problema sa zagrijavanjima jer optimizatori troše malu količinu energije.

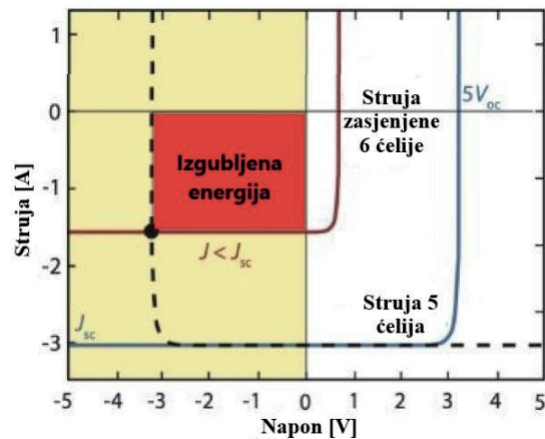
### 1.1.9. Premosne diode

Premosne diode sadrže fotonaponski moduli. One su potrebne iz razloga što fotonaponski moduli mogu biti djelomično zasjenjeni u stvarnim uvjetima. Sjenu stvaraju objekti u blizini, drveće, dimnjaci u blizini ili slično. List koji padne na fotonaponski modul također može uzrokovati zasjenjenje. To zasjenjenje može imati posljedice na izlazne parametre tog fotonaponskog modula. Kako bismo bolje razumjeli ulogu premosne diode u fotonaponskom modulu, uzimamo šest fotonaponskih ćelija koje su serijski spojene i od kojih je jedna prekrivena listom, kao što je to prikazano idućom slikom.



Slika 31. Šest serijski spojenih fotonaponskih ćelija bez premosnih dioda [20]

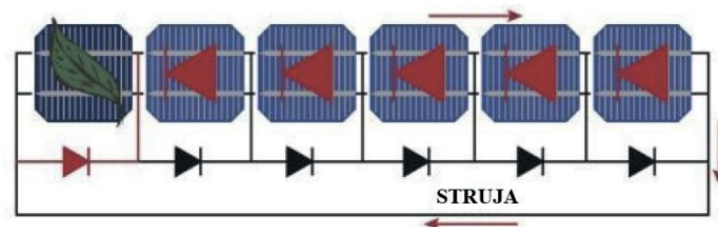
Kada list prekrije jednu fotonaponsku ćeliju, dolazi do smanjenja struje koju ćelija proizvodi. Struja se kod serijskog spoja fotonaponskih ćelija određuje najmanjom strujom koju jedna ćelija proizvodi. Na slici 32. možemo vidjeti U-I karakteristiku fotonaponskih ćelija koje nisu zasjenjene i karakteristiku jedne ćelije koja je zasjenjena.



Slika 32. I-U karakteristika fotonaponskih ćelija koje nisu zasjenjene i jedne ćelije koja je zasjenjena [20]

Pet fotonaponskih ćelija koje nisu zasjenjene ponašaju se kao obrnuti izvor u odnosu na onu diodu koja je zasjenjena, što je na slici 32. prikazano isprekidanom linijom. Zasjenjena fotonaponska ćelija radi na sjecištu svoje i isprekidane krivulje. Prema tome, radna točka nalazit će se u području negativnog napona, što znači da fotonaponska ćelija neće proizvoditi energiju već „prosipa energiju” te se počinje zagrijavati. Njezina temperatura može doseći toliku vrijednost da zaštitni sloj između antireflektirajućeg sloja i stražnjih slojeva modula pukne. Isto tako se i parametri fotonaponskog modula smanjuju uslijed visoke temperature.

Uvođenjem prenosnih dioda u spoj sa slike 31. mogu se spriječiti zasjenjenja.



Slika 33. Šest serijski spojenih fotonaponskih ćelija s prenosnim diodama [20]

Kao što nam je već poznato, dioda ima zadatak blokiranja struje kada je pod utjecajem negativnog napona, dok pod djelovanjem pozitivnog napona provodi struju. Prema tome, ako fotonaponska ćelija nije izložena zasjenjenju, struja neće teći kroz prenosnu diodu. No, ukoliko dođe do zasjenjenja i samo jedne fotonaponske ćelije, prenosna dioda provodit će struju. Rezultat toga bit će pojava struje koja teče kroz prenosnu diodu i fotonaponski modul. Zasjenjena ćelija tada će moći i dalje proizvoditi struju, koja će biti jednaka onoj u jednoj nezasjenjenoj fotonaponskoj ćeliji. U realnom slučaju svaka fotonaponska ćelija nije opremljena prenosnom diodom, već grupa fotonaponskih ćelija dijeli jednu prenosnu diodu. Tako npr. fotonaponski modul, koji se sastoji od 60 fotonaponskih ćelija koje međusobno spojene serijski čine niz, može sadržavati tri prenosne diode, a svaka od njih bit će podijeljena na 29 fotonaponskih ćelija.



# 2

## POGLAVLJE

---

**Nakon ovog poglavlja moći ćete:**

- definirati i razlikovati vrste fotonaponskih sustava.

## 2.1. VRSTE FOTONAPONSKIH SUSTAVA

### 2.1.1. Otočni sustavi (off-grid)

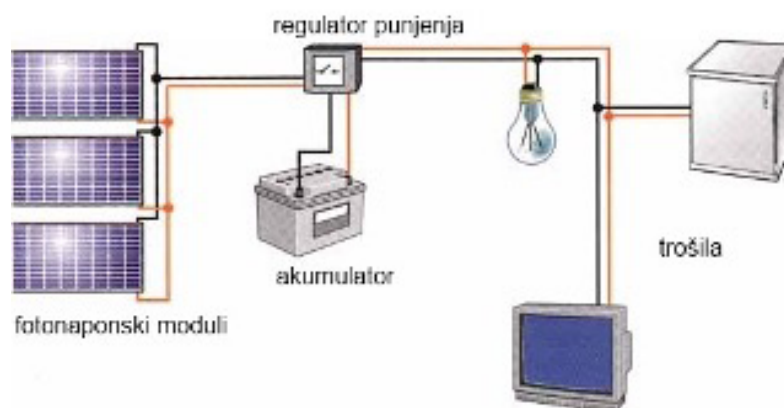
Otočni sustavi su fotonaponski energetska sustavi čiji je rad neovisan o glavnoj elektroenergetskoj mreži. Uobičajeno se koriste na udaljenijim područjima ili na otocima gdje je spajanje na mrežu neisplativo ili neizvedivo. Također se koristi za osiguranje dovoljne količine energije za pojedinačne objekte poput rasvjeta, raznih vrsta signalizacija i upozorenja, za sustave nadgledanja i slično.

Sustav proizvedenu električnu energiju koristi trenutno, dok se višak pohranjuje u baterije ili akumulacije. Upravo iz tog razloga nužno je da ovakav sustav posjeduje bateriju ili akumulator koji u tom slučaju predstavljaju spremnik za električnu energiju. Kako bi se što učinkovitije iskoristio sustav, uz bateriju ili akumulator potrebno je dodati i regulator kontroliranog punjenja i pražnjenja baterije. Dodavanjem izmjenjivača otočnom sustavu omogućuje se opskrba mrežnih potrošača kojima je potreban izmjenični napon (televizori, usisavači, hladnjaci i slično).

Osnovne komponente otočnog sustava čine:

- fotonaponski moduli
- regulator punjenja
- akumulatorska baterija
- trošila i
- izmjenjivač.

Na slici 34. prikazan je otočni fotonaponski sustav sa svojim osnovnim komponentama.



Slika 34. Prikaz otočnog sustava [4]

Fotonaponskim ćelijama odvija se pretvorba svjetlosne energije u električnu energiju, prilikom čega se povratni, odnosno reverzibilni elektrokemijski proces obavlja u akumu-



latoru. Taj proces povezan je s pražnjenjem i punjenjem akumulatora. Proizvedena električna energija u trošilima pretvara se u toplinsku, svjetlosnu, mehaničku ili u neki drugi oblik energije.

Prednost ovakvog sustava je pružanje mogućnosti skladištenja električne energije u baterije ili u akumulatora te se ta energija može koristiti bilo kada. Ovakvim sustavom povećava se sigurnost sustava, poboljšana je energetska neovisnost i nema dodatnih troškova. Promjena godišnjih doba smatra se nedostatkom otočnog sustava, no taj se nedostatak može nadoknaditi povećanjem skladištene energije.

### 2.1.2. Mrežni sustav

Mrežni sustav fotonaponski je energetski sustav koji je međusobno povezan s glavnom električnom mrežom. Za ovakav sustav može se još reći da je to sustav u kojem se proizvedena električna energija koristi kako bi se pokrila potrebna opskrba objekta u kojem se taj sustav nalazi. Predstavlja najčešći tip solarnih instalacija te omogućuje besprijekornu integraciju solarne energije s postojećom mrežnom infrastrukturom. Mrežni sustavi priključuju se izravno na elektroenergetsku mrežu ili se priključuju na javnu mrežu preko kućnih instalacija. Ovakav tip fotonaponskih sustava ne zahtijeva posjedovanje baterija ili akumulatora, iz razloga što javna elektroenergetska mreža ima funkciju spremnika za električnu energiju.

Osnovni elementi mrežnog sustava su fotonaponski paneli koji proizvode istosmjernu struju različitog napona ovisno o intenzitetu svjetlosti, izmjenjivač koji pretvara istosmjernu struju u izmjeničnu struju sinkroniziranu s frekvencijom i naponom i dvosmjerno brojilo koje evidentira predanu ili preuzetu električnu energiju iz mreže. U slučaju kada je proizvodnja električne energije veća od same potrebe napajano objekta, višak te energije dostavlja se mreži, a u slučaju kada proizvodnja električne energije ne zadovoljava potrebnu količinu koju objekt zahtijeva, energiju uzimamo iz mreže.

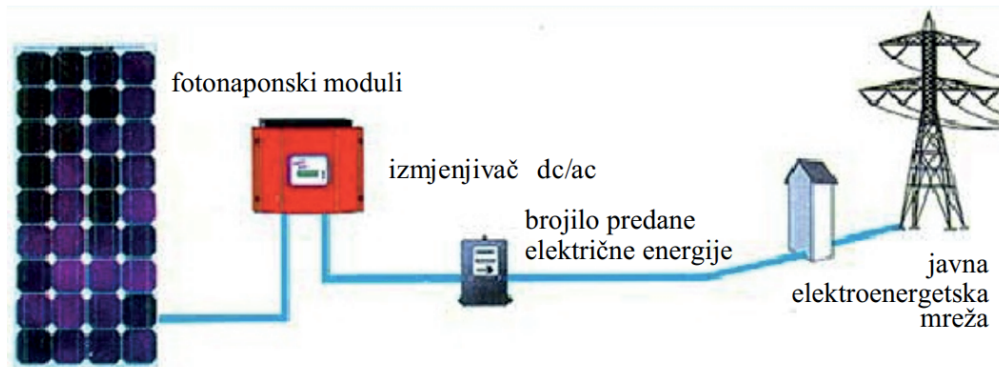
Prednosti mrežnog sustava su mogućnost nadoknade troškova električne energije, smanjenje ovisnosti o fosilnim gorivima te doprinosi čistijoj i održivijoj energetskej budućnosti. Uz to je ovakvim tipom fotonaponskog sustava omogućena komunikacija između mreže i sustava, što je značajno bitno prilikom prevelike ili nedovoljne proizvodnje električne energije.

#### 2.1.2.1. Mrežni sustavi izravno spojeni na javnu elektroenergetsku mrežu

Izravno priključeni mrežni sustavi na javnu mrežu spojeni su tako što se poslije izmjenjivača i mjernog brojila fotonaponski sustav spaja na javnu elektroenergetsku mrežu direktno, kao što je to prikazano na idućoj slici (slika 35.).

Osnovne dijelove ovog sustava čine:

- fotonaponski moduli
- fotonaponski izmjenjivač
- montažna podkonstrukcija
- brojilo predane i preuzete električne snage.



Slika 35. Fotonaponski sustav izravno priključen na javnu elektroenergetsku mrežu [4]

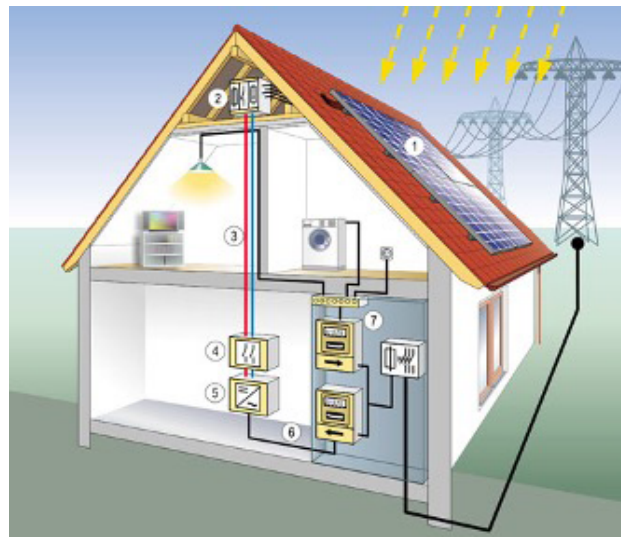
Fotonaponskim modulima pretvara se svjetlosna energija u električnu energiju istosmjernog oblika, prilikom čega se izmjenjivačem prilagođava oblik električne energije koja je proizvedena u oblik koji se može predati javnoj elektroenergetskoj mreži. Mrežnim izmjenjivačima proizvode se izmjenična struja i oni osiguravaju da isporučeni napon bude u fazi s naponom mreže.

### 2.1.2.2. Mrežni sustavi priključeni na javnu režu preko kućne instalacije

Fotonaponski sustavi koji su na mrežu priključeni preko kućnih instalacija ubrajaju se u distribuiranu proizvodnju električne energije. Time je omogućeno povezivanje niskonaponskog elektroenergetskog sustava s distribuiranim sustavom.

Glavni dijelovi ovog tipa mrežnih sustava prikazani su na slici 36.:

- fotonaponski moduli (1)
- spojna kutija sa zaštitnom opremom (2)
- kabeli istosmjernog razvoda (3)
- glavna sklopka za odvajanje (4)
- izmjenjivač (5)
- kabeli izmjeničnog razvoda (6)
- brojlara predane i preuzete električne energije (7).



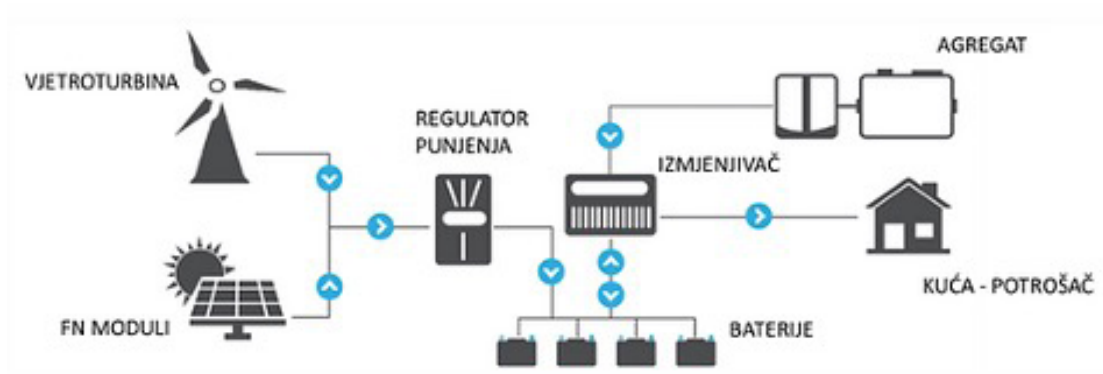
Slika 36. Mrežni sustav priključen na javnu mrežu preko kućne instalacije [4]

Ovakav sustav ubraja se u najpopularniji tip fotonaponskih sustava. U slučaju proizvedenog viška električne energije dopuštena je predaja energije lokalnom distributeru, budući da je fotonaponski sustav, preko kućne instalacije, u paralelnom pogonu s distribucijskom mrežom. Vrijedi i suprotno pa kada nije proizvedena dovoljna količina električne energije za potrebe kućanstva, električna energija uzima se iz elektroenergetske mreže.

### 2.1.3. Hibridni sustavi

Hibridni fotonaponski sustav omogućava kombiniranu proizvodnju električne energije s drugim izvorima energije kako bi se osiguralo što učinkovitije i pouzdanije rješenje. Uobičajeno integrira solarne panele s drugim obnovljivim izvorima energije, poput vjetroturbina ili generatora. Fotonaponski sustavi i vjetroturbine imaju mogućnost povezivanja zajedničkim izmjenjivačima. Time se postiže veća raspoloživost i sigurnost električne energije i ujedno je potreban manji kapacitet akumulatora koji služi kao spremnik proizvedene električne energije.

Sustav uključuje fotonaponske panele koji se koriste za pretvorbu energije Sunčeva zračenja u električnu energiju na temelju fotonaponskog učinka. Prilikom izloženosti Sunčevoj svjetlosti dolazi do generiranja istosmjerne struje između ploča. Generirana struja potom se šalje u izmjenjivač gdje se pretvara u izmjeničnu struju. Ta izmjenična struja prikladna je za napajanje električnih trošila unutar sustava. To bi značilo da se proizvedenom električnom energijom najprije napajaju trošila, a višak se potom pohranjuje u za to predviđene akumulatorne. Kada ne bi postojao uvjet proizvodnje električne energije putem fotonaponskih modula, akumulator bi postao izvor napajanja za istosmjerna ili izmjenična trošila, a ako to nije ostvarivo, onda se uključuje generator na biodizel gorivo ili biodizel. Na slici 37. prikazan je hibridni fotonaponski sustav.



Slika 37. Prikaz hibridnog fotonaponskog sustava [9]

Hibridni sustav ima mogućnost spajanja na glavnu mrežu na sličan način kao i mrežni sustav. Višak generirane energije može se vratiti u mrežu, a električna energija se može izvući iz mreže ako proizvodnja sustava nije dovoljna. Pohrana energije može se koristiti tijekom razdoblja niske fotonaponske proizvodnje ili kada je mreža nedostupna, pružajući rezervni izvor energije. Hibridni fotonaponski sustav zahtijeva kontrolni sustav kako bi se upravljalo protokom električne energije između različitih izvora energije, mreže i električnih potrošača. Sustavom upravljanja optimizira se korištenje raspoloživih izvora energije te se osigurava stabilno i pouzdano napajanje.

Kombiniranjem više izvora energije osigurava se pouzdanija i stabilnija opskrba električnom energijom u odnosu na ostale vrste fotonaponskog sustava. Ovakav sustav povećava energetske neovisnost, smanjuje oslanjanje na mrežu i pruža mogućnost proizvodnje električne energije čak i tijekom razdoblja niske fotonaponske proizvodnje. Dodatno, sama mogućnost pohrane viška proizvedene energije te njezino kasnije ponovno korištenje sustav čini učinkovitijim i otpornijim.

#### 2.2.4. Brodski sustavi

Brodski fotonaponski sustavi projektirani su posebno za korištenje u morskim okruženjima, poput čamaca, jahti i drugih plovila. Ovakvi sustavi koriste fotonaponsku energiju za proizvodnju električne energije na brodu, pružajući prilikom toga obnovljiv i održiv izvor energije. Očekuje se da su ovakvi sustavi vodootporni, otporni na koroziju, fleksibilni i lagani. Brodski fotonaponski sustavi izrađeni su da izdrže morsko okruženje, uključujući izlaganje slanoj vodi, visokoj vlažnosti i mogućim udarima. Paneli kod brodske mreže uobičajeno su inkapsulirani u vodonepropusni materijal, poput kaljenog stakla ili specijalnih premaza koji je otporan na koroziju, kako bi se zaštitili od vlage i korozije. Pružaju održiv i pouzdan izvor električne energije za pomorske primjene, smanjujući prilikom toga ovisnost o tradicionalnoj proizvodnji energije na bazi goriva. Samim time pružaju ekološki prihvatljivije rješenje za napajanje brodova, jahti i sl.

Generirana energija pohranjuje se u baterije za kasniju upotrebu. Time je omogućeno neprekidno napajanje i u slučaju kada motor ne radi ili kada energija s obale nije dostupna. Upravo iz tog razloga najčešće se primjenjuju za punjenje tih baterija za kasnije napajanje. Brodski paneli vrlo često su dizajnirani da budu lagani i fleksibilni, čime je njihova ugradnja i integracija lakša prilikom postavljanja na zakrivljene površine broda. Prilagođavaju se površini plovila, čime se povećava dostupna površina za hvatanje Sunčeve energije. Sustav pruža mogućnost integracije s drugim izvorima energije, slično kao i hibridni sustav, čime se zapravo značajno povećava pouzdanost i učinkovitost opskrbe električnom energijom za potrebe plovila. Brodski sustavi zahtijevaju minimalno održavanje. Preporuka je da se paneli redovito čiste kako bi se uklonila prljavština, prašina i ostatak soli i osigurala optimalna učinkovitost. Na slici 38. prikazan je način priključivanja brodskih trošila na napajanje s obale.



Slika 38. Priključak brodskih trošila na napajanje s obale [11]



# 3

## POGLAVLJE

---

### **Nakon ovog poglavlja moći ćete:**

- definirati važne parametre za dimenzioniranje fotonaponskih elektrana
- definirati kako parametri utječu na dimenzioniranje fotonaponskih elektrana
- definirati dimenzioniranje otočnih fotonaponskih sustava.

### 3.1. Dimenzioniranje fotonaponskih elektrana

Prije same izrade dokumentacije, dimenzioniranja i projektiranja fotonaponskih sustava potrebno je da instalater obiđe lokaciju te da utvrdi njezinu pogodnost za instalaciju fotonaponskog sustava. Instalater prilikom obilaska mora imati odgovarajuću opremu, a u slučaju posebnih uvjeta potrebno je da ima i zaštitnu opremu. U osnovnu opremu ubraja se kutnik, karta, uređaj kojim se određuje kretanje Sunca, metar, fotoaparati i kompas.

Za vrijeme obilaska lokacije instalater prikuplja sve podatke koji će mu kasnije koristiti za dimenzioniranje sustava i za određivanje njegove cijene. Posebna pozornost prilikom obilaska usmjerava se na:

- dostupnu površinu (npr. krov)
- potencijalnu lokaciju na kojoj će biti smještena fotonaponska polja
- moguću lokaciju gdje će biti smještena povratna oprema
- rutu za vodove
- zasjenjenja
- karakteristike zemljišta i
- orijentaciju i nagib krova.

Kada nosivost krova nije dovoljna da se na njega postave fotonaponski moduli, potrebno je dodatno savjetovanje instalatera sa statičarom kako bi se krov poboljšao.

Prilikom obilaska lokacije nužno je ustanoviti i moguće zdravstvene i sigurnosne rizike do kojih može doći prilikom instaliranja fotonaponskih sustava. Zadatak instalatera je da prema tome odredi najbolji mogući pristup lokaciji ako se rad obavlja na visini te je nužno da uoči moguće opasnosti od padajućih objekata i slično. Također je potrebno odabrati odgovarajuću opremu prilikom odabira rute vodova kako bi se sustav na siguran način mogao priključiti na mrežu.

U slučaju da je krov na koji se postavlja fotonaponski sustav oštećen ili sklizak, dodatno je potrebno utvrditi hoće li takav krov uopće biti pogodan za instalaciju fotonaponskog sustava. Prilikom postavljanja fotonaponskog sustava potrebno je pridržavati se mjera sigurnosti koje vrijede za rad na visini. Važno je pratiti i trenutne klimatološke uvjete prilikom postavljanja fotonaponskih sustava. Tako se za vrijeme snježnih ili vjetrovitih dana savjetuje da se radovi izbjegavaju.

Prije samoga dimenzioniranja potrebno je i da instalater ima jasnu sliku želja i zahtjeva korisnika. Korisnike treba upoznati s važnim pitanjima poput veličine sustava, postoje li određeni poticaji ili subvencije pri izgradnji tog sustava, odgovoriti na pitanja o mogućnosti proizvodnje te o visini investicije. Sustav koji se odabere trebao bi zadovoljiti sve potrebe i očekivanja korisnika. Prilikom razgovora s instalaterom, korisnik ima pravo postaviti pitanja koja ga zanimaju. Na ta pitanja bi instalater trebao imati spreman odgovor.



Dozračena Sunčeva energija najveći je čimbenik pri proizvodnji električne energije pomoću fotonaponskog sustava. Prema tome možemo zaključiti da je lokacija za postavljanje sustava od presude važnosti. Južniji predjeli u pravilu imaju veću ozračenost od sjevernijih predjela. Potencijal odabira lokacije najbolje se može odrediti kartama Sunčevog zračenja.

Fotonaponski sustav mora biti projektiran na način da može izdržati sve vremenske uvjete, poput visokih temperatura, udara vjetrova i grmljavine. Treba uzeti u obzir da će navedeni vremenski uvjeti postupno dovesti do smanjenja proizvodnje električne energije iz fotonaponskih sustava. Na nižim temperaturama će fotonaponski moduli biti učinkovitiji. Iz tog razloga postavlja se odgovarajuća ventilacija koju je potrebno instalirati na određenom razmaku u odnosu na podlogu.

Od velike važnosti je odrediti zasjenjenje na lokaciji prije projektiranja fotonaponskog sustava. Ono je jedna od bitnih karakteristika prilikom odabira lokacije. To je parametar o kojemu ovise gubitci u fotonaponskom sustavu. Efikasan rad fotonaponskog sustava postiže se ako se oni nalaze minimalno šest sati bez zasjenjenja. Razlikujemo nekoliko vrsta zasjenjenja:

- povremena
- globalna na lokaciji
- od bližih građevina i
- samozasjenjenja.

Snijeg, prašina, lišće i zagađenost zraka najčešći su uzroci povremenih zasjenjenja. Godišnje se radi takvih zasjenjenja gubi 2 – 5 %, a mogu se smanjiti ili izbjeći pravilnim nagibom fotonaponskih modula te čišćenjem prašine i prljavštine s njih.

Još jedno od važnijih karakteristika pri instaliranju fotonaponskih sustava je orijentacija i nagib fotonaponskog polja. Većina sustava je projektirana tako da je fiksna, a ne da prati kretanje Sunca tijekom dana. Optimalno je da se fotonaponski sustavi orijentiraju prema jugu. Najveća snaga iz fotonaponskih sustava dobiva se kada Sunčeve zrake padaju okomito na plohu. Moduli bi trebali biti nagnuti prema prosječnoj visini Sunca na lokaciji. Ta visina ovisi o zemljopisnoj dužini lokacije. Također, fotonaponski sustavi mogu biti instalirani na građevini na kojoj module neće biti moguće orijentirati na jug. Tada se oni postavljaju na zapad ili na istok. Postavljanje modula na sjever nije preporučljivo.

Uz sve navedeno, prilikom obilaska lokacije potrebno je detaljno odrediti godišnju proizvodnju sustava i potrebnu površinu. Približna procjenu površine koja je potrebna može se odrediti pomoću jednadžbe . Gruba procjena proizvodnje fotonaponskog sustava može se odrediti stupnjem djelovanja. On opisuje odnos između proizvodnje sustava i jednog sustava u idealnim uvjetima, odnosno bez gubitaka. Njegova tipična vrijednost iznosi 60 – 70 %, no moguće je dosegnuti i veće vrijednosti.

### 3.1.1. Dimenzioniranje otočnih fotonaponskih elektrana

Posebna pozornost pridaje se dimenzioniranju otočnih fotonaponskih sustava. Ti sustavi moraju biti dimenzionirani tako da pokriju korisnikove potrebe i tijekom zime. Iz tog razloga nagib plohe povećava se za oko 15 stupnjeva. No ako se sustav koristi samo tijekom ljeta, moguće je kut nagiba smanjiti za 15 stupnjeva. U Hrvatskoj je poželjno da to bude oko 30 – 35 stupnjeva.

Prilikom dimenzioniranja otočnih sustava nužno je poznavati potrošače i okvir potrošnje. Bez tih ispravnih podataka sustave nije moguće ispravno dimenzionirati te se time ugrožava sigurnost opskrbe električnom energijom. Tablicu prosječne potrošnje instalater može odrediti pomoću potrošnje pojedinačnih uređaja i njihovog prosječnog korištenja.

Prilikom dimenzioniranja ovih sustava u obzir se uzima mjesec koji je imao najmanju prosječnu dnevnu količinu Sunčevog zračenja za vrijeme rada fotonaponskog sustava. Ozračenost plohe određuje nagib i orijentaciju fotonaponskog polja. U slučaju da je ozračenost jedina informacija koja je dostupna, potrebno je primijeniti korelacijski faktor orijentacije i nagib.

Dimenzioniranje ovakvih sustava odvija se u pet koraka:

- 1. korak - definiranje potrošnje objekta
- 2. korak - osnovni parametri sustava
- 3. korak - proračun kapaciteta akumulatora i dnevnog punjenja
- 4. korak - proračun broja potrebnih modula
- 5. korak - provjera usklađenosti komponenata
- 6. korak - susret investitora s realnošću.

#### 1. korak - definiranje potrošnje objekta

Dimenzioniranju se uvijek pristupa prema željama investitora, zavisno od količine energije kojom se želi raspolagati tijekom dana. Prema tome definira se snaga trošila te period, odnosno vrijeme kroz koje će trošilo raditi. Umnožak snage trošila ( $W$ ) i vremena tijekom kojega je trošilo uključeno ( $h$ ) predstavlja potrebnu energiju za rad trošila ( $Wh$ ). U tablici 1. naveden je primjer kako se upisuje snaga i vrijeme uključenosti pojedinačnog trošila, dok se na dnu te tablice nalazi maksimalna snaga koja je dobivena sumiranjem. Za neka trošila, poput perilica koje posjeduju snažan grijač, uzima se i koeficijent od maksimalne do srednje snage jer taj grijač neće biti konstantno uključen.

Tablica 1. Primjer definiranja potrebe energije na dan

TABLICA 1 Primjer definiranja potrebne energije na dan

AC	Trošila 230 V, 50 Hz	Snaga (W)	Vrijeme uključenosti trošila u danu (h)	Koeficijent: od maksimalne do srednje snage	Potrebna energija (Wh)
1	Perilica posuđa	1.200	3	0,7	2.520,0
1	Kuhinjska napa	150	1	1	150,0
1	Hladnjak	100	24	0,1	240,0
1	Aparat za kavu	750	0,5	0,2	75,0
1	Radio	40	1	1	40,0
1	TV	70	1	1	70,0
1	Perilica rublja	1.700	2	0,2	680,0
1	Klima	2.000	3	0,4	2.400,0
1	Ostala rasvjeta 230 V	500	4	1	2.000,0
1	Ostalo na 230 VAC	200	5	1	1.000,0
<b>Maksimalna snaga (W):</b>		<b>6.710</b>	<b>Ukupna energija (Wh):</b>		<b>9.175</b>

Primjer 1. Ako imamo perilicu čija snaga grijača iznosi 1200 W te je uključena 3 h na dan zahtijevat će  $1200 \times 3 = 3600$  Wh energije. No, budući da grijač nije konstantno uključen, potrebna je manja količina energije, npr.  $3600 \times 0,7 = 2520$  Wh.

Maksimalna snaga je snaga koju objekt može očekivati od sustava, a da istovremeno rade sva trošila. Izmjenični motori mogu povući kratkotrajno višestruku nazivnu struju pa je prilikom dimenzioniranja potrebno obratiti pozornost na to. Uobičajeno to ne predstavlja problem jer pretvarač kratkotrajno može osigurati dvostruku nazivnu snagu. Nazivna snaga je ona snaga koju pretvarač može trajno izdržati, odnosno to je snaga koja služi za pokretanje motora.

## 2. korak - osnovni parametri sustava

Prema maksimalnoj snazi i količini energije koja je potrebna tijekom dana za rad objekta, odabiru se osnovni parametri sustava. U osnovne parametre sustava ubrajamo napon akumulatora, projektirani stupanj pražnjenja akumulatora, stupanj korisnog djelovanja u procesu punjenja akumulatora, trajanje autonomije sustava, prihvatljivo trajanje samooporavka sustava i koeficijent korištenog objekta. U tablici 2. naveden je izbor osnovnih parametara sustava.

Tablica 2. Osnovni parametri sustava

Napon baterije (V)	48
Koeficijent dubine pražnjenja akumulatora	0,5
Stupanj korisnog djelovanja punjenja	0,9
Trajanje autonomije (d)	1
Potpuni oporavak sustava (d)	10
Koeficijent korištenja sustava	1

Radi tehnoloških razloga napon akumulatora mora biti višekratnik broja 12. Kada govorimo o akumulatoru do 1000 Ah, koristi se jedinica 12 V. Za kapacitet akumulatora veći od 1000 Ah, koristi se jedinica 2 V. Da bi se ostvario napon od 24 ili 48 V, potrebno je jedinice spojiti u seriju. Što je napon sustava veći, to će struje biti manje. Samim time i kabel će biti manjeg presjeka. Dozvoljena istosmjerna struja kojom se kabel opterećuje po iznosi od 2 A/.

*Praktično se do 1,2 kW nazivne snage izmjeničnih trošila može ići s 12 V naponom akumulatora (struje na DC strani oko 100 A). Iznad 1,2 kW, a do maksimalno 5 kW nazivne snage trošila, ide se s 24 V (struje na DC strani do 200 A). Iznad 5 kW do 10 kW nazivne snage trošila ide se obavezno na 48 V (struje na DC strani opet do 200 A). U konkretnom slučaju izabran je napon akumulatora 24 V.[14]*

Kod otočnih sustava životni vijek olovnih akumulatora ovisi o dubini njihovog pražnjenja. Akumulator će izdržati kraći broj pražnjenja ako se „dublje“ prazni. Iz toga slijedi pojam koeficijenta dubine pražnjenja, koji označava do koje razine kapaciteta se akumulator može isprazniti. Npr. ako on iznosi 0,2 - znači da se smije prazniti do 20 % od svog kapaciteta, tj. da trošilima predaje 80 % od svog kapaciteta. Kako bi osigurali životni vijek akumulatora najmanje 5 do 7 godina, koristimo, što bi značilo da će se akumulatori prazniti do pola kapaciteta. Odnos između broja ciklusa, odnosno životnog vijeka akumulatora i dubine pražnjenja nalazi se u tehničkim podacima za akumulator. Dubljim pražnjenjem smanjuje se životni vijek akumulatora. Svu proizvedenu energiju nije moguće uskladištiti u akumulator te se iz tog razloga definira stupanj korisnog djelovanja punjenja akumulatora. Npr. ako on iznosi 0,9, znači da se svega 90 % proizvedene energije skladišti u akumulatoru. Njegov iznos uzima se od proizvođača akumulatora. O tome koliko dana treba da se potroši akumulirana energija određuje se trajanjem autonomije. Vrijeme koje je potrebno da se sustav oporavi opisuje se trajanjem oporavka sustava, a izražen je u danima. Taj broj, u slučaju da se akumulator isprazni, pokazuje za koliko dana će se on napuniti do 100% uz istovremeno trošenje proizvedene energije. Ovaj podatak od velike je važnosti jer je potreban prilikom odabira broja fotonaponskih modula koji će morati proizvesti veću količinu energije od one količine koja se dnevno planira iskoristi. Koeficijent korištenja prikazuje koristi li se energija skladištena u akumulatoru svakodnevno ili samo npr. preko vikenda. Ako se koristi svakodnevno, on iznosi 1, a ako samo npr. tijekom vikenda, onda iznosi 2/7.

### 3. korak - proračun kapaciteta akumulatora i dnevnog punjenja

Nakon određenih parametara iz koraka 1 i koraka 2 vrši se proračun kapaciteta akumulatora. U tablici 3. dan je proračun kapaciteta akumulatora i dnevnog punjenja.

Tablica 3. Proračun kapaciteta akumulatora i dnevnog punjenja

TABLICA 3 Proračun kapaciteta akumulatora i dnevnog punjenja

Projektirana dnevna potrošnja $E_0 = h_B \times E_V$ (Wh)	10.000
Dnevna potrošnja $Q_D = E_D / U_S$ (Ah)	417
Kapacitet idealnog akumulatora $K_N = n_A \times (E_V) / U_S$ (Ah)	417
Minimalni kapacitet realnog akumulatora $K = K_N / t_z$ (Ah)	833
Potrebno dnevno punjenje $Q_L = (1 / \eta_{Ah}) \times (Q_D + K_N / \eta_E)$ (Ah)	509

Povećamo li broj dana autonomije sustava, povećat ćemo i potrebni kapacitet akumulatora, tj. na samom kraju povećat ćemo cijenu cijelog sustava. Do kapaciteta realnog akumulatora od 833 Ah došlo se zbog održavanja što duljeg životnog vijeka akumulatora. Nakon toga određuje se dnevno punjenje, tj. energija u Ah koju je potrebno pohraniti u akumulator. To je ključan podatak koji dalje definira količinu energije koja se mora dobiti fotonaponskim modulima.

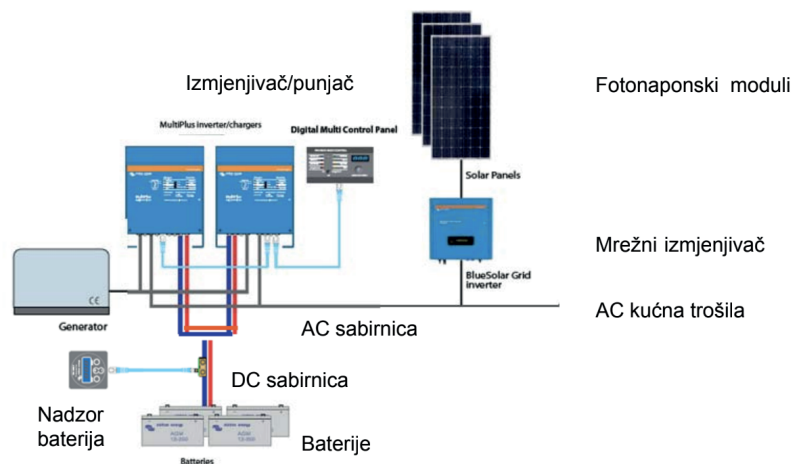
#### 4. korak - proračun broja potrebnih modula

Nakon što su određena prva tri koraka može se odrediti i broj fotonaponskih modula. Serijskim spajanjem fotonaponskih modula dobiva se niz modula. Naponi modula se zbrajaju dok struja ostaje nepromijenjena kroz sve module. Maksimalni ulazni dozvoljeni napon određuje koliko se modula može spojiti u niz. Moduli se spajaju i paralelno, prilikom čega se napon pojedinih modula ne mijenja, a struja im se zbraja. Broj paralelnih nizova također je određen maksimalnim ulaznim dozvoljenim naponom. Paralelnim spajanjem nekoliko nizova dobije se fotonaponsko polje. Na idućoj slici (slika 39.) prikazan je način odabira broja modula.

$P_{mo}$ (Wp)=250	Napon baterije $U_S$ (V) = 48												Modula / Stringu $n_{MS} =$	10	
Sve su jedinice za energiju na dnevnoj razini	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Juni	Juli	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez			
Potrebno dnevno punjenje baterija $Q_L$ (Ah)	815	815	815	815	815	815	815	815	815	815	815	815	815		
Izvor pomoćne energije $E_H$ (Wh) = 7.500 W * 3 h	22500	22500	22500	22500	22500	22500	22500	22500	22500	22500	22500	22500	22500		
Pomoćni izvor $Q_H = E_H / (1,1 \cdot U_S)$ (Ah)	426,1	426,1	426,1	426,1	426,1	426,1	426,1	426,1	426,1	426,1	426,1	426,1	426,1		
Energija iz panela $Q_{PV} = Q_L + Q_H$ (Ah)	388,7	388,7	388,7	388,7	388,7	388,7	388,7	388,7	388,7	388,7	388,7	388,7	388,7		
Energija zračenja na modul snage 1kWp $Y_f$ (kWh/1kWp)	1,96	2,77	3,79	4,31	4,89	5,01	5,32	4,79	4,09	3,10	2,14	1,72			
Energija zračenja po stringu $E_{DC-S} = n_{MS} P_{Mo} \cdot Y_f$ (Wh)	4900	6925	9475	10775	12225	12525	13300	11975	10225	7750	5350	4300			
Energija zračenja po stringu $Q_S = E_{DC-S} / (1,1 \cdot U_S)$ (Ah)	92,8	131,2	179,5	204,1	231,5	237,2	251,9	226,8	193,7	146,8	101,3	81,4			
Broj potrebnih paralelnih stringova $n_{SP} = Q_{PV} / Q_S$	4,2	3,0	2,2	1,9	1,7	1,6	1,5	1,7	2,0	2,6	3,8	4,8			
<b>Broj paralelnih stringova u postrojenju: Maximum(<math>n_{SP}</math>), zaokruženo na cijeli broj:</b>														$n_{SP} =$	<b>2</b>
<b>Ukupan broj modula:</b>														$n_M = n_{MS} \cdot n_{SP} =$	<b>20</b>
<b>Snaga fotonaponskog polja (Wp):</b>															<b>5000</b>
<b>Potrebna površina za panele (m2):</b>															<b>34</b>

Slika 39. Podatci potrebni za izračun broja potrebnih modula [14]

## 5. korak - provjera usklađenosti komponentata



Slika 40. Shema spoja komponenti fotonaponskog sustava [14]

Nakon odabranog broja fotonaponskih modula potrebno je odabrati mrežni izmjenjivač na koji će se priključiti fotonaponski moduli. Snaga modula trebala bi biti ista ili malo veća od snage mrežnog izmjenjivača. Nikako ne bi trebala previše odstupati jer može dovesti do smanjenja stupnja djelovanja fotonaponskog sustava. Posebno je potrebno obratiti pozornost da napon niza bude manji od napona na ulazu u izmjenjivač. Iz tog razloga prilikom odabira napona niza potrebno je provjeriti napon tijekom rada pri najvećoj osunčanosti i najnižoj temperaturi. Naponom niza dobro je približiti se maksimalno dozvoljenom naponu na ulazu u izmjenjivač, no on tu vrijednost ne smije prekoračiti jer izmjenjivač ne posjeduje zaštitu od previsokog napona na svom ulazu. To može dovesti do oštećenja ulaza izmjenjivača. Kada se odabere odgovarajući mrežni izmjenjivač, potrebno je izabrati odgovarajući prekidač. On mora biti izabran prema istosmjernom naponu akumulatorske banke. Objedinjuje izmjenjivač i punjač akumulatora. Punjač akumulatora dužan je osigurati istosmjernu struju optimalnu za punjenje akumulatora, a to iznosi između 10 i 15 % od kapaciteta akumulatora. Budući da energija ne može biti predana generatoru, potrebno je da prekidač kroz sebe propusti svu snagu fotonaponskog polja prema akumulatoru. Kako generator ne može primiti energiju, bidirekcijski pretvarač mora biti sposoban propustiti cjelokupnu snagu fotonaponskog polja prema akumulatoru. To se odnosi na situaciju maksimalne osunčanosti, kada trošila u objektu nisu aktivna, a akumulator je potpuno prazan.

Ako bi fotonaponsko polje bilo veće snage od snage koja može proći kroz punjač, tada bi dolazilo do prorade zaštite punjača. Prorada zaštite punjača, kada je najveće osunčanje, znači nemogućnost punjenja akumulatora kada Sunca ima najviše i to sigurno ne bi bilo optimalno rješenje. Snaga punjača provjerava se tako da se pomnoži napon punjenja akumulatora (koji je nešto viši od nazivnog napona akumulatora, cca 28 V za 24 V bateriju) s maksimalno dozvoljenom trajnom strujom punjača. Posljednja provjera je provjera uskla-

đenosti akumulatora i izmjenjivača u bidirekcijskom pretvaraču. Akumulator određenog kapaciteta ima definiranu maksimalnu trajnu snagu potrošača, a time i izmjenjivača koji „hrani“ izmjenična trošila, čija snaga još neće djelovati štetno na životni vijek akumulatora. Ako se na akumulator priključi prejaki izmjenjivač, akumulator će ubrzano starjeti, tj. ubrzano će mu se skraćivati životni vijek. Ako na akumulator priključimo preslabi izmjenjivač, onda nema štetnog utjecaja na životni vijek akumulatora, ali možda nećemo u trajnom radu moći pokriti sve potrebe trošila. [14]

#### 6. korak - susret investitora s realnošću

Svaki investitor mora sebi postaviti pitanje: koliko me to zapravo košta u izgradnji, koliki je trošak održavanja i konačno koliko je zapravo cijena kWh iz tog sustava? U tablici 6. prikazan je pregled cijena glavnih komponenti sustava. (...)

Tablica 4. Okvirne cijene korištenja komponenti sustava

**TABLICA 6** Cijena koštanja glavnih komponenti sustava

Komponente sustava	Cijena
Fn moduli 250 W, 10 komada	1.800 €
Nadzornik baterija i Digital Control panel	150 €
Bidirekcijski pretvarač 24 V / 5.000 VA / 120 A	2.300 €
Mrežni izmjenjivač 2.500 VA	1.400 €
Gel baterija, 24 V, 220 Ah, Ca 20, 8 komada	2.400 €
Generator 3 kVA	3.000 €
Suma:	11.050 €
$11.050 \text{ €} \times 7,66 \text{ kn / €} = \mathbf{84.643 \text{ kn}}$	

Otočni fotonaponski sustav s generatorom kao pomoćnim izvorom, u stanju današnje tehnologije, potpuno je opravdan samo tamo gdje nema drugog izvora energije, odnosno gdje je sama investicija pokrivena iz nekog djelomice ili u cijelosti nepovratnog izvora sredstava.[14]





# 4

## POGLAVLJE

---

### **Nakon ovog poglavlja moći ćete:**

- upoznati i objasniti osnovne vrste zaštite fotonaponskih sustava.

## 4.1. ELEKTRIČNA INSTALACIJA I ZAŠTITA FOTONAPONSKIH SUSTAVA

Fotonaponski sustavi uobičajeno se postavljaju na krovove zgrada, kuća, na veće slobodne površine čime je povećana vjerojatnost od udara munje. Iz tog razloga svaka građevina na koju je postavljena fotonaponska elektrana mora sadržavati i instalaciju zaštite od udara munje, instalaciju za izjednačavanje potencijala, temeljni uzemljivač i instalacije odvodnika prenapona na istosmjernoj i izmjeničnoj strani izmjenjivača. Tim instalacijama osigurana je sigurnost i neprekidnost u radu fotonaponskog sustava.

### 4.1.1. Gromobranske instalacije i gromobranska zaštita

Grom nastaje prilikom kratkotrajnih pražnjenja statičkog atmosferskog elektriciteta između zemlje i oblaka. Njegov napon može iznositi 100 milijuna volti, a struja mu je reda jakosti od nekoliko desetaka tisuća ampera unutar vremenskog intervala od 1 do 100 ms, a prilikom naglog zagrijavanja zraka do temperature od 300.000 °C. Kao posljedica toga nastaje grmljavina koju možemo čuti nakon bljeska ili munje.

Najznačajniji dijelovi gromobranske instalacije su:

- hvataljka
- odvodi
- uzemljivač i
- odvodnici prenapona.

Zadatak hvataljke je da privuče i preuzme udar groma i na taj način zaštiti objekt. Može biti izvedena kao šipka ili kao uže. Drugi važan zadatak ove zaštite je da sigurno odvede struju groma od hvataljke koja je prihvatila u zemlju. Iz tog razloga postavlja se jedan ili više odvoda. Oni moraju biti izvedeni tako da mogu izdržati zagrijavanje koje uzrokuje prolazak struje groma kroz njih. Uzemljivači za zadaću imaju da struju groma što bolje odvedu u zemlju. Ukapaju se u zemlju te se spajaju na odvod. Otpor im mora biti što manji da bi i pad napona na njima bio što manji zbog prolaska struje groma. Odvod gromobrana posjeduje upravo taj napon i u slučaju da on nije dovoljno malen, može doći do pojave preskoka s odvoda prema drugim predmetima u blizini, pogotovo s onima koji su uzemljeni nekim drugim načinom, poput plinskih instalacija ili vodovodnih instalacija. Kako bi se izbjegli povratni preskoci, nastoji se otpor uzemljenja, a samim time i pad napona na njemu, izvesti u što manjim vrijednostima. Vrlo često se provodi mjera izjednačavanja potencijala, čime se električki povezuju uzemljivač i metalni dijelovi koji se nalaze u okolini. Tako se sprječava preskok koji bi mogao nastati zbog razlike napona na gromobranu i drugim uzemljenim dijelovima.

Kada se fotonaponski sustav postavlja izvan zone zaštite zgrade, potrebni su zaštitni uređaji kako bi se sustav zaštitio od udara groma. Sustav se može oštetiti čak i ako ga munja ne pogodi izravno. Gromobranska zaštita se postiže s nekoliko mjera:

- korištenjem uzemljivača
- spajanjem svih metalnih dijelova električne opreme sa zemljom
- slaganjem kabela tako da se izbjegnu petlje koje mogu proizvesti prenapone
- postavljanjem gromobrana koji su spojeni sa zaštitnom opremom.

Na slici 41. je prikazan fotonaponski sustav i gromobranska instalacija građevine.



Slika 41. Fotonaponski sustav i gromobranska instalacija građevine [4]

Fotonaponski moduli i gromobranske instalacije moraju se nalaziti na više od 0,5 metara udaljenosti. U slučaju da nije moguće ostvariti toliku udaljenost, fotonaponski moduli moraju se vodljivo spojiti s gromobranskom instalacijom koja je pritom uzemljena. To se radi iz razloga da struja groma ne bi protekla konstrukcijom fotonaponskih modula.

Dođe li do izravnog udara, može doći do toga da se naboj iz istosmjernih vodiča isprazni kroz vodič zaštitnog uzemljenja (PE - *Protective Earthing*). Na taj način se ograničila šteta za izmjenjivače ili niskonaponsku mrežu. Uobičajeno je da se električni vodiči izvode na vanjskoj strani zgrade, od krova pa do električne mreže. Tada su istosmjerni vodiči i uzemljenje izloženi vanjskim vremenskim uvjetima. Male fotonaponske elektrane na zgradama s gromobranskom zaštitom mogu biti u potpunosti zaštićene s postojećim sustavom gromobranske zaštite. Da bi to bilo tako, svi dijelovi fotonaponskog sustava moraju biti smješteni u mrežu sustava gromobranske zaštite. Mreža se sastoji od voda na vrhu i dva voda sa svake strane.

### 4.1.2. Izjednačavanje potencijala

Izjednačavanje potencijala postiže se na način da se metalne mase galvanski povežu. Na vodič kojim se izjednačava potencijal priključe se svi metalni vodovi objekta na sabirnicu. Prilikom toga može doći do međusobnog spajanja više vodova koji će se potom preko glavnog vodiča, koji služi za stvaranje jednakog električnog potencijala, priključiti na sabirnicu za izjednačavanje potencijala. Glavni zaštitni vodič je zelenožute boje.

Glavnim izjednačavanjem potencijala obuhvaćamo cijeli objekt. Ono se izvodi kako bi se spriječilo unošenje vanjskih potencijala opasnih za objekt. Također se koristi kako bi se spriječile razlike potencijala u objektu s velikim brojem instalacija koje posjeduju vodljive dijelove, koje međusobno nije moguće izolirati. Nakon što je u objektu izvedeno glavno izjednačavanje potencijala, taj objekt se smatra sigurnim i vrlo je mala vjerojatnost da će se u njemu pojaviti opasni naponi dodira. Sabirnica za izjednačavanje potencijala mora se nalaziti u svakom objektu. Na sabirnice se spajaju vodljivi dijelovi: glavni zemljovod, PEN i PE vodiči, cijevi, uzemljenja te metalni dijelovi ostalih instalacija i konstrukcije zgrade. Izjednačavanje potencijala izvodi se vodičima presjeka ne manjeg od 6 za bakar, ali ni manjeg presjeka od pola presjeka najvećeg zaštitnog vodiča koji se nalazi u šticeenom objektu. Također taj presjek za bakar ne mora biti veći od 25.

### 4.1.3. Uzemljivači i sustavi uzemljenja

Uzemljenje omogućuje je da se jedan ili više dijelova električnog kruga, za koje se smatra da posjeduju potencijal od nula volti, spoji na zemlju. Vodič za uzemljenje je vodič kroz koji struja ne teče za vrijeme normalnog pogona te je on vodič koji je spojen sa zemljom. Namijenjen je za spajanje zemlje s izoliranim metalnim dijelovima električne opreme u svrhu sprječavanja strujnog udara te kako bi se omogućio ispravan rad nadstrujnih uređaja. Takvi vodiči koriste se samo u sustavima čiji napon prelazi 50 V.

Uzemljivač mora biti dimenzioniran tako da njegov otpor bude čim manji kako bi struju groma dobro proveo u zemlju. Njegov otpor ovisan je o karakteristikama zemljišta u kojem je taj uzemljivač ukopan i o geometriji uzemljivača. Gledano sa strane karakteristike zemljišta, specifični otpor tla vrlo je bitan za izvedbu uzemljivača. Specifični otpor tla definira se kao otpor kojega kocka zemljišta veličine od 1 metra pruža struji. Veći specifični otpor tla zahtijeva i uzemljivače većih izvedbi. Izborom uzemljivača većih izvedbi smanjuje se ukupan otpor. Najčešće se izvode kao trakasti, štapni i temeljni.

Kada struja prođe uzemljivačem, njezinim daljnjim prolaskom kroz zemlju dolazi do raspodjele potencijala na zemlji. Iz toga možemo zaključiti da je potencijal uz sam uzemljivač najveći, a udaljavanjem od uzemljivača on naglo opada.

#### 4.1.4. Uređaji prenaponske zaštite

Uređajima prenaponske zaštite nazivamo one uređaje pomoću kojih se na opremi ograničavaju prenaponi. Ponašaju se kao nelinearni otpori, prilikom čega se njihov iznos mijenja ovisno o veličini narinutog napona. Idealan odvodnik prenapona uvijek bi imao konstantan napon, bez obzira koliko velike struje se pojave. Osim smanjenja amplitude napona, smanjuje i njegovu strminu. Prema kapacitetu odvođenja uređaji prenaponske zaštite dijele se na:

- odvodnike struje munje
- odvodnike prenapona
- kombinirane uređaje prenaponske zaštite.

Odvodnici struje munje koriste se kao zaštita za opremu i instalacije od direktnog ili bliskog udara munje, dok se odvodnici prenapona koriste kao zaštita opreme, instalacija i uređaja prilikom udaljenih udara munje, elektrostatskih pražnjenja i sklopnih prenapona. Kombinirani uređaji prenaponske zaštite koriste se za zaštitu instalacija i drugih uređaja od direktnog ili udaljenog udara munje.



# 5

## POGLAVLJE

---

### **Nakon ovog poglavlja moći ćete:**

- upoznati se s koracima montiranja elemenata fotonaponskog sustava.

## 5.1. Montaža elemenata fotonaponskog sustava

Prilikom sastavljanja i instalacije fotonaponskog sustava potrebno je na umu imati činjenicu da fotonaponski moduli ne mogu biti isključeni te da generiraju struju kad su obasjani Suncem. Iz tog razloga nužno je osigurati rad na siguran način pod naponom. Također je potrebno razmotriti sredstva kojima će se taj sustav prevoziti i sastavljati jer se većinom radi o sustavima koji se postavljaju na krov ili fasadu. Prilikom montaže fotonaponskih modula potrebno je uzeti u obzir:

- pozicioniranje modula
- lokaciju
- spajanje i učvršćivanje modula.

Vremenski uvjeti neke lokacije značajno su promjenjivi te to utječe na ispravnost rada fotonaponskog sustava. Iz tog razloga potrebno je temperaturu modula svesti na minimum i postići maksimalnu ozračenost modula. To se postiže postavljanjem modula pod određenim kutom i orijentiranjem prema jugu uz ispravnu ventilaciju fotonaponskog modula sa zadnje strane.

Pri normalnim uvjetima postoje dvije faze učvršćivanja fotonaponskih modula na podkonstrukciju:

- postavljanje modula u predloženu formaciju
- fizičko pričvršćivanje na konstrukciju.

Uobičajeno se učvršćuju kutnim metalnim profilima, najčešće u obliku slova U ili u obliku kvadrata, čime stvaraju jedinstvenu mehaničku konstrukciju.

Mehaničko povezivanje modula uključuje kontakt između dva različita metala, što stvara rizik od strujnog udara. Kako bi se spriječio kontakt između ta dva metala, koriste se izolacijski materijali poput gumenih podložaka ili najlona.

Pri učvršćivanju se koriste samo rupe u okviru modula koje posebno projektira proizvođač. Tako se osigurava pravilna montaža i sjedanje površine okvira. Također se izbjegavaju oštećenja modula koja mogu nastati.

Postavljanje modula mora biti izvedeno na način da se spriječe bilo kakva oštećenja, poput odlaganja modula na radni stol ili neki sličan element i naslanjanje na labave elemente.

Kada se module pravilno razmjesti, nužno ih je učvrstiti unutar nosive konstrukcije. Ovu radnju mora obaviti dovoljan broj operatera koristeći pritom odgovarajuće mehaničke uređaje. To posebno vrijedi prilikom rada na visini.

Kada se moduli mehanički postave, slijedi njihovo električno spajanje. Osnovni cilj pripreme komponenata za električnu instalaciju podrazumijeva pripremu stezaljki modula, tj. pozitivne i negativne stezaljke. One definiraju glavni krug fotonaponskog polja/niza. Vrijednosti napona i struje ovise o trenutnoj ozračenosti te moraju biti određeni prilikom



projektiranja. Da bi se izbjegle moguće greške prilikom spajanja, potrebno je korištenje tehničkih nacрта te je potrebno uzeti u obzir oznaku, položaj i izvode modula, pogotovo kada se više nizova spaja u paralelu.

Spajanje modula izvodi se preko postojećih spojnica koje se priključuju na priključnu kutiju modula. Korištene spojnice najčešće izgledaju kao plastične, fleksibilne cjevčice. Njihovi izvodi moraju biti savršeno uvedeni u spojne kutije modula. Modularne spojne kutije velikih fotonaponskih elektrana uobičajeno se spajaju serijski.

U praksi se za proizvodnju električne energije najčešće koristi montaža fotonaponskih sustava na zgradama i na integriranim sustavima u zgradama. Fotonaponski sustavi u građevinama kao podlogu za postavljanje fotonaponskih sustava koriste fasade i krovove umjesto dodatnog zemljišta, dok fotonaponski sustavi na zgradama (engl. *Buidling Applied Photovoltaics* - BAPV) kao podlogu koriste postojeće elemente vanjske ovojnice građevine, poput krovova. Fotonaponski sustavi integrirani u zgrade (engl. *Buidling Integrated Photovotlaics* - BIPV) sadrže elemente (fasada, crijep, moduli) na vanjskoj ovojnici zgrade poput krova, fasade ili prozora s već integriranim fotonaponskim ćelijama. Ovakva rješenja se koriste pri gradnji novih građevina, ali se mogu koristiti i kod obnavljanja starih zgrada. Prednost korištenja ovakvih elementa je djelomično smanjenje cijene, jer se klasični elementi zamjenjuju elementima s dvostrukom namjenom. Također, rješenja s BIPV-om obično su više vizualno privlačna.

Fotonaponski sustavi na fasadama trebaju zadovoljiti sljedeće sigurnosne zahtjeve i preporuke za ispravan rad:

- prilikom postavljanja fotonaponskih modula na postojeće zgrade, potrebno je provjeriti nosivost strukture fasade
- module je potrebno učvrstiti uzimajući u obzir otpornost na vremenske uvjete - vjetar, tuča i snijeg
- spojevi toplih fasada moraju osigurati nemogućnost propuštanja zraka i vode. Za ove namjene, postoje specijalni moduli koji zadovoljavaju postavljene kriterije, ali je potrebno slijediti upute proizvođača.
- ograničiti instalaciju modula u prizemlju, u blizini staza i drugih javno dostupnih mjesta, kako bi se izbjegla eventualna šteta od vandalizma.[16]



# 6

## POGLAVLJE

---

### **Nakon ovog poglavlja moći ćete:**

- upoznati osnovne korake prilikom nadzora, održavanja i servisiranja fotonaponskog sustava.

## 6.1. Nadzor, održavanje i servis fotonaponskog sustava

Kako bi se osigurale optimalne performanse i dugovječnost fotonaponskog sustava, neophodni su redoviti nadzor, održavanje i servis. Nekoliko ključnih koraka koje je potrebno slijediti su:

- redoviti pregledi
- čišćenje
- provjera postojanosti zasjenjenja
- vršiti redoviti nadzor
- redovno održavanje prekidača
- provjera električnih veza
- redovno održavanje baterije i
- obavljanje profesionalnog servisiranja.

Potrebno je zakazati rutinske preglede fotonaponskog sustava kako bi se identificiralo postoje li bilo kakvi znakovi istrošenosti, oštećenja ili kvara. Pregledi se mogu obavljati godišnje ili polugodišnje, ovisno o veličini i složenosti instaliranog fotonaponskog sustava.

Fotonaponski paneli moraju se održavati čistima kako bi se povećala njihova učinkovitost. Potrebno je otkloniti svu prljavštinu, prašinu ili ostatke koji se mogu nakupiti na površini ploča i za to koristiti meku krpu ili spužvu s vodom i blagim sapunom za nježno čišćenje ploča. Poželjno je izbjegavati korištenje abrazivnih materijala ili jakih kemikalija koje bi mogle oštetiti ploče.

Prilikom provjere postojanja zasjenjenja treba se uvjeriti da nema prepreka, poput drveća ili zgrada koje bacaju sjene na ploče. Zasjenjenje može značajno smanjiti učinak sustava, stoga je potrebno odrezati sve grane koje se nadvijaju ili ukloniti sve objekte koji mogu uzrokovati zasjenjenje.

Instaliranjem sustava nadzora omogućuje se praćenje performansi vašeg fotonaponskog sustava u stvarnom vremenu. To pomaže da se brzo identificiraju problemi te da se mogu poduzeti odgovarajuće mjere.

Pretvarač predstavlja kritičnu komponentu fotonaponskog sustava. Potrebno je redovito provjeravati ima li na pretvaraču poruka o pogrešci ili neobičnom ponašanju. Kako bi se spriječilo nakupljanje prašine, potrebno je očistiti otvore za hlađenje jer prašina može utjecati na performanse pretvarača.

Potrebno je pregledati sve električne veze, uključujući kabele, konektore i razvodne kutije. Također je potrebno zategnuti sve labave spojeve i zamijeniti sve oštećene komponente.

Ako fotonaponski sustav uključuje pohranu baterije, potrebno je slijediti smjernice proizvođača za održavanje baterije. To može uključivati provjeru napona baterije, osiguravanje odgovarajuće ventilacije i zamjenu baterija po potrebi.

Fotonaponski sustav potrebno je profesionalno servisirati, prilikom čega je potrebno angažirati kvalificiranog fotonaponskog tehničara ili instalatera za obavljanje detaljnijih pregleda i održavanje. To može uključivati testiranje električnih performansi sustava, provjeru cjelovitosti konstrukcije za ugradnju i provjeru mogućih sigurnosnih opasnosti.

Slijedeći prethodno navedene i ukratko objašnjene korake, osigurava se optimalan rad fotonaponskih sustava, njegova proizvodnja je maksimizirana te je njegov životni vijek produžen. Redoviti nadzor, održavanje i servis također pomažu u prepoznavanju i rješavanju problema prije nego što prerastu u značajnije probleme.



# 7

## POGLAVLJE

---

### **Nakon ovog poglavlja moći ćete:**

- definirati sadržaj projektne dokumentacije fotonaponskog sustava
- navesti i objasniti pojedinačne dijelove projektne dokumentacije fotonaponskog sustava.

## 7.1. PROJEKTNJA DOKUMENTACIJA FOTONAPONSKOG SUSTAVA

Projektne dokumentacije fotonaponskog sustava predstavlja skup svih dokumenata u pisanom, računalnom, nacrtanom, slikovitom ili nekom drugom sličnom obliku. Svrha projektne dokumentacije je mogućnost izrade daljnjih stupnjeva projektne dokumentacije, mogućnost izgradnje te mogućnost održavanja postrojenja, sklopova, uređaja, objekata ili elemenata. Namjena postrojenja, pojedinog dijela postrojenja, elemenata te međusobne povezanosti dijelova postrojenja ili njegovih elemenata određuje se projektnom dokumentacijom. To se može predočiti shemama, nacrtima ili drugom potrebnim opisima. Projektant svoje ideje, promišljanja i zapažanja usmjerava na rješavanje projektne zadatka te to prikazuje tehničkom dokumentacijom. Jedan od njegovih zadataka je da tehničku dokumentaciju svede na optimalni minimum. Prilikom izrade projektne dokumentacije bitno je da ona bude jednostavna, sistematična, kvalitetna i cjelovita. Namjena projektne dokumentacije je:

- priprema radova izgradnje
- izgradnja (proizvodnja)
- uvid u zbivanja u postrojenju
- ispitivanje
- traženje pogrešaka
- provođenje mogućih izmjena
- proširenje, inovacije
- održavanje, razvoj i istraživanje.

Projektne dokumentacije se prema opsegu, vrsti i načinu izrade ne određuje jednoznačno propisima. Iz tog razloga pojedinačni projektantski uredi posjeduju vlastite načine kojima prikazuju opremu za projekt koji je potrebno projektirati ili isporučiti. Svaki projektant pristupa na različite načine pa se sukladno tome mogu upotrebljavati i gotovi kompleksni sklopovi poput polja trafostanica i slično. Tada je potrebno neke detalje, koji nisu standardizirani, istaknuti. Prilikom realizacije električnog postrojenja, projektne dokumentacije vezana je uz pojedine faze realizacije, od početne želje pa do eksploatacije. U idućem grafičkom prikazu prikazan je put kojim se neka zamisao ostvaruje u tehničkom smislu.





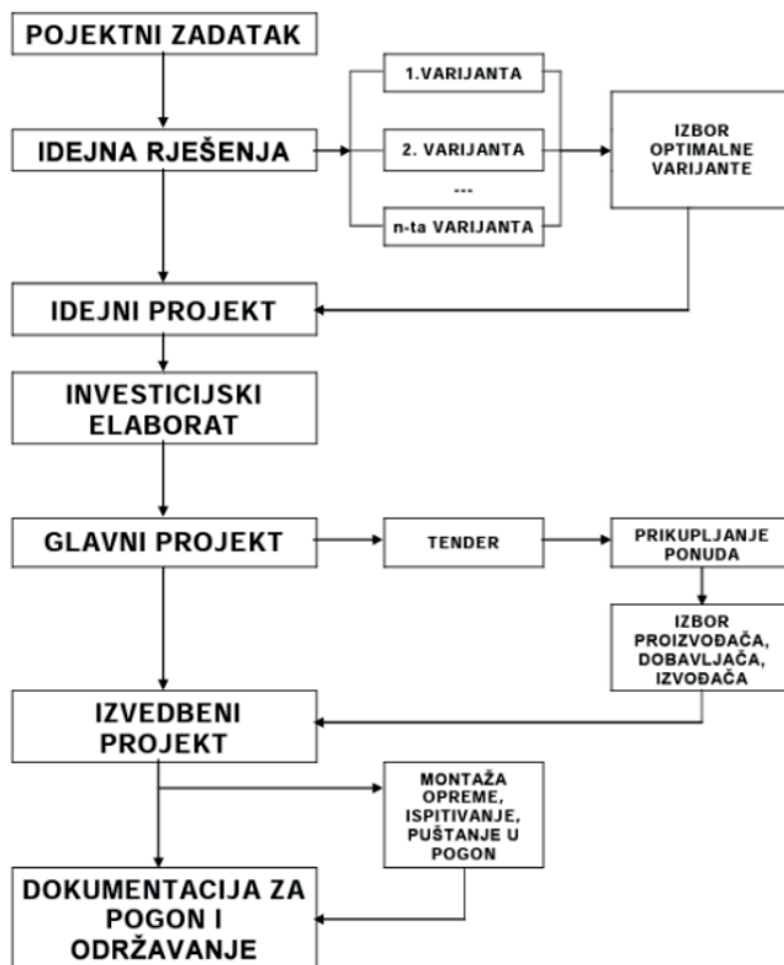
Sukladno Zakonu o gradnji projektnu dokumentaciju možemo podijeliti na:

- glavni projekt
- izvedbeni projekt
- tipski projekt i
- projekt uklanjanja građevine.

Projektna dokumentacija, gledano u elektrotehničkom smislu, može se podijeliti na:

- projektni zadatak
- idejno rješenje
- idejni projekt
- investicijski elaborat
- glavni projekt
- izvedbeni projekt
- dokumentacija za pogon i održavanje.

Na slici 42. prikazan je hijerarhijski raspored projektne dokumentacije:

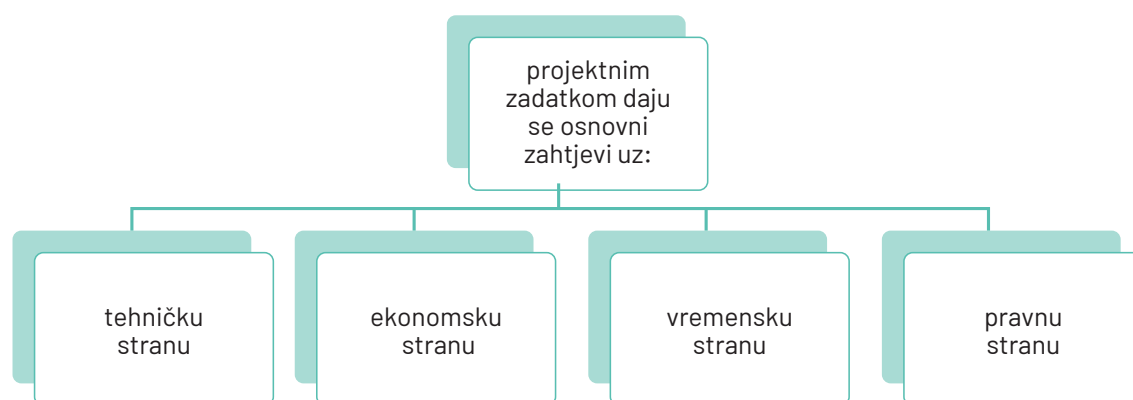


Slika 42. Hijerarhijski raspored projektne dokumentacije [5]

### 7.1.1. Projektni zadatak

Projektni zadatak predstavlja vrstu dokumentacije kojom se predstavlja svrha i opseg aktivnosti koje je nužno izvršiti i u kojem vremenskom razdoblju. Njime su prikazani standardi i metode koje je nužno primjenjivati. Gledano s aspekta elektrotehnike, tehnološka zadaća je bitna da projektanti mogu odrediti elektroenergetske i informacijske tokove.

Projektni zadatak naručitelj izrađuje sam ili pomoću projektanta. Okviri projekta jako su bitni te je iz tog razloga taj dio prepušten ljudima s puno znanja i iskustva. Zbog velikog utjecaja na kvalitetu kompletnog projekta, projektni zadatak je temelj svega.



### 7.1.2. Idejno rješenje

Osnovne parametre željenog rješenja određujemo idejnim rješenjem. Ono sadrži grubu procjenu odabira opreme i troškovnika. Ono se većinom izrađuje u više varijanti koje se potom uspoređuju prema kvaliteti i troškovima. Iz tog razloga u svakoj varijanti mora biti jasno objašnjeno tehničko rješenje i njegovi učinci. Odabire se ono idejno rješenje koje sadrži najbolja optimalna tehničko-ekonomska rješenja. Idejno rješenje nužno je kako bi se izvele daljnje analize. Nakon odabira idejnog rješenja, ono se dalje razrađuje u svrhu:

- izrade investicijskog elaborata i
- podloge za glavni projekt.

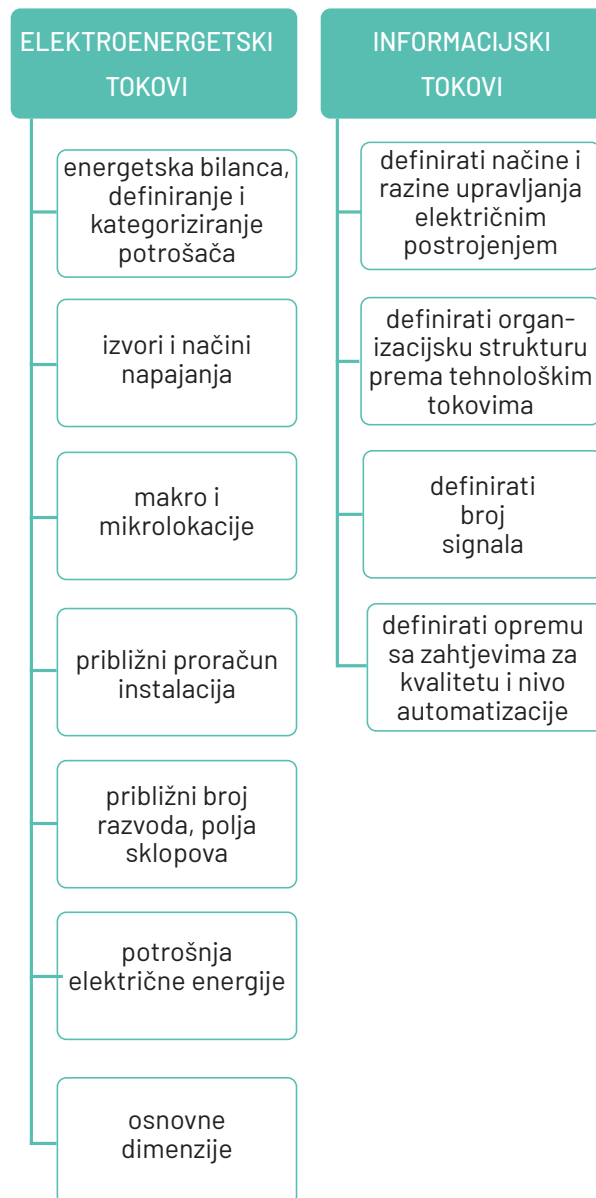
### 7.1.3. Idejni projekt

Zakonom o izgradnji iz 2014. godine idejni projekt nije nužno izraditi. On se izrađuje u svrhu podloge za ishođenje posebnih uvjeta te može biti osnova za tender. Tender predstavlja ponudu koja je podnesena u određenom formatu javnim nadmetanjem, temeljem objavljenog poziva. To je ponuda koja sadržava uvjete ponuđača, bankovnu garanciju i tehničku dokumentaciju. Uvjete i vremenski rok za predaju te ponude izdaje raspisivač natječaja. Odabire se najpovoljnija ponuda te se s tim ponuditeljem sklapa ugovor. Tender od tehnič-

ke dokumentacije sadrži opise i nacрте iz kojih se može vidjeti izgled, funkcionalnost, kvaliteta i svojstva ponuđene robe. Bankovnom garancijom investitor se štiti od odustajanja ponuđača ili od rizika nemogućnosti obavljanja posla.

Razlikujemo dvije vrste tokova idejnog projekta:

- elektroenergetski tokovi i
- informacijski tokovi.



### 7.1.4. Investicijski elaborat

Temeljem projektnog zadatka ili odabranog idejnog rješenja izrađuje se investicijski elaborat. Izrađuje se u svrhu dokazivanja potrebnih sredstava za investiciju. Sadržava ekonomsku analizu:

- odnosa na tržištu
- rentabilnosti
- načina financiranja i
- opravdanosti povećanja kapaciteta, modernizacije ili zamjene opreme.

Na slici 43. prikazan je preporučljiv sadržaj za investicijski elaborat.

- 1. UVOD**
- 2. SAŽETAK ULAGANJA**
- 3. INFORMACIJE O PODUZETNIKU – INVESTITORU**
- 4. OPIS DJELATNOSTI POSLOVANJA**
- 5. ANALIZA DOSADAŠNJEG FINACIJSKOG POSLOVANJA**
- 6. OPIS POSTOJEĆE IMOVINE**
- 7. OCJENA RAZVOJNIH MOGUĆNOSTI ULAGANJA**
- 8. LOKACIJA**
  - Opis postojeće lokacije poduzetnika
  - Opis lokacije projekta
  - Opis zaštite i utjecaja okoline
- 9. TEHNIČKO-TEHNOLOŠKI ELEMENTI ULAGANJA**
  - Opis strukture ulaganja (tehnička, tehnološka i dr.)
  - Struktura i broj postojećih zaposlenika
  - Struktura, broj i dinamika novozaposlenih
- 10. ANALIZA TRŽIŠTA**
  - Tržište nabave
  - Tržište prodaje
  - Procjena ostvarenja prihoda – tržišta
- 11. DINAMIKA REALIZACIJE ULAGANJA**
- 12. EKONOMSKO – FINACIJSKA ANALIZA**
  - Ulaganje u osnovna sredstva
  - Ulaganje u obrtna sredstva
  - Struktura ulaganja u osnovna i obrtna sredstva
  - Izvori financiranja i obračun kreditnih obveza
  - Proračun amortizacije
  - Projekcija računa dobiti i gubitka
  - Financijski tok
  - Ekonomski tok
  - Projekcija bilance
- 13. FINACIJSKO – TRŽIŠNA OCJENA**
  - Statična ocjena efikasnosti projekta
  - Dinamička ocjena projekta
    - Metoda razdoblja povrata ulaganja
    - Metoda neto sadašnje vrijednosti
    - Metoda interne stope rentabilnosti
- 14. ANALIZA OSJETLJIVOSTI PROJEKTA**
- 15. ZAKLJUČNA OCJENA PROJEKTA**

Slika 43. Preporučljiv sadržaj investicijskog elaborata [5]

### 7.1.5. Glavni projekt

Idejni projekt detaljnije razrađuje glavni projekt, prilikom čega su u potpunosti usuglašeni pojedinačni dijelovi projekata i svi podatci potrebni za izvođenje. Glavni projekt osnova je za izradu tendera i izvedbene dokumentacije. Budući da se u ovom koraku još ne zna isporučitelj opreme, nije moguće ni razraditi sve detalje. Iz tog razloga glavni projekt omogućuje prikupljanje ponuda od raznih izvođača, proizvođača i dobavljača radova.

Ovisno o vrsti radova, odnosno o građevini glavni projekt sadrži (Zakon o gradnji NN 153/13, 20/17, 39/19, 125/19):

1. arhitektonski projekt
2. građevinski projekt
3. elektrotehnički projekt
4. strojarski projekt.

Izradi glavnog projekta, odnosno pojedinih projekata koje sadrži, ovisno o vrsti građevine, odnosno radova, ako je to propisano posebnim zakonom ili ako je potrebno, prethodi izrada (Zakon o gradnji NN 153/13, 20/17, 39/19, 125/19):

1. krajobraznog elaborata
2. geomehaničkog elaborata
3. prometnog elaborata
4. elaborata tehničko-tehnološkog rješenja
5. elaborata zaštite na radu
6. elaborata zaštite od buke
7. konzervatorskog elaborata
8. drugog potrebnog elaborata.

Glavni projekt, zajedno s građevinskom dozvolom, dužan je trajno čuvati investitor, njegov pravni sljednik, odnosno vlasnik građevine (Zakon o gradnji NN 153/13, 20/17, 39/19, 125/19).

### 7.1.6. Izvedbeni projekt

Prema idejnom i glavnom projektu izrađuje se izvedbeni projekt. Njegova svrha je pripremiti kompletnu dokumentaciju kako bi se oprema mogla naručiti te kako bi se nakon toga moglo pristupiti sklapanju elektroenergetskog postrojenja. Ova razina projektne dokumentacije sadrži poznatog proizvođača opreme. Prilikom izrade ovog projekta potrebno je poznavati sljedeće podatke:

- točne tipove opreme – podatke narudžbe - lista materijala
- duljine kabela i točne spojeve
- način sklapanja.

### 7.1.7. Dokumentacija za pogon i održavanje

Zadatak dokumentacije za pogon i održavanje je obrada dokumentacije ovisno o pogonu elektroenergetskog postrojenja. Upute su važan dio ove dokumentacije jer njihovim nedostatkom ili izostavljanjem može doći do pojave konfuzije, ali i do velikih problema kod osoblja koje je zaduženo za upravljanje postrojenjem. Ova dokumentacija nije uključena kod uobičajenih projekata pa je iz tog razloga investitor dodatno mora zatražiti. Takva dokumentacija se posebno mora zatražiti kod kompliciranijih i skupljih postrojenja. Prilikom izdavanja dokumentacije za pogon i održavanje potrebno je dugotrajno ju provjeriti te je tek onda ovjeriti za upotrebu. Upravo iz tih razloga dokumentacija je podložna korekcijama i promjenama. Prilikom pisanja uputa potrebno je poštivati propise i potrebno je da oni budu prilagođeni razini stručnosti osoblja koje je zaduženo za upravljanje i održavanje postrojenja. Oblik i sadržaj ove vrste dokumentacije ovisi o:

- lokalnim propisima
- internom propisu investitora, koji često vode računa i o stručnoj kvalifikacijskoj strukturi, odnosno stručnoj razini osoblja koje upravlja i održava pogon.

# 8

## POGLAVLJE

---

### **Nakon ovog poglavlja moći ćete:**

- definirati zakonsku regulativu, tehničke propise i norme.

## 8.1. Zakonska regulativa, tehnički propisi i norme

Administrativne dozvole mogu predstavljati zapreku za implementaciju fotonaponskih sustava. Administrativni postupak može uključivati ishođenje građevinskih dozvola, procjene utjecaja na okoliš, dozvole za priključak na mrežu, dozvole za proizvodnju električne energije i dr. Tehničar treba poznavati proceduru i nužne dozvole kako bi u potpunosti zadovoljio uvjete relevantnih nadležnih tijela. Na primjer, instalater treba znati radi li se o zgradi od posebnog značaja pa se tako u nekim slučajevima fotonaponski moduli ne smiju postaviti na zgrade koje su povijesne ili predstavljaju kulturnu baštinu. Tada je nužno izdati posebnu dozvolu od nadležnih tijela. Postoje različiti uvjeti za pristup niskonaponskoj mreži, a u nekim zemljama tek se implementiraju procedure za spajanje distribuiranih izvora na mrežu. Međutim, administrativne prepreke će se lakše savladati ako je instalater upoznat s procedurom izdavanja dozvola, mrežnim pravilima i tehničkim standardima, procedurom priključivanja na mrežu te ostalim pitanjima u vezi priključka. Propisi se značajno razlikuju u državama članicama EU.

### 8.1.1. Međunarodne norme i propisi

Postoji veći broj normi koje reguliraju primjenu i nadzor fotonaponskih sustava, odnosno norme za projektiranje, planiranje i primjenu takvih sustava. U Tablici 5. je popis najvažnijih normi, uključujući sigurnosne propise koje treba uzeti u obzir pri ugradnji fotonaponskog sustava.

Tablica 5. Norme i propisi prilikom izgradnje fotonaponskih sustava

BR.	OPIS
IEC 60364-7-712	Električne instalacije zgrada – Dio 7-712: Zahtjevi za posebne instalacije ili lokacije – FN sustavi za opskrbu energijom
IEC 61194	Karakteristični parametri autonomnih FN sustava
IEC 61702	Ocjena izravno vezanih FN sustava
IEC 61724	Nadzor izvedbe fotonaponskog sustava – Smjernice za mjerenje, razmjenu podataka i analizu
IEC 61727	FN sustavi – Svojstva korisničkog sučelja
IEC 61683	Fotonaponski sustavi – Prilagodni sklopovi – Postupci za mjerenje učinkovitosti
IEC 62093	Komponente ravnoteže za FN sustave – Uvjeti projektiranja prirodnog okruženja
IEC 62116	Ispitni postupak mjera za sprječavanje otočnog rada za mrežno povezane izmjenjivače



IEC 62124	Autonomni FN sustavi – Uvjeti projektiranja i odobrenje vrste
IEC/TS 62257	Preporuke za male sustave obnovljive energije i hibridne sustave za ruralnu elektrifikaciju
IEC/TS 62257-7-1	Preporuke za male sustave obnovljive energije i hibridne sustave za ruralnu elektrifikaciju – Dio 7-1: Generatori – FN polja
IEC/TS 62257-8-1	Preporuke za male sustave obnovljive energije i hibridne sustave za ruralnu elektrifikaciju – Dio 8-1: Odabir baterija i baterijskih sustava upravljanja za autonomne sustave elektrifikacije
IEC/TS 62257-9-5	Preporuke za male sustave obnovljive energije i hibridne sustave za ruralnu elektrifikaciju – Dio 9-5: Integrirani sustav – Odabir prijenosnih FN svjetiljki za projekte ruralnu elektrifikacije
IEC/TS 62257-9-6	Preporuke za male sustave obnovljive energije i hibridne sustave za ruralne elektrifikacije – Dio 9-6: Integrirani sustav – Odabir pojedinih FN sustava elektrifikacije (PV-IES)
IEC 62446	FN sustavi spojeni na mrežu – Minimalni zahtjevi za dokumentaciju sustava, testove puštanja u pogon i inspekciju
IEEE Std 1526	IEEE preporučena praksa za ispitivanje izvedbe samostalnih FN sustava

Norme za akumulacijske baterije, komponente prenaponske zaštite i druge dijelove sustava prikazane su u Tablici 6.

Tablica 6. Norme za akumulacijske baterije, komponente prenaponske zaštite i druge dijelove sustava

BR.	OPIS
N 50524	Popis podataka i informacije s natpisnih pločica FN izmjenjivača
EN 50521	Konektori za FN sustave – Sigurnost
IEC 61173	Prenaponska zaštita za FN proizvodne sustave – Vodič
IEC 61683	FN sustavi – Prilagodni sklopovi – Postupak za mjerenje učinkovitosti
IEC 61427	Sekundarne ćelije i baterije za FN sustave. Opći zahtjevi i metode ispitivanja
IEEE Std. 937	Preporučena praksa za ugradnju i održavanje olovnih akumul. baterija za FN sustave
IEEE Std.1013	Preporučena praksa za dimenzioniranje olovnih akumul. baterija za FN sustave
IEEE Std.1361	Preporučena praksa za određivanje karakteristika izvedbe i prikladnosti akumul. baterija za FN sustav

Norme vezane za fotonapon usvojene u Hrvatskoj, mogu se naručiti kod Hrvatskog zavoda za norme (<http://www.hzn.hr/>) ili izravno skinuti sa stranica pojedinih organizacija (ISO, IEC itd).

### 8.1.2. Europske norme za fotonapon

Postoji veliki broj EU normi za fotonapon koje sadrže zahtjeve i uvjete za proizvodnju i ispitivanje proizvoda. Ove norme se pravovremeno nadopunjuju ili se publiciraju nove norme, koje uzimaju u obzir promjene u tehnologiji i metodama ispitivanja. Uzimajući u obzir veći broj normi, lista normi je dana u Aneksu III. Najnovije informacije o normama moguće je naći na internetskim stranicama Eur opskog udruženja industrije fotonapona ([www.epia.org](http://www.epia.org)). Između svih normi, bitno je istaknuti tri:

- EN 61215 (za ispitivanje kristaličnih silicijskih modula)
- EN 61646 (za ispitivanje tankoslojnih modula)
- EN 61730 (sigurnost FN modula).

Certifikacija modula po gore navedenim normama učestao je kvalifikacijski uvjet za ostvarenje prava na poticaje ili mogućnost ugradnje modula u određenim uvjetima. Iako nije europska norma, MCS norma za fotonaponske sustave (MIS 3002) definira uvjete za dimenzioniranje i projektiranje, dobavu, instalaciju, puštanje u pogon i predaju FN sustava u trajno nastanjenim građevinama. Ove dokumente moguće je preuzeti s internetske stranice MCS-a [www.microgenerationcertificaton.org](http://www.microgenerationcertificaton.org).

### 8.1.3. Nacionalni standardi i regulativa

Kao i u mnogim drugim državama, niti u Hrvatskoj ne postoje striktno definirana pravila ili norme po kojima bi se morao zadovoljiti fotonaponski sustav. Ipak, oprema u fotonaponskim sustavima trebala bi zadovoljiti sve relevantne norme iz ovih područja:

- Za fotonaponske module (većina modula na tržištu i jest certificirana prema navedenim normama):
  - IEC EN 61215 i 61646
  - IEC 61730
- Za izmjenjivače :
  - Zaštita od otočnog rada u slučaju kvara mreže, prema VDE 0126-1-1 ili sličnoj metodi
  - Zaštita od previsokog napona i odstupanja frekvencije, prema mrežnim pravilima

Nadalje, izmjenjivači moraju zadovoljiti i sve zahtjeve nadležnog operatora distribucijskog sustava. Tipični zahtjevi uključuju sljedeće:

- izbjegavanje otočnog rada
- zaštita od injektiranja istosmjernje komponente u električnu mrežu.

Više detalja može se dobiti kod lokalnih elektrodistribucija.

Proizvodnja električne energije iz fotonaponskih sustava potiče se sukladno odredbama Tarifnog sustava za proizvodnju električne energije iz obnovljivih izvora energije. Pravo na poticajnu tarifu ostvaruju sustavi priključeni na elektroenergetsku mrežu, međutim, ograničena je količina sklopljenih Ugovora o otkupu. Fotonaponski sustavi na građevinama ostvaruju pravo na dodatan bonus. Također, u slučaju da se na građevini koristi i sustav grijanja na obnovljive izvore energije, tarifa se dodatno korigira za određeni korekcijski faktor. Korekcijski faktori se odnose samo na sustave do 300 kW.

Odredbe Tarifnog sustava definiraju ovlaštenog instalatera sunčanih elektrana kao fizičku ili pravnu osobu koja primjenjuje sustav osiguranja kvalitete i usluga za što je ishodila odgovarajući certifikat. Međutim, do potpunog uvođenja sustava ovlašćivanja, ovlaštenim instalaterom se smatraju fizičke i pravne osobe u suglasnosti s Ministarstvom graditeljstva i prostornog uređenja za obavljanje elektroinstalacijskih radova (konkretno, grupe H.12 i I.14) te zaposlenog jednog inženjera elektrotehnike s položenim stručnim ispitom.

## Popis elemenata korištenih u sadržaju

Slika 1. Vrste Sunčeva zračenja [17]	13
Slika 2. Sunčeva ozračenost u svijetu [1]	13
Slika 3. Sunčeva ozračenost u RH [6]	14
Slika 4. Prikaz fotonaponske ćelije [2]	15
Slika 5. Prikaz strukture fotonaponske ćelije [2]	16
Slika 6. Prikaz fotonaponskog sustava [3]	18
Slika 7. Spoj fotonaponskih modula [izvor: rad autora]	19
Slika 8. Spoj fotonaponskih modula [izvor: rad autora]	19
Slika 9. Shema spoja fotonaponskog polja s izmjenjivačem [8]	20
Slika 10. Oblici obnovljivih izvora energije [4]	20
Slika 11. Spoj izmjenjivača s komponentama mrežnog fotonaponskog sustava [15]	21
Slika 12. Spoj izmjenjivača s komponentama otočnog fotonaponskog sustava [15]	21
Slika 13. Fotonaponski izmjenjivač [8]	23
Slika 14. Paralelni spoj baterija [19]	25
Slika 15. Serijski spoj baterija [19]	26
Slika 17. Povezivanje baterija u baterijski slog 48 V 156 Ah [18]	27
Slika 18. Povezivanje baterija s „+“ i „-“ sabirničkim kutijama [18]	27
Slika 19. Baterijski slog 48 V 156 Ah s ujednačivačima [18]	28
Slika 20. I-U karakteristika [12]	29
Slika 21. MPPT tip regulatora [12]	30
Slika 22. Smještaj regulatora punjenja unutar FN sustava [12]	30
Slika 23. Nadzor EES-a [18]	31
Slika 24. Nadzornik baterije [12]	32
Slika 25. Izvedba spoja nadzornika baterije s njegovim elementima [12]	33
Slika 26. Spajanje fotonaponskih (solarnih) ćelija u fotonaponske (solarne) panele i nizove [7]	34
Slika 27. Shema centralnog pretvarača [20]	36
Slika 28. Shema mikropretvarača [20]	36
Slika 29. Shema pretvarača niza [20]	37
Slika 30. Shema centralnog pretvarača s optimizatorom [20]	38
Slika 31. Šest serijski spojenih fotonaponskih ćelija bez premosnih dioda [20]	38
Slika 32. I-U karakteristika fotonaponskih ćelija koje nisu zasjenjene i jedne ćelije koja je zasjenjena [20]	39
Slika 33. Šest serijski spojenih fotonaponskih ćelija s premosnim diodama [20]	39
Slika 34. Prikaz otočnog sustava [4]	42
Slika 35. Fotonaponski sustav izravno priključen na javnu elektroenergetsku mrežu [4]	44
Slika 36. Mrežni sustav priključen na javnu mrežu preko kućne instalacije [4]	45
Slika 37. Prikaz hibridnog fotonaponskog sustava [9]	46
Slika 38. Priključak brodskih trošila na napajanje s obale [11]	47
Slika 39. Podatci potrebni za izračun broja potrebnih modula [14]	55
Slika 40. Shema spoja komponenti fotonaponskog sustava [14]	56
Slika 41. Fotonaponski sustav i gromobranska instalacija građevine [4]	61
Slika 42. Hijerarhijski raspored projektne dokumentacije [5]	75
Slika 43. Preporučljiv sadržaj investicijskog elaborata [5]	78

## Popis literature

- [1] ABC geografija. URL: <https://abcgeografija.com/teme/insolacija/>(Pristupljeno: 2023-10-08)
- [2] AUTOMATIKA. URL: <https://www.automatika.rs/baza-znanja/green-engineering/fotonaponska-celija-princip-rada-karakteristike-i-efikasnost.html> (Pristupljeno: 2023-10-08)
- [3] EKOSUSTAV. URL: <https://eko-sustav.hr/strucni-clanci/fotonaponski-sustavi/> (Pristupljeno: 2023-09-19)
- [4] Majdandžić, Lj., „Fotonaponski sustavi“, Preuzeto 19.09.2023. sa <https://dokumen.tips/documents/fotonaponski-sustavi-ljubomir-majdandzic.html>
- [5] Franković, D., Predavanja sa kolegija „Projektiranje električnih postrojenja“, 2020/2021.
- [6] Bačan, A., „Osnove Sunčevog zračenja, fotonaponski efekt i tehnologije pretvorbe energije“. Energetski institut Hrvoje Požar, Preuzeto 08.10.2023. sa [https://www.ho-cired.hr/images/SEMINARI/2012\\_male\\_SE/Tema1.pdf](https://www.ho-cired.hr/images/SEMINARI/2012_male_SE/Tema1.pdf)
- [7Q] Kraljević, M., „Recikliranje solarnih panela“. Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku Elektrotehnički fakultet Preuzeto 08.10.2023. sa <https://repozitorij.etfos.hr/islandora/object/etfos%3A2097/datastream/PDF/view>
- [8] SCHRACK. URL: [https://www.schrack.hr/fileadmin/f/hr/Bilder/pdf\\_dokumenti/Schrack\\_Majstor\\_07-08-2013.pdf](https://www.schrack.hr/fileadmin/f/hr/Bilder/pdf_dokumenti/Schrack_Majstor_07-08-2013.pdf) (Pristupljeno: 2023-10-08)
- [9] Soletrik (bez dat.) Preuzeto 19.09.2023. sa <https://www.soletrik.hr/fotonaponski-sustavi>
- [10] Schrack technik (prosinac 2022.). Fotonaponski otočni sustavi, peto izdanje, Zagreb
- [11] SCHRACK. URL: [https://www.schrack.hr/fileadmin/f/hr/Bilder/pdf\\_dokumenti/bn\\_Punjenje\\_baterija\\_energijom\\_s\\_obale.pdf](https://www.schrack.hr/fileadmin/f/hr/Bilder/pdf_dokumenti/bn_Punjenje_baterija_energijom_s_obale.pdf) (Pristupljeno: 2023-10-08)
- [12] SCHRACK. URL: [https://www.schrack.hr/fileadmin/f/hr/Bilder/pdf\\_dokumenti/Schrack\\_Majstor\\_11-12-2013.pdf](https://www.schrack.hr/fileadmin/f/hr/Bilder/pdf_dokumenti/Schrack_Majstor_11-12-2013.pdf) (Pristupljeno: 2023-10-08)
- [13] „Zakon o gradnji“. Preuzeto 01.10.2023. s <https://www.zakon.hr/z/690/Zakon-o-granji>.
- [14] SCHRACK. URL: [https://www.schrack.hr/fileadmin/f/hr/Bilder/pdf\\_dokumenti/Schrack\\_otočni\\_fotonaponski\\_sustav.pdf](https://www.schrack.hr/fileadmin/f/hr/Bilder/pdf_dokumenti/Schrack_otočni_fotonaponski_sustav.pdf) (Pristupljeno: 2023-10-08)
- [15] HM A. i dr., „Solar energy“, UIT Cambridge, England, 2016.
- [16] Piršić, V., „Moja energija, moja sloboda“, <https://library.fes.de/pdf-files/bueros/kroatien/18440.pdf>
- [17] Crnković, M., (2018.) „Pametni tuš“. Završni rad, Osijek: Sveučilište J.J. Strossmayera u Osijeku
- [18] SCHRACK. URL: <https://www.schracktrainingcenter.com/kb/suncana-elektrana-sa-spremnikom-energije-prikljucena-na-javnu-mrezu/> (Pristupljeno: 2023-10-08)
- [19] SCHRACK. URL: <https://www.schracktrainingcenter.com/kb/lfp-baterije-sto-treba-znati-prije-nego-ih-krenete-koristiti-2-dio/> (Pristupljeno: 2023-10-08)
- [20] Joha, I. (2022.) „Elektrotehnički projekt sunčane elektrane na krovu hale sortirnice“. Diplomski rad, Rijeka: Tehnički fakultet Rijeka



---

# PRILOG

Investitor:

**Ime Prezime**

**Adresa 0, 00000 Grad**

**OIB: 00000000000**

Građevina:

**Solarna elektrana na stambenom objektu**

Lokacija:

**k.č. br. 0000/00, k.o. Općina**

Projektant:

**Projektant d.o.o.**

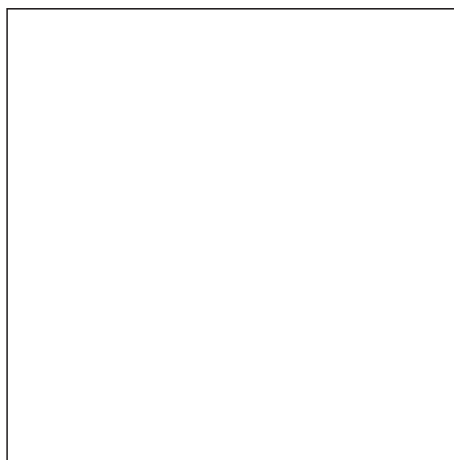
**Adresa, 00000 Grad**

**OIB: 00000000000**

Vrsta projekta: **Elektrotehnički projekt**

Razina razrade: **Glavni projekt**

Broj projekta: **GP 000/00-el**





## ELEKTROTEHNIČKI PROJEKT SOLARNE ELEKTRANE NA STAMBENOM OBJEKTU

PROJEKTANT: Projektant, dipl. ing. el.

E 0000

DIREKTOR: Projektant, dipl. ing. el.

Grad, mjesec 2023. godine

	GRAĐEVINA: Solarna elektrana na stambenom objektu, k.č. br. 0000/00, k.o. Općina	GP 000/00-el
	Elektrotehnički projekt solarne elektrane na stambenom objektu	mjesec 2023.

## 1. POPIS MAPA

---

MAPA 1/1

ELEKTROTEHNIČKI PROJEKT SOLARNE ELEKTRANE NA STAMBENOM OBJEKTU

Oznaka: GP 000/00-el

Projektant: Lovre Šabić, dipl. ing. el., ovlaštenu inženjer elektrotehnike

Broj upisa u imenik HKIE: 3523

Izradio: C.B.F. Inženjering d.o.o., OIB 40652220492

## 2. OPĆI DIO

### 2.1. Izvadak iz sudskog registra



TRGOVAČKI SUD U SPLITU  
Tt-22/8559-2

MBS: 060455585  
EUID: HRSR.060455585  
Datum: 26.10.2022

PODACI ZA UPIS U GLAVNU KNJIGU SUDSKOG REGISTRA  
(prilog uz rješenje)  
Pod brojem upisa 1 za tvrtku C.B.F. inženjering d.o.o. za  
projektiranje i usluge upisuje se:

---

#### SUBJEKT UPISA

---

##### TVRTKA:

C.B.F. inženjering d.o.o. za projektiranje i usluge  
C.B.F. inženjering d.o.o.

##### SJEDIŠTE/ADRESA:

Zmijavci (Općina Zmijavci)  
Vukovarska 54

##### ADRESA ELEKTRONIČKE POŠTE:

slovre@gmail.com

##### PRAVNI OBLIK:

društvo s ograničenom odgovornošću

##### PRETEŽITA DJELATNOST:

71.12 - Inženjerstvo i s njim povezano tehničko  
savjetovanje

##### OSNIVAČI/ČLANOVI DRUŠTVA:

Lovre Šabić, OIB: 32297676901  
Zmijavci, Vukovarska 54  
- jedini član d.o.o.

##### OSOBE OVLAŠTENE ZA ZASTUPANJE:

Lovre Šabić, OIB: 32297676901  
Zmijavci, Vukovarska 54  
- član uprave  
- direktor, zastupa Društvo pojedinačno i samostalno

##### TEMELJNI KAPITAL:

20.000,00 kuna

##### PRAVNI ODNOSI:

###### Osnivački akt:

Izjava o osnivanju Društva od 20. listopada 2022.

##### NAČIN OBJAVE PRIOPĆENJA:

Internet stranica sudskog registra

##### EVIDENCIJSKE DJELATNOSTI:

- \* - projektiranje i gradnje građevina te stručni nadzor gradnja
- \* - energetska certificiranje, energetski pregled zgrade i redoviti pregled sustava grijanja i

---

D002, 2022-10-26 09:51:02

Stranica: 1 od 4



PODACI ZA UPIS U GLAVNU KNJIGU SUDSKOG REGISTRA  
(prilog uz rješenje)

Pod brojem upisa 1 za tvrtku C.B.F. inženjering d.o.o. za projektiranje i usluge upisuje se:

SUBJEKT UPISA

EVIDENCIJSKE DJELATNOSTI:

- \* - sustava hlađenja ili klimatizacije u zgradi
- \* - stručni poslovi prostornog uređenja
- \* - djelatnosti prostornog uređenja i gradnje
- \* - djelatnost projektiranja i/ili stručnog nadzora građenja
- \* - djelatnost upravljanja projektom gradnje
- \* - djelatnost tehničkog ispitivanja i analize
- \* - istraživanje i eksploatacija mineralnih sirovina
- \* - izrada projekta građenja rudarskih objekata i postrojenja
- \* - građenje ili izvođenje pojedinih radova na rudarskim objektima i postrojenjima
- \* - geodetska djelatnost
- \* - izrada i izvedba projekata iz područja elektrike, elektronike, kemije, mehanike i industrije
- \* - upravljanje energetske objektima
- \* - izrada ekspertiza i studija, investicijskih programa, prostornih i urbanističkih planova i projekata, idejnih glavnih i detaljnih projekata i investicijskotehničke dokumentacije, licitacijskih elaborata (tenderske dokumentacije)
- \* - poslovanje nekretninama
- \* - poslovi upravljanja nekretninom i održavanje nekretnine
- \* - posredovanje u prometu nekretnina
- \* - kupnja i prodaja robe
- \* - pružanje usluga u trgovini
- \* - obavljanje trgovačkog posredovanja na domaćem i inozemnom tržištu
- \* - zastupanje inozemnih tvrtki
- \* - pružanje usluga informacijskog društva
- \* - savjetovanje u vezi s poslovanjem i upravljanjem
- \* - promidžba (reklama i propaganda)
- \* - istraživanje tržišta i ispitivanje javnog mnijenja
- \* - obavljanje djelatnosti iznajmljivanja jahti ili brodica sa ili bez posade (charter)
- \* - djelatnost iznajmljivanja plovila
- \* - prijevoz putnika u unutarnjem cestovnom prometu
- \* - prijevoz putnika u međunarodnom cestovnom prometu
- \* - prijevoz tereta u unutarnjem cestovnom prometu
- \* - prijevoz tereta u međunarodnom cestovnom prometu
- \* - prijevoz osoba i tereta za vlastite potrebe
- \* - agencijska djelatnost u cestovnom prijevozu
- \* - djelatnost prijevoza opasnih tvari
- \* - povremeni prijevoz putnika u obalnom pomorskom prometu
- \* - iznajmljivanje strojeva i opreme, sa i bez rukovatelja



PODACI ZA UPIS U GLAVNU KNJIGU SUDSKOG REGISTRA  
(prilog uz rješenje)

Pod brojem upisa 1 za tvrtku C.B.F. inženjering d.o.o. za projektiranje i usluge upisuje se:

**SUBJEKT UPISA**

**EVIDENCIJSKE DJELATNOSTI:**

- \* - skladištenje robe
- \* - popravak, obnavljanje opreme i strojeva, bojenje, čišćenje brodova
- \* - turističke usluge u nautičkom turizmu
- \* - turističke usluge u zdravstvenom turizmu
- \* - turističke usluge u kongresnom turizmu
- \* - turističke usluge aktivnog i pustolovnog turizma
- \* - turističke usluge na poljoprivrednom gospodarstvu, uzgajalištu vodenih organizama, lovištu i u šumi šumoposjednika te ribolovnom turizmu
- \* - usluge iznajmljivanja opreme za šport i rekreaciju turistima i obveze pružatelja usluge
- \* - usluge turističkog vođenja
- \* - usluge turističkog animatora
- \* - usluge iznajmljivanja vozila (rentacar)
- \* - usluge upravljanja plovnim objektom turista i nautičara
- \* - privez i odvez brodova, jahti, ribarskih, sportskih i drugih brodica i plutajućih objekata
- \* - ukrcaj, iskrcaj, prekrcaj, prijenos i skladištenje roba i drugih materijala,
- \* - prihvat i usmjeravanje vozila u svrhu ukrcaja ili iskrcaja vozila s uređenih lučkih površina,
- \* - ukrcaj i iskrcaj putnika uz upotrebu lučke prekrcajne opreme
- \* - pripremanje i usluživanje jela, pića i napitaka i pružanje usluga smještaja
- \* - pripremanje jela, pića i napitaka za potrošnju na drugom mjestu sa ili bez usluživanja (u prijevoznom sredstvu, na priredbama i slično) i opskrba tim jelima, pićima i napitcima (catering)
- \* - organiziranje koncerata, kulturnih i zabavnih priredbi, revija, izložbi, festivala, zabavnih igara i obiteljskih svečanosti
- \* - organiziranje sajмова, kongresa, simpozija, prezentacija i seminara
- \* - računalne i srodne djelatnosti
- \* - savjetovanje i pribavljanje programske opreme (software)
- \* - obrada podataka
- \* - izrada web stranica
- \* - računovodstveni poslovi
- \* - fotografske djelatnosti
- \* - djelatnost pakiranja
- \* - čišćenje svih vrsta objekata
- \* - uređenje i održavanje krajolika



TRGOVAČKI SUD U SPLITU  
Tt-22/8559-2

MBS: 060455585  
EUID: HRSR.060455585  
Datum: 26.10.2022

PODACI ZA UPIS U GLAVNU KNJIGU SUDSKOG REGISTRA  
(prilog uz rješenje)  
Pod brojem upisa 1 za tvrtku C.B.F. inženjering d.o.o. za  
projektiranje i usluge upisuje se:

---

SUBJEKT UPISA

---

U Splitu, 26. listopada 2022.

S U D A C  
Ivo Bakalić

Dokument je elektronički potpisan  
IVO BAKALIĆ  
Vrijeme potpisivanja:  
26-10-2022  
09:51:19

DN  
C=HR  
O=TRGOVAČKI SUD U SPLITU  
CN=IVO BAKALIĆ  
E=IVO.BAKALIC@TTSPLITU.hr  
C=HR  
O=TRGOVAČKI SUD U SPLITU  
CN=IVO BAKALIĆ

Broj zapisa: dzi-5072275  
Kontrolni broj: ceypn-yhtuw



Vjerodostojnost ovog dokumenta možete provjeriti na web adresi:  
[http://sudreg.pravosuđje.hr/registar/kontrola\\_izvornika/](http://sudreg.pravosuđje.hr/registar/kontrola_izvornika/)  
unosom gore navedenog broja zapisa i kontrolnog broja dokumenta  
ili skeniranjem ovog QR koda. Sustav će u oba slučaja prikazati  
izvornik ovog dokumenta. Ukoliko je ovaj dokument identičan  
prikazanom izvorniku u digitalnom obliku, Trgovački sud u Splitu  
potvrđuje vjerodostojnost dokumenta.

D002, 2022-10-26 09:51:02

Stranica: 4 od 4

## 2.2. Imenovanje projektanta

Na temelju članka 49. i članka 51. Zakona o gradnji (NN153/13, 20/17, 39/19 i 125/19) donosi se:

### IMENOVANJE PROJEKTANTA

INVESTITOR: Ime Prezime  
Adresa 0  
000000 Grad

GRAĐEVINA: Solarna elektrana na stambenom objektu  
k. č. br. 0000/00, k. o. Općina

RAZINA RAZRADE: Glavni projekt

VRSTA PROJEKTA: Elektrotehnički projekt

OZNAKA PROJEKTA: GP 000/00-el

NAZIV PROJEKTA: Elektrotehnički projekt solarne elektrane na stambenom objektu

### OBRAZLOŽENJE:

Projektant, dipl. ing. el., posjeduje stručnu spremu i radno iskustvo za izradu tehničke dokumentacije prema Zakonu o gradnji (NN 153/13, 20/17, 39/19 i 125/19) te je upisan u Imenik ovlaštenih inženjera elektrotehnike pod rednim brojem E0000.

Grad, mjesec 2023. godine

DIREKTOR  
Projektant, dipl. ing. el.



## 2.3. Rješenje o upisu u imenik ovlaštenih inženjera elektrotehnike HKIE



REPUBLIKA HRVATSKA  
HRVATSKA KOMORA  
INŽENJERA ELEKTROTEHNIKE

Klasa: UP/I-800-01/22-01/90  
Urbroj: 504-05-22-3  
Zagreb, 11. listopada 2022. godine

Na temelju članka 27. Zakona o komori arhitekata i komorama inženjera u graditeljstvu i prostornom uređenju ("Narodne novine", broj 78/15, 114/18, 110/19) Hrvatska komora inženjera elektrotehnike, rješavajući po Zahtjevu za upis u Imenik ovlaštenih inženjera elektrotehnike Hrvatske komore inženjera elektrotehnike, koji je podnio **Lovre Šabić, dipl.ing.el., ZMIJAVCI, Vukovarska 54,** donijela je

### RJEŠENJE

#### o upisu u Imenik ovlaštenih inženjera elektrotehnike Hrvatske komore inženjera elektrotehnike

1. U Imenik ovlaštenih inženjera elektrotehnike HKIE upisuje se **Lovre Šabić, dipl.ing.el., OIB 32297676901,** pod rednim brojem **3523,** s danom upisa **11.10.2022.** godine.
2. Upisom u Imenik ovlaštenih inženjera elektrotehnike, **Lovre Šabić dipl.ing.el.,** stječe pravo na uporabu strukovnog naziva "**ovlašteni inženjer elektrotehnike**" i može obavljati poslove projektiranja u svojstvu odgovorne osobe (projektanta i/ili glavnog projektanta) u okviru zadaće elektrotehničke struke, te poslove stručnog nadzora građenja u svojstvu odgovorne osobe (nadzornog inženjera) u okviru zadaće elektrotehničke struke u skladu s člancima 52. i 53. stavak 1. Zakona o poslovima i djelatnostima prostornog uređenja i gradnje („Narodne novine“, broj 78/15, 118/18, 110/19), te ostala prava i dužnosti sukladno posebnim propisima.
3. Ovlašteni inženjer elektrotehnike poslove iz točke 2. ovoga Rješenja dužan je obavljati sukladno temeljnim načelima i pravilima struke koje treba poštivati ovlašteni inženjer elektrotehnike.
4. Na temelju članka 26. stavka 5. Zakona o komori arhitekata i komorama inženjera u graditeljstvu i prostornom uređenju ovlaštenom inženjeru elektrotehnike HKIE izdaje "**inženjersku iskaznicu**" i "**pečat**", koji su trajno vlasništvo HKIE.
5. Ovlašteni inženjer elektrotehnike dobiva posredstvom HKIE policu osiguranja od profesionalne odgovornosti od odabranog osiguravatelja. Polica se izdaje za razdoblje od godinu dana i obnavlja svake godine.
6. Ovlašteni inženjer elektrotehnike dužan je plaćati HKIE članarinu i ostala davanja koja utvrde tijela HKIE, osim u slučaju mirovanja članstva, te pri prestanku članstva u HKIE podmiriti sve dospjele financijske obveze prema istima.
7. Ovlašteni inženjer elektrotehnike ima prava i dužnosti u skladu s člankom 21. stavkom 1. podstavkom 6. Zakona o komori arhitekata i komorama inženjera u graditeljstvu i prostornom uređenju.
8. Podnositelj Zahtjeva za upis u Imenik ovlaštenih inženjera elektrotehnike HKIE uplatio je upisninu u iznosu od 2.000,00 kn (slovima: dvije tisuće kuna) /265,45 EUR u korist računa HKIE.



### Obrazloženje

Lovre Šabić, dipl.ing.el., podnio je dana 07.10.2022. Zahtjev za upis u Imenik ovlaštenih inženjera elektrotehnike HKIE.

Dana 11.10.2022. godine proveden je postupak razmatranja dostavljenog potpunog Zahtjeva imenovanog za upis u Imenik ovlaštenih inženjera elektrotehnike HKIE, te je ocijenjeno da imenovani u skladu s člankom 27. Zakona o komori arhitekata i komorama inženjera u graditeljstvu i prostornom uređenju, ispunjava uvjete za upis u Imenik ovlaštenih inženjera elektrotehnike HKIE.

Ovlašteni inženjer elektrotehnike upisom u Imenik ovlaštenih inženjera elektrotehnike HKIE stječe pravo na obavljanje poslova projektiranja i/ili stručnog nadzora građenja u svojstvu odgovorne osobe u okviru zadaće elektrotehničke struke, sukladno Zakonu i Statutu HKIE.

Ovlašteni inženjer elektrotehnike može poslove projektiranja i/ili stručnog nadzora građenja prema članku 19. Zakona o poslovima i djelatnostima prostornog uređenja i gradnje obavljati samostalno u vlastitom uredu, zajedničkom uredu, ili u pravnoj osobi registriranoj za tu djelatnost.

Ovlašteni inženjer elektrotehnike, osim u slučaju mirovanja članstva, dobiva posredstvom HKIE policu osiguranja od profesionalne odgovornosti od odabranog osiguravatelja. Polica se izdaje za razdoblje od godinu dana i obnavlja svake godine.

Upisom u Imenik ovlaštenih inženjera elektrotehnike HKIE imenovani stječe pravo na "pečat" i "inženjersku iskaznicu" koje mu izdaje HKIE, a koji su trajno vlasništvo HKIE.

Ovlašteni inženjer elektrotehnike ima prava i dužnosti u skladu s člankom 21. stavkom 1. podstavkom 6. Zakona o komori arhitekata i komorama inženjera u graditeljstvu i prostornom uređenju i Statutom Hrvatske komore inženjera elektrotehnike.

Ovlašteni inženjer elektrotehnike je dužan redovito plaćati članarinu.

Ovlašteni inženjer elektrotehnike dužan je u obavljanju poslova projektiranja i/ili stručnog nadzora građenja za koje je stručno kompetentan, poštivati odredbe Zakona i posebnih zakona, tehnička pravila, standarde, norme te osobno odgovarati za svoj rad i snositi odgovornost prema trećim osobama i javnosti.

U skladu s Odlukom o visini upisnine i članarine Hrvatske komore inženjera elektrotehnike, uplaćena je upisnina u iznosu od 2.000,00 kn (slovima: dvije tisuće kuna) /265,45 EUR u korist računa Hrvatske komore inženjera elektrotehnike broj: HR782360001102094148.

Na temelju svega prethodno navedenog riješeno je kao u dispozitivu, te Komora u skladu s člancima 25. i 26. Zakona o komori arhitekata i komorama inženjera u graditeljstvu i prostornom uređenju donosi ovo Rješenje.

#### **Pouka o pravnom lijeku:**

Protiv ovog rješenja dopuštena je žalba koja se podnosi Ministarstvu prostornoga uređenja, graditeljstva i državne imovine u roku 15 dana od dana dostave rješenja. Žalba se predaje neposredno ili šalje poštom u pisanom obliku, u tri primjerka, putem tjela koje je izdalo rješenje.

Predsjednik  
Hrvatske komore inženjera elektrotehnike  
**Živko Radović, dipl.ing.el.**



#### **Dostaviti:**

1. Lovre Šabić, 21266 ZMIJAVCI, Vukovarska 54
2. U Zbirku isprava Komore
3. Pismohrana Komore

## 2.4. Izjava o usklađenosti glavnog projekta

Na temelju članka 49. i članka 51. Zakona o gradnji (NN 153/13, 20/17, 39/19 i 125/19) projektant je odgovoran za ispunjavanje temeljnih zahtjeva za građevinu navedenih u čl. 8. Na temelju obavljenog pregleda projektne dokumentacije na temelju članka 49. i članka 51. Zakona o gradnji (NN153/13, 20/17, 39/19 i 125/19) donosi se:

### IZJAVA O USKLAĐENOSTI GLAVNOG PROJEKTA

**o usklađenosti projekta s odredbama posebnih zakona i drugih propisa te posebnih uvjeta**

INVESTITOR:	Ime Prezime Adresa 0 00000 Grad
GRAĐEVINA:	Solarna elektrana na stambenom objektu k. č. br. 0000/00, k. o. Općina
RAZINA RAZRADE:	Glavni projekt
VRSTA PROJEKTA:	Elektrotehnički projekt
OZNAKA PROJEKTA:	GP 000/00-el
NAZIV PROJEKTA:	Elektrotehnički projekt solarne elektrane na stambenom objektu

PROJEKTANT  
Projektant, dipl. ing. el.

## 2.5. Izjava o jednostavnoj građevini

Na temelju članka 128. Zakona o gradnji (NN 153/13, 20/17, 39/19, 125/19) i Pravilnika o jednostavnim i drugim građevinama i radovima (NN 112/17, 34/18, 36/19, 98/19, 31/20 i 74/22) izdaje se:

### **IZJAVA O JEDNOSTAVNOJ GRAĐEVINI**

da je glavni projekt br. GP 000/00-el izrađen u skladu s Pravilnikom o jednostavnim i drugim građevinama i radovima (NN 112/17, 34/18, 36/19, 98/19, 31/20 i 74/22). Stoga se navedeni radovi obuhvaćeni ovim projektom mogu izvoditi bez građevinske dozvole, a u skladu s glavnim projektom.

Grad, mjesec 2023. godine

PROJEKTANT

Projektant, dipl. ing. el.

## 2.6. Izvod iz katastarskog plana



REPUBLIKA HRVATSKA  
DRŽAVNA GEODETSKA UPRAVA  
PODRUČNI URED ZA KATASTAR

K.o.  
k.č.br.:

Stanje na dan: 14.03.2023.

### IZVOD IZ KATASTARSKOG PLANA

Mjerilo 1:1000  
Izvorno mjerilo 1:1000



## 2.7. Izvadak iz zemljišne knjige



REPUBLIKA HRVATSKA  
DRŽAVNA GEODETSKA UPRAVA  
PODRUČNI URED ZA KATASTAR SPLIT

Stanje na dan: 14.03.2023. 11:00

### PRIJEPIS POSJEDOVNOG LISTA

Katastarska općina:

Posjedovni list:

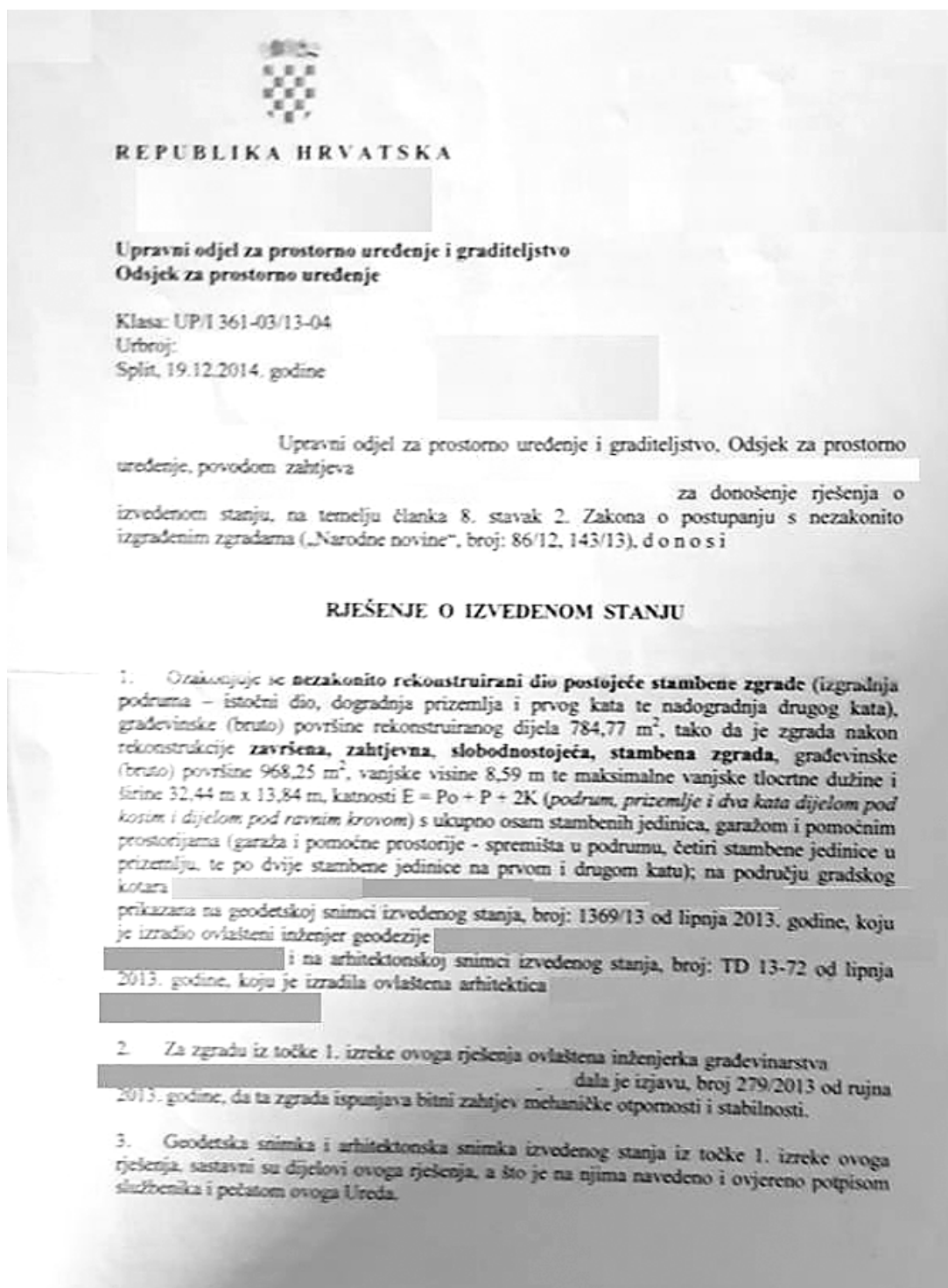
Udio	Prezime i ime odnosno tvrtka ili naziv, prebivalište odnosno sjedište upisane osobe	OIB
1/2	(VLASNIK)	
1/2	(VLASNIK)	

### Podaci o katastarskim česticama

Zgr	Dio	Broj katastarske čestice	Adresa katastarske čestice/Način uporabe katastarske čestice/Način uporabe zgrade, naziv zgrade, kućni broj zgrade	Površina/m <sup>2</sup>	Broj D.L.	Posebni pravni režimi	Primjedba
				1721			
			STAMBENA ZGRADA	382			
			VRT	1088			
			DVORIŠTE	251			
				62			
			PAŠNJAK	62			
Ukupna površina katastarskih čestica				1783			

NAPOMENA: Ovaj prijepis posjedovnog lista nije dokaz o vlasništvu na katastarskim česticama upisanim u posjedovnom listu.

## 2.8. Uporabna dozvola



## 2.9. Primijenjena zakonska regulativa

Ovaj projekt je usklađen sa svim odredbama niže navedenih zakona, propisa i normi:

- Zakon o prostornom uređenju (NN 153/13, 65/17, 114/18, 39/19 i 98/19)
- Zakon o gradnji (NN br. 153/13, 20/17, 39/19 i 125/19)
- Zakon o energiji (NN br. 120/12, 14/14, 95/15, 102/15 i 68/18)
- Zakon o zaštiti od požara (NN br. 92/10 i 114/22)
- Zakon o zaštiti na radu (NN br. 71/14, 118/14, 154/14, 94/18 i 96/18)
- Zakon o zaštiti od buke (NN br. 30/09, 55/13, 153/13, 41/16, 114/18 i 14/21)
- Zakon o zaštiti okoliša (NN br. 80/13, 153/13, 78/15, 12/18 i 118/18)
- Zakon o poslovima i djelatnostima prostornog uređenja i gradnje (NN 78/15, 118/18 i 110/19)
- Zakon o komori arhitekata i komorama inženjera u graditeljstvu i prostornom uređenju (NN 78/15, 114/18 i 110/19)
- Pravilnik o jednostavnim i drugim građevinama i radovima NN 112/17, 34/18, 36/19, 98/19 i 31/20)
- Pravilnik o obveznom sadržaju i opremanju projekata građevine (NN 118/19)
- Tehnički propis za niskonaponske električne instalacije (NN br. 05/10)
- Tehnički propis za sustave zaštite od djelovanja munje na građevinama (NN br. 87/08 i 33/10)
- Pravilnik o zaštiti na radu na privremenim ili pokretnim gradilištima (NN br. 51/08)
- Pravilnik o uporabi osobnih zaštitnih sredstava (NN br. 39/06)
- Pravilnik o zaštiti na radu pri uporabi radne opreme (NN br. 18/17)
- Pravilnik o sigurnosti i zdravlju pri radu s električnom energijom (NN br. 88/12)
- Statut Hrvatske komore inženjera elektrotehnike (NN br. 137/15, 35/19 i 129/19)
- Norme električne instalacije

HRN HD 60364-7-712 Niskonaponske električne instalacije – Dio 7-712: Zahtjevi za posebne instalacije ili prostore – Fotonaponski sustavi (PV)

HRN EN 50173-1: 2008 Informacijska tehnika, Generički sustavi kabliranja – – 1. dio: Opći zahtjevi (EN50173-1: 2007)

HRN EN 50173-4: 2008 Informacijske tehnike – Generički sustavi kabliranja – – 4. dio: Kuće (EN 50173-4: 2007)

HRN EN 50174-1: 2008 Informacijska tehnika – Instalacija kabliranja – – 1. dio: Specifikacija instalacije i osiguranje kakvoće (EN 50174-1: 2008)

HRN EN 50174-2: 2008 Informacijska tehnika – Instalacija kabliranja – 2. dio: Planiranje instalacije i praksa unutar zgrada (EN 50174-2: 2008)

HRN HD60364-4-41: 2007 Niskonaponske električne instalacije – – 4 – 41. dio: Sigurnosna zaštita – Zaštita od električnog udara (IEC 60364-4-41: 2005,MOD; HD 60364-4-41: 2007)

HRN R064-003: 1999 Uputa za određivanje presjeka vodiča i odabir zaštitnih naprava (R064- 003: 1998)

HRN HD 60364-6 Završni pregled i ispitivanje električne instalacije obvezno se provodi odgovarajućom uporabom mjerne i ispitne opreme prema normi i normama na koje ta norma upućuje

PROJEKTANT

Projektant, dipl. ing. el.



### 3. PROJEKTNI ZADATAK

---

Na postojećoj građevini vlasnika Ime Prezime na adresi Adresa 0 u Gradu, k. č. br. 0000/00, k.o. Općina, planira se izgraditi sunčana elektrana izlazne snage do 10 kW za proizvodnju električne energije koja bi se zatim trošila za vlastite potrebe na lokaciji. Na ukupnu dostupnu površinu objekta pogodnu za montažu fotonaponskih modula potrebno je, prema zahtjevima naručitelja, rasporediti fotonaponske module, odrediti njihov broj, kut nagiba i azimut, predložiti način učvršćenja nosive konstrukcije, način električnog spajanja, predložiti fotonaponske pretvarače, procijeniti ukupne troškove instalacije te godišnju proizvodnju električne energije.

Sunčanu elektranu potrebno je osmisliti tako da radi automatski u svim vremenskim uvjetima. Svi dijelovi i komponente moraju biti takve kakvoće kako bi se uz minimalne potrebe za održavanjem osigurao siguran pogon i maksimalni radni vijek elektrane.

**Kontrola statičke stabilnosti krova i objekta u cjelini zbog montaže sunčane elektrane na krovnu površinu, obaveza je naručitelja. Bez pozitivnog mišljenja ovlaštenog statičara, montaža opreme na krovu dozvoljena je isključivo na vlastitu odgovornost naručitelja.**

PROJEKTANT

Projektant, dipl. ing. el.

## 4. TEHNIČKI OPIS

### 4.1. Uvod

Na postojećem stambenom objektu investitora Ime Prezime na adresi Adresa 0, Grad (k. č. br. 0000/00, k. o. Grad) ugrađuje se solarna elektrana. Ovim projektom obrađuje se električna instalacija solarne elektrane, izjednačenje potencijala i uzemljenje te procjena troška investicije. Broj obračunskog mjernog mjesta na koje se spaja solarna elektrana je OMM 0000000000 sa zakupljenom snagom 13,8 kW.

### 4.2. Opis postojeće električne instalacije

Postojeća el. instalacija objekta spojena je na niskonaponsku mrežu HEP preko KPMO ormarića koji je ugrađen u fasadu objekta i u kojem se nalazi brojilo el. energije dolaznim kablom NAYY 4x16 mm<sup>2</sup>. Iz njega je kablom NYY 5x10 mm<sup>2</sup> napojen kućni razdjelni ormarić RO koji je opremljen zaštitnim uređajem diferencijalne struje, nadstrujnim zaštitnim uređajima, prenaponskom zaštitom i preko kojeg se napaja el. instalacija objekta. Sustav zaštite je TN-C-S s odvajanjem N i PE sabirnice u RO.

Kućna instalacija izvedena je kablom NYM-J podžbukno. Priključnice su tipa šuko s kontaktima za uzemljenje.

### 4.3. Solarna elektrana i njeno priključenje

Projektom je predviđena izgradnja solarne elektrane s ukupnom instaliranom snagom solarnih panela 10,25 kWp i ugradnja invertera snage 10 kW. Namjena sunčane elektrane je proizvodnja električne energije koja bi se koristila za vlastite potrebe, a višak proizvedene električne energije bi se predavao HEP ODS-u na niskonaponsku mrežu.

Očekivana godišnja proizvodnja električne energije predmetne solarne elektrane iznosi oko 11300 MWh.

Niskonaponski priključak se planira izvesti korištenjem postojećeg priključka građevine na kojem je potrebno izmijeniti kategoriju kupac u kategoriju kupac s vlastitom proizvodnjom.

Broj OMM	Kategorija kupca	3f/1f	Priključna snaga (kW) PREUZIMANJE	Priključna snaga (kW) PREDAJA	Planirana godišnja proizvodnja (kWh)
<b>0000000000</b>	<b>Kućanstvo</b>	<b>3f</b>	<b>13,8</b>	<b>10</b>	<b>11300</b>

### 4.3.1. Solarni moduli i nosiva konstrukcija

Solarni moduli se postavljaju na južnu stranu krova objekta dimenzija 11,9 x 5,6 m koji je pokriven crijepom. Nosiva konstrukcija za module je izrađena od aluminijske, a na krov se pričvršćuje nosačima na krovnu konstrukciju. Na nosive elemente se postavljaju fotonaponski moduli koji se međusobno i na nosive elemente pričvršćuju stezaljkama.

Nazivna snaga modula je 410 W, dimenzije modula su 2015x996x40 mm, a težina modula je 23 kg. Fotonaponsko polje sadrži 25 modula, podijeljenih u 2 niza, kao što je prikazano na crtežima. U nizovima se serijski spajaju fotonaponski moduli, a kabeli za spajanje su tipa PV1F 1x6 mm<sup>2</sup>, 1500 V DC.

Specifikacija solarnih modula *RSM144-6-410M*, 410 Wp:

Uvjeti testiranja	STC
Nazivna snaga	410
Napon u MPP točki	W
Struja u MPP točki:	37,24 V
Napon otvorenog kruga	8,24 A
Struja kratkog spoja	44,99 V
Efikasnost modula	8,77 A
Ukupni broj fotonaponskih modula	20,4 %
	25 kom

Ukupna snaga fotonaponskih modula iznosi 10,25 kWp

Fotonaponski moduli postavljeni su tako da ne reflektiraju Sunčevu svjetlost prema prometnicama te ne ugrožavaju sigurno odvijanje prometa. Fotonaponski moduli se postavljaju pod kutom krova cca 10°.

Potrebno je koristiti posebne vodiče za sunčane elektrane. To su vodiči oznake Solar, dvostruko izolirani, pokositreni bakreni vodiči dizajnirani kako bi izdržali relativno visoke istosmjerne napone (do 1500 V DC). Oznake RED/WHITE su oznake boje vodiča koje služe kako bi se lakše razlučio pozitivni (+) vodič od negativnog (-) vodiča. Koristit će se vodiči, tipa Solar 125 RV flex 1500V DC, presjeka 4 mm<sup>2</sup>. Također, potrebno je posebnu pažnju obratiti na izbor konektora. Oni moraju biti posebno dizajnirani za svrhu spajanja fotonaponske opreme, moraju izdržati napon do 1000 V DC te istosmjernu struju do 25 A. Moraju biti otporni na vlagu, prašinu i ostale vanjske utjecaje (odgovarajuća IP zaštita). Koristit će se konektori tipa MC-4.

### 4.3.2. Inverter

Inverter svojim ulaznim naponskim i strujnim ograničenjima pokriva radno područje fotonaponskog polja u svim uvjetima te je opremljen uređajem za automatsku sinkronizaciju na mrežu HEP-a. Inverter ima ugrađene vrlo napredne sigurnosne sustave zaštite kako od otočnog pogona, tako i nadstrujne i prenaponske zaštite. Izmjenjivač ima ugrađeni sustav za praćenje točke maksimalne snage (MPPT) fotonaponskog polja. Inverter u sebi sadrži komunikacijsko sučelje te se u svakom trenutku preko web servera može pratiti rad elektrane te proizvodnja putem Solar.web aplikacije.

Specifikacija solarnog invertera Sunny Tripower X 15 (STP 15-50) s ograničenjem izlazne snage na 10 kW:

Nazivna snaga	15000 W
Ograničenje snage	10000 W max.
Maksimalna ulazna snaga panela	22,5 kWp
Maksimalni ulazni napon	1000 V

MPPT raspon	275 – 800 V
Maksimalna struja po MPPT ulazu	24 A
Maksimalna struja kratkog spoja DC ulaza	35 A
Broj MPPT ulaza	3
Broj stringova po MPPT ulazu	2
Ukupni broj fotonaponskih pretvarača	1 kom

Ukupna snaga fotonaponskih pretvarača iznosi 15 kW, s ograničenim izlazom prema mreži na 10 kW.

### 4.3.3. Razvodni ormar RO SE

Za priključak solarne elektrane na postojeću instalaciju objekta predviđa se ugradnja razvodnog ormara RO SE. Unutar ormara se planira ugraditi oprema za zaštitu AC i DC strujnih krugova prema priloženoj shemi. Na DC strani se ugrađuju sklopke za isključenje pojedinog stringa i odvodnici prenapona. Na AC strani se ugrađuje nadstrujna zaštita B16A, 4p, zaštitni uređaj diferencijalne struje 16A/4p/0,3A tip B i prenaponska zaštita.

#### 4.3.4. Razvodni ormar RO

Unutar postojećeg kućnog razvodnog ormara planira se ugradnja kontrolnog brojila za praćenje ukupne potrošnje iz mreže tip SMA Energy Meter. Uređaj se povezuje preko komunikacijskog sučelja i web servera s aplikacijom za praćenje stanja solarne elektrane.

#### 4.3.5. Zaštita od munje i izjednačenje potencijala

Građevina ima postojeći sustav zaštite od munje. Nosivu konstrukciju panela potrebno je uzemljiti vodičem P/F-Y 1x16 mm<sup>2</sup> povezivanjem na postojeću gromobransku instalaciju. Kućište i PE sabirnice DC razvodnih ormara uzemljiti vodičem P/F-Y 1x25 mm<sup>2</sup> na izvod uzemljenja. Unutar objekta kod pozicije montaže invertera montirati sabirnicu za izjednačenje potencijala i na nju spojiti inverter i RO SE vodičima P/F-Y 1x16 mm<sup>2</sup>, a nju uzemljiti na najbliži izvod uzemljenja objekta.

### 4.4. Opremanje mjernog mjesta

Za spoj solarne elektrane na mrežu HEP-a potrebno je urediti mjerno mjesto na način da se zamijeni postojeće brojilo novim dvosmjernim te da se ugradi uređaj za odvajanje kupca od mreže. Navedene radove izvodi HEP u sklopu priključka solarne elektrane na mrežu.

### 4.5. Tehnička rješenja za pravilno postavljanje solarne elektrane

#### Zračnost

Udaljenost između gornje strane pokrova i zadnje strane modula mora osiguravati djelotvorno prozračivanje koje onemogućava prekomjerno zagrijavanje materijala. Zračni sloj između gornje strane pokrova i zadnje strane modula mora iznositi minimalno 6 cm.

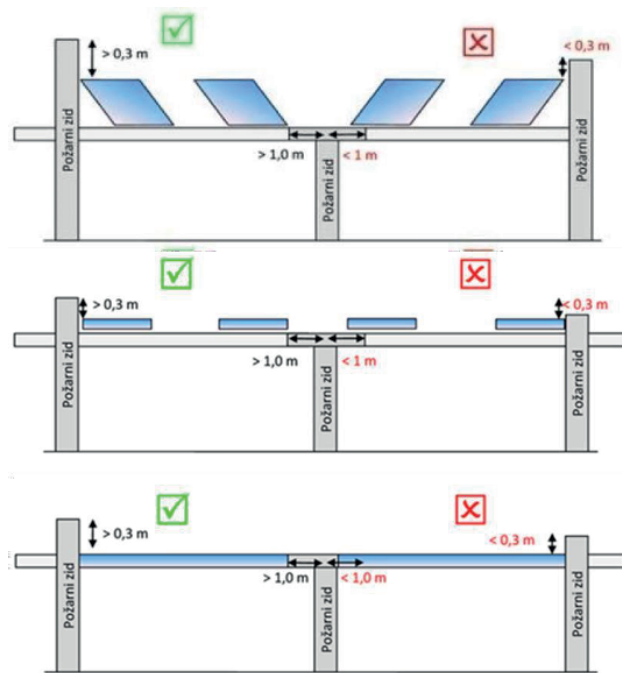
Fotonaponski moduli moraju biti montirani sukladno tehničkom listu i uputi izdanoj od strane proizvođača. Preporuka je korištenje modula koji su razvrstani u klasu "A", sukladno normi EN

61730-1, koja se u pogledu gorivosti svrstava u razred II. Svaka krovna završna obloga pa tako i moduli moraju imati razred reakcije na požar B (krov) t1 – ispitivanje gorivosti na leteće čestice.

#### Montaža panela

Posebnu pozornost treba posvetiti poziciji protupožarnih zidova na granicama požarnih odjeljaka na krovu oko kojih na udaljenostima minimalno 1 m ne smije biti gorivih materijala.

Požarni zid mora se nalaziti minimalno 0,3 m od gornjeg ruba modula.

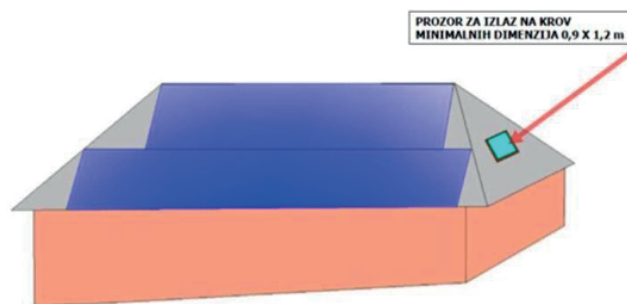


Ako na krovu postoje otvori za izlazak na krov, dimnjaci, ventilatori i slična oprema, elektrana mora biti udaljena minimalno 1 m.

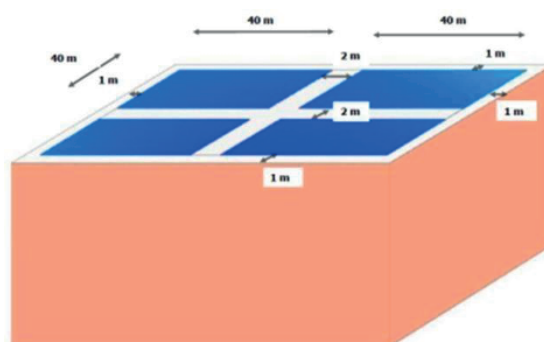
Za kretanje po krovu na kojem je smještena sunčana elektrana, u slučaju održavanja, vatrogasne intervencije i sl., uz rub krova i panela, ukoliko se radi o većoj površini elektrane, moraju biti osigurane hodne staze širine minimalno 1 m.



Ukoliko na krovu postoji otvor za izlazak na krov, minimalnih dimenzija 0,9 x 1,2 m, koji može poslužiti i za vatrogasnu intervenciju, tada paneli mogu zauzeti cijelu jednu stranu krovne plohe.



Zahtjev za postavljanje polja panela:



Požari će utjecati na strukturu modula. Visoke temperature mogu uzrokovati oštećenja nosača konstrukcije. Toplina može uzrokovati da paneli eksplodiraju, uslijed čega će krhotine letjeti zrakom. Stoga je posebno važno za gasitelje da prilaze građevini sa strane od koje ne prijete rušenje panela.

### Pozicija invertera

Inverter treba pozicionirati:

- izvan evakuacijskih puteva
- potrebno ih je zaštititi od utjecaja praha, vode i vlage
- pri odabiru invertera potrebno je voditi računa o uvjetima okoline u koju se postavljaju (temperatura, vlaga)
- ukoliko je prostorija invertera smještena u građevini, mora biti suha, bez prašine i neizložena visokoj temperaturi
- ako je instalacija do pretvarača izvedena u protupožarnoj izvedbi, onda i sama prostorija mora biti zaseban požarni odjeljak
- u prostoriji za smještaj pretvarača mora biti postavljen minimalno jedan prijenosni vatrogasni aparat punjen s CO<sub>2</sub>, sa minimalno 89 JG
- na udaljenosti od minimalno 1 m od pretvarača ne smije biti gorivog materijala

Označavanje građevine na kojoj je smještena solarna elektrana i prostora unutar građevine s instalacijom istosmjerne struje i prostora s inverterom



**POSTAVLJANJE OZNAKE:**

- NA DOBRO VIDLJIVOM MJESTU
- VELIČINA CRVENOG RUBA OZNAKE MINIMALNO FORMAT PAPIRA A6





## 5. PODATCI I PRORAČUNI

### 5.1. Planirana proizvodnja

Planirana proizvodnja solarne elektrane radi se proračunom na temelju geografskih, meteoroloških podataka lokacije i tehničkih uvjeta kao što su orijentacija i nagib krovišta.



Planirana godišnja proizvodnja električne energija prema dobivenim podacima iznosi **11.300 kWh**.

### 5.2. Proračun maksimalnog DC napona na pretvaraču

Do pojave dolazi u slučaju kada se moduli nalaze u otvorenom krugu i temperatura ćelije je niska.

$$U_{\max(DC)} = N_{PV} \times U_{OC} \times (1 + \Delta T \times K_{tV})$$

$$\Delta T = T - T_{STC}$$

$U_{\max(DC)}$  - maksimalni napon na DC pretvaraču

$N_{PV}$  - broj modula po stringu

$U_{OC}$  - napon otvorenog kruga

$\Delta T$  - razlika temperature

$T$  - temperatura za koju se vrši kontrola (-10 °C)

$T_{STC}$  - temperatura kod standardnih uvjeta testiranja (25 °C)  $K_{tV}$  - temperaturni koeficijent napona (%/°C)

Maksimalni DC napon na ulazima pretvarača:

Konfiguracija 1x13 modula po ulazu	
NPV	13
U <sub>OC</sub> (V)	44,99
ΔT (°C)	-35
K <sub>tV</sub> (%/°C)	-0,27
U <sub>max</sub> (DC)(V)	640
U <sub>max</sub> (DC) < 1000 V	<b>ZADOVOLJAVA</b>

Svi naponi su manji od maksimalnog ulaznog napona invertera (1000 V).

### 5.3. Proračun minimalnog DC napona na pretvaraču

Do pojave dolazi u slučaju kada se moduli nalaze u točki MPP i temperatura ćelije je visoka.

$$U_{\min(DC)} = N_{PV} \times U_{MPP} \times (1 + \Delta T \times K_{tV})$$

$$\Delta T = T - T_{STC}$$

U<sub>min</sub> (DC) - minimalni napon na DC pretvaraču

NPV - broj modula po stringu U<sub>MPP</sub> - napon kod P<sub>MAX</sub>

ΔT - razlika temperature

T - temperatura za koju se vrši kontrola (60 °C)

T<sub>STC</sub> - temperatura kod standardnih uvjeta testiranja (25 °C) K<sub>tV</sub> - temperaturni koeficijent napona (%/°C)

Minimalni DC napon na ulazima pretvarača:

Konfiguracija 1x12 modula po ulazu	
NPV	12
U <sub>MPP</sub> (V)	37,24
ΔT (°C)	-45
K <sub>tV</sub> (%/°C)	-0,37
U <sub>min</sub> (DC)(V)	372
275 V < U <sub>min</sub> (DC) < 800 V	<b>ZADOVOLJAVA</b>

Minimalni napon je unutar MPPT raspona pretvarača (od 275 do 800 V).

## 5.4. Proračun DC kabela na ulazu pretvarača

Dimenzioniranje kabela vrši se prema tri glavna kriterija:

- naponskoj klasi kabela
- maksimalnom strujnom opterećenju kabela
- minimiziranju gubitaka u kabelima.

### NAPONSKA RAZINA

Naponska klasa PV1-F kabela koji se primjenjuje u fotonaponskim sustavima je 1000 V.

Maksimalni napon praznog hoda za najdulji niz fotonaponskih modula izračunat je za temperaturu od  $-15^{\circ}\text{C}$  i iznosi 497,94 V iz čega je vidljivo da ne prelazi naponsku klasu standardnih PV1-F kabela.

### STRUJNO OPTEREĆENJE

Pri proračunu kabela na strujno opterećenje treba uzeti u obzir da je struja kratkog spoja pojedinog FN niza (a koja odgovara struji kratkog spoja pojedinog modula ISC STC) neznatno veća od MPP struje pojedinog FN niza (a koja odgovara MPP struji pojedinog modula IMPP). U proračunu se u obzir uzima da se dozvoljena struja kroz vodič smanjuje bilo porastom temperature, bilo vođenjem više vodiča u grupi.

$I_{kmax}$  - maksimalna struja kabela  $I_{kdoz}$  - dozvoljena struja kabela  
 $k_t$  - faktor temperature okoline  $k_p$  - faktor polaganja kabela  
ISC SCT - struja kratkog spoja kod STC IN - nazivna struja osigurača  
IDC max - maksimalna struja po MPPT ulazu

Strujno opterećenje DC kabela	
$I_{kmax}$ (A)	55
$k_t$	0,58
$k_p$	0,8
$I_{kdoz}$ (A)	25,52
ISC SCT (A)	8,77
$1,25 \times \text{ISC SCT}$ (A)	10,97
$I_{kdoz} > 1,25 \times \text{ISC SCT}$	<b>ZADOVOLJAVA</b>

Strujno opterećenje ulaza invertera (konfiguracija 1x13 modula)	
ISC SCT (A)	8,77
IDC MAX (A)	24
ISC SCT < IDC MAX	<b>ZADOVOLJAVA</b>

## 5.5. Proračun AC kabela na izlazu pretvarača

### 5.5.1. Proračun pada napona

Dopušteni pad napona između napojne točke el. instalacije i bilo koje druge točke ne smije biti veći od ovih vrijednosti prema nazivnom naponu el. instalacije:

1. za strujni krug rasvjete 3 %, a za strujni krug ostalih trošila 5 % ako se el. instalacija napaja iz niskonaponske mreže.
2. za strujni krug rasvjete 6 %, a za strujni krug ostalih trošila 8 % ako se el. instalacija napaja neposredno iz transformatorske stanice koja je priključena na visoki napon.

Za električnu instalaciju čija je duljina veća od 100 m, dopušteni pad napona povećava se za 0,005 % po dužinskom metru iznad 100 m, ali ne više od 0,5 %. Pad napona računamo prema izrazima:

$$\text{za 3f: } \Delta u = \frac{100 \times \sum P \times l}{\gamma \times S \times U^2} (\%), \quad \text{za 1f: } \Delta u = \frac{200 \times \sum P \times l}{\gamma \times S \times U^2} (\%)$$

$\Delta u$  - pad napona (%)

$P$  - priključena snaga trošila (W)

$l$  - duljina kabela (m)

$\gamma$  - vodljivost (56 S/m za Cu, 37 S/m za Al)  $S$  - presjek vodiča (mm<sup>2</sup>)

$U$  - nazivni napon (400V za 3f, 230V za 1f)

Naziv strujnog kruga	P (kW)	l (m)	S (mm <sup>2</sup> )	U (V)	dU (%)	dUuk (%)	dUdoz (%)
KPMO - RO	13,8	10	10	400	0,15	0,15	5
RO - RO SE	10	10	2,5	400	0,45	0,45	5
RO SE - Inverter	10	2	2,5	400	0,1	0,1	5

Dobivene vrijednosti padova napona manje su od dopuštenih pa možemo zaključiti da izbor presjeka kabela zadovoljava u smislu dozvoljenih padova napona u el. instalaciji.

### 5.5.2. Zaštita od preopterećenja

Zaštitni uređaji za zaštitu kabela od preopterećenja su pravilno odabrani sukladno HRN IEC standardima i pravilnicima, na način da je nazivna struja trošila ( $I_b$ ) manja od nazivne struje zaštitnog uređaja ( $I_n$ ), koja je manja od trajno podnosive struje kabela ( $I_z$ ).

Korekcijski faktor s obzirom na temperaturu okoline ( $k_t$ ):

- za kabele unutar objekta  $k_t = 1$  ( $30\text{ }^\circ\text{C}$ )

Korekcijski faktor s obzirom na način polaganja ( $k_p$ ):

- za kabele u kabelskom kanalu  $k_p = 0,75$

Za rastalne osigurače se trajno podnosiva struja kabela dodatno umanjuje za faktor  $k$ , koji za gG rastalne osigurače  $>16\text{A}$  iznosi 1,1.

	Zaštita	$I_b$ (A)	$I_n$ (A)	$I_{kab}$ (A)	$k_t$	$k_p$	$I_z$ (A)	$k$	$I_{zk}$ (A)	$I_b < I_n < I_{zk}$
RO – RO SE	mini prekidač	14,45	16	26	1	0,75	19,5	1	19,5	zadovoljava
RO SE - Inverter	mini prekidač	14,45	16	26	1	0,75	19,5	1	19,5	zadovoljava

### 5.5.3. Zaštita od kratkog spoja

Zaštitni uređaji za zaštitu kabela od kratkog spoja su pravilno odabrani sukladno HRN IEC standardima i pravilnicima. Prekidna moć zaštitnog uređaja mora biti veća od maksimalne struje kratkog spoja u šticeenom dijelu instalacije:

	Zaštita	$I_{k3}$ (A)	$I_{k1max}$ (A)	$I_{pu}$ (kA)
RO – RO SE	miniprekidač	1000	-	6
RO SE - Inverter	miniprekidač	35	-	6

Budući da su maksimalne vrijednosti struje kratkog spoja koju inverter može injektirati u mrežu značajno manje od vrijednosti prekidne moći sklopne opreme (6 kA za automatske osigurača i 120 kA za NVO osigurače), može se zaključiti da odabrana sklopna oprema **ZADOVOLJAVA**.

#### 5.5.4. Zaštita od indirektnog dodira

Zaštita od previsokog napona dodira u TN-C-S sustavu je izvedena zaštitnim nadstrujnim uređajima i zaštitnim uređajima diferencijalne struje. Zaštitni uređaji za zaštitu od indirektnog dodira su pravilno odabrani sukladno HRN IEC standardima i pravilnicima.

Tablica s dozvoljenim vremenima isključenja kvara u TN sustavu za završne strujne krugove <math>I < 63\text{A}</math> s jednom ili više utičnica <math>I < 32\text{ A}</math> s fiksno priključenim trošilima:

<b>U<sub>o</sub> (V AC)</b>	<b>t (s)</b>
$50 < U_o \leq 120$	0.8
$120 < U_o \leq 230$	0.4
$230 < U_o \leq 400$	0.2
$U_o > 400$	0.1

U<sub>o</sub> je nominalni napon između faze i zemlje.

U slučaju spajanja razvodnog ormara maksimalno vrijeme isključenja iznosi 5 sekundi, a zaštita je realizirana nadstrujnim zaštitnim uređajima.

Tablica s predmetnim proračunima prikazana je u nastavku.

	<b>Zaštita</b>	<b>I<sub>N</sub> (A)</b>	<b>I<sub>d min</sub> (A)</b>	<b>t (s)</b>	<b>t<sub>a</sub> (s)</b>
RO – RO SE	miniprekidač	16	200	5	2
RO SE - Inverter	ZUJS	0,3	50	0,2	0,1

#### 5.5.5. Proračun zaštite od prenapona

Za zaštitu od prenapona na DC strani u razvodnom ormaru oznake RO SE montiraju se odvodnici prenapona klase T1 + T2, 12,5 kA, 1100 V DC.

Za zaštitu od prenapona na AC strani u razvodnom ormaru oznake RO SE montiraju se odvodnici prenapona klase T2, 20 kA, 255 V AC.

## 6. PROGRAM KONTROLE I OSIGURANJA KVALITETE

---

### 6.1. Opći zahtjevi

Ovi zahtjevi su sastavni dio projekta te kao takvi obavezuju investitora i izvođača da se pri izradi projektiranih instalacija, među ostalim, pridržavaju i ovih uvjeta, jer isti sadrže elemente koji nisu navedeni u tehničkom opisu i ostalim dijelovima projekta, a bitni su za izvođenje radova.

Cjelokupne radove potrebno je izvoditi prema priloženim nacrtima, predmjeru radova, tehničkom opisu, ovim uvjetima i važećim hrvatskim standardima, propisima i pravilima struke.

Prije početka radova izvođač je dužan upoznati se s projektom te sve eventualne primjedbe pravovremeno dostaviti investitoru, odnosno nadzornom inženjeru.

Investitor je dužan tijekom izgradnje objekta osigurati stručni nadzor nad izvođenjem radova.

Za sve eventualne izmjene i odstupanja od projekta izvođač radova mora pribaviti pismenu suglasnost investitora, nadzornog inženjera i projektanta.

Tijekom izvođenja radova izvođač je obavezan voditi građevinski dnevnik.

Izvođač mora primijeniti učinkovit program osiguranja kvalitete koji će obuhvatiti sve njegove aktivnosti (nabava, montaža, funkcionalna ispitivanja, pokusni rad) u opsegu ovisno o važnosti pojedine aktivnosti.

Izvođač je dužan sve aktivnosti obavljati na osnovu pisanih postupaka i tehnoloških uputa koje na zahtjev moraju dati na uvid investitoru.

Cjelokupni upotrijebljeni materijal mora odgovarati važećim hrvatskim normama i standardima.

Prilikom preuzimanja materijala ili opreme predviđene za ugradnju, investitor, odnosno izvođač, dužan je izvršiti kontrolu isporučene opreme i materijala u skladu sa zakonskom regulativom koju je zakonodavac propisao, a koja je specifična ovisno o vrsti opreme i materijala koji se ugrađuje. Temeljem tako izvršene kontrole investitor, odnosno izvođač, dužan je pribaviti odgovarajuću atestnu dokumentaciju kojom se dokazuje da ugrađeni materijal ili oprema ispunjavaju zahtjeve prema kojima je ista glavnim projektom i predviđena.

Prije nego se pristupi polaganju vodova, mora se prema projektu izvršiti točno razmjerenje i obilježavanje.

Vodovi se polažu po naznačenoj trasi u planu instalacija horizontalno i vertikalno. Koso nije dozvoljeno.

Kod polaganja kabela na zid, kod horizontalnog vođenja kabela razmak obujmica ne smije biti veći od 30 cm, a kod okomitog od 40 cm.

Pri odmotavanju kabela s kolotura, paziti da se kabel ne usiječe i da se ne oštećuje izolacija kabela. Nulti i zaštitni vodovi ne smiju biti osigurani, a po boji se moraju razlikovati od faznih vodova. U električnom pogledu moraju predstavljati neprekinutu cjelinu.

Kod izvođenja električnih instalacije mora se voditi računa da se ne oštete izvedeni dijelovi građevine. Kod polaganja kabela treba se pridržavati propisanog radijusa savijanja.

Za ispravnost izvedenih radova izvođač jamči dvije godine računajući od dana prijema objekta. Sve kvarove i oštećenja koji bi se u tom periodu pojavili, bilo zbog primjene loših materijala ili loše izvedbe, izvođač je dužan otkloniti bez prava na naknadu.

## **6.2. Posebni zahtjevi**

### **6.2.1. Nabava materijala/poluproizvoda**

Svi materijali/poluproizvodi moraju biti izrađeni u skladu s priznatim međunarodnim ili nacionalnim normama. Izvođači moraju nabavljati materijale/poluproizvode koje dalje obrađuju/ugrađuju od provjerenih isporučitelja/proizvođača.

Ne smiju se ugrađivati materijali/poluproizvodi čija kvaliteta nije provjerena i dokumentirana.

Za većinu materijala/poluproizvoda prihvatljivo je kao dokaz kvalitete uvjerenje „3.1.B“ prema normi EN10204/91.

### **6.2.2. Proizvodnja komponenata/opreme**

Za komponente odnosno opremu koje su serijski proizvod (proizvod masovne proizvodnje), minimalno treba priložiti izjavu/potvrdu proizvođača o usklađenosti sa zahtjevima primjenjivih tehničkih propisa i normi i/ili zapis o ispitivanju uzoraka iz odgovarajuće količine proizvoda u skladu s primjenjivim propisima i normama i/ili ugovorom.

Izvođač je dužan prikupiti navedene dokumente i uvrstiti ih u svoju dokumentaciju o kvaliteti za opremu/tehnološke cjeline koje isporučuje investitoru.

### **6.2.3. Završna podešavanja i ispitivanja**

Po dovršenju montaže i povezivanja pojedinih tehnoloških cjelina u kompletnu cjelinu, izvođač mora obaviti završna podešavanja i ispitivanja na osnovu pisanog programa kojeg treba usuglasiti s investitorom. Ove aktivnosti treba provesti u prisutnosti predstavnika investitora, a moraju se dokumentirati u skladu s predviđenim u programu.

Uspješno provedena i dokumentirana završna podešavanja i ispitivanja uvjet su za početak probnog rada i primopredaje elektroinstalacije.



#### **6.2.4. Pregled, ispitivanje, mjerenje i atesti**

Nakon obavljenih elektromontažnih i elektroinstalacijskih radova nužno je provesti odgovarajuće preglede, ispitivanja i mjerenja:

##### **Pregledi:**

- Pregled načina zaštite od električnog udara, što uključuje i mjerenje razmaka kada je primijenjena zaštita zaprekama, kućištima, ogradama ili postavljanja izvan dohvata rukom
- Pregled načina primijenjenih mjera zaštite protiv širenja vatre te termičkih utjecaja vodiča prema dozvoljenim vrijednostima struja
- Pregled podešenosti zaštitnih uređaja i uređaja za nadzor instalacija
- Pregled opreme i mjera zaštite prema vanjskim utjecajima
- Pregled uočljivosti i mogućnosti prepoznavanja neutralnog i zaštitnog vodiča
- Pregled upozoravajućih tabli i sličnih informacija i upozorenja te opremljenost električnih postrojenja pripadnim shemama
- Pregled oznaka strujnih krugova, osigurača, sklopki, stezaljki, kabela i ostale opreme
- Pregled spojeva vodova, kabela i sabirnica Pregled pristupačnosti prostora za rad i održavanje.

##### **Izveštaji o ispitivanjima i mjerenjima koje je potrebno priložiti investitoru nakon završetka radova:**

- Atesti ugrađene opreme i kabela
- Izveštaj o ispitivanju i mjerenju otpornosti izolacije
- Izveštaj o ispitivanju i mjerenju otpornosti uzemljenja
- Izveštaj o ispitivanju neprekinutosti zaštitnog vodiča i zaštite od indirektnog dodira
- Izveštaj o funkcionalnom ispitivanju
- Ispitne liste razdjelnika
- Provjera funkcioniranja električne instalacije.

##### **Inspekcijski pregledi**

- Jedanput mjesečno izvršiti preventivne preglede instalacija i poduzeti mjere za otklanjanje uočenih grešaka i nedostataka
- Najmanje dva puta godišnje izvršiti funkcionalno ispitivanje te izvršiti popravak ili zamjenu neispravnih dijelova ili uređaja.

Projektant: Projektant, dipl. ing. el.

## 7. PRIKAZ TEHNIČKIH RJEŠENJA

---

### 7.1. Prikaz tehničkih rješenja za primjenu pravila zaštite na radu

Prema članku 73. Zakona o zaštiti na radu (NN 71/14, 118/14, 154/14, 94/18 i 96/18), potrebno je u projektnoj dokumentaciji dati prikaz tehničkih rješenja za primjenu pravila zaštite na radu.

Da bi električna instalacija nakon dovršenja građevine u cjelini zadovoljila zahtjevima što ih utvrđuju pravila zaštite na radu, usvojena su tehnička rješenja kojih se izvođač radova tijekom izvođenja radova treba strogo pridržavati.

#### Uređenje mjesta rada

Mjesto rada mora biti jasno određeno i označeno. Predmeti koji otežavaju prilaz ili zapaljivi materijali ne smiju biti smješteni niti na, niti u blizini pristupnih putova, niti na plohama gdje osoblje rukuje s tom opremom.

#### Uvjeti okoliša

Radovi na gromobranskoj i niskonaponskoj instalaciji nisu dopušteni:

- a) pri vremenskoj nepogodi praćenoj atmosferskim pražnjenjem koje se može prenijeti na mjesto rada kada se sa mjesta rada mogu vidjeti munje ili čuti grmljavina
- b) na otvorenom prostoru pri snažnom vjetru (vjetar brzine veće od 60 km/h na 3 m visine iznad zemlje)
- c) pri lošoj vidljivosti
- d) pri temperaturama nižim od  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$  ili višim od  $35\text{ }^{\circ}\text{C}$  u hladu
- e) u slučaju jakih kiša, magle, posolice i snježnih oborina
- f) u slučaju ostalih izvanrednih okolnosti.

#### Zaštita od previsokog napona dodira i napona koraka

Napon dodira je potencijalna razlika između uzemljenog metalnog dijela i točke na površini zemlje (stajališta) koju čovjek može premostiti dodiranjem u slučaju zemnog spoja. Slično je i napon koraka, korakom premoštena potencijalna razlika između dviju točaka na površini zemlje.

Zaštita od previsokog napona dodira izvedena je sustavom TN-C-S koji zadovoljava sljedeće opće uvjete:

- primijenjeni sustav treba spriječiti održavanje previsokog napona dodira na dijelovima uređaja ili instalacije koji ne pripadaju strujnom krugusustavu TN-C-S se postiže spajanjem svih vodljivih dijelova električnih uređaja s posebnim zaštitnim vodičem koji se spaja na PE (N i PE sabirnica odvojene) sabirnicu u pripadajućem ormaru osnovni uvjet zaštite primijenjenog sustava je da struja greške, koja nastaje pri kratkom spoju, bude veća ili bar jednaka struji isključenja pripadajućeg osigurača ili za-

štitne sklopke za određivanje struje greške mjerodavan je otpor cijele petlje kratkog spoja zajedno s prijelaznim otporima (od izvora do mjesta kvara).

Svi metalni dijelovi postrojenja, aparata, opreme i čeličnih konstrukcija spojit će se na uzemljivač.

Efikasnost konačno izvedenog sustava zaštite će se ispitati mjerenjem na izvedenoj instalaciji, a prije puštanja u pogon instalacija.

Zaštita je također izvedena izjednačenjem potencijala spajanjem svih metalnih dijelova na uzemljivač.

### **Zaštita od previsokog napona dodira; Zaštita od direktnog dodira**

Zaštita od direktnog dodira instalacije pod naponom izvedena je tako da su svi neizolirani dijelovi električne instalacije koji mogu biti pod naponom, smješteni u standardne tipske razdjelnike, kućišta, odnosno u razvodne kutije i priključnice, sve sa propisanim stupnjem električne i mehaničke zaštite, kao i izborom odgovarajućih kabela sa propisanim načinom polaganja. Također će i sva spajanja i razdvajanja strujnih krugova biti izvedena samo u razvodnim kutijama, kućištima aparata i u razdjelniku. Na vratima elektrorazdjelnika treba obavezno nalijepiti oznaku „OPREZ VISOKI NAPON“, mrežni sustav TN-C-S, znak sukladnosti te trajnu oznaku ormara sukladno projektu.

Instalacija jake struje izvodi se tipskim standardnim kabelima. Sve instalacijske, kableske police i kutije su standardni proizvodi s odgovarajućim atestima o dokazu kvalitete sukladno važećim hrvatskim normama.

Sve odabrane priključnice opremljene su posebnim zaštitnim kontaktom, standardan su industrijski proizvod s odgovarajućim atestima o dokazu kvalitete sukladno hrvatskim normama.

### **Zaštita od previsokog napona dodira; Zaštita od indirektnog dodira**

Prema „Pravilniku o tehničkim normativima za el. Instalacije, čl. 127, te normi HRN HD 384.4 41 S2:1999, en+A1:2004, en zaštita od indirektnog dodira predviđena je automatskim isključenjem napajanja u sustavu TN-C-S. Automatski zaštitni prekidači ili rastalni osigurači moraju osigurati isključenje (isklapanje) napajanja ovisno o naponu dodira.

Sva instalacija predviđena je sustavom trožilnih odnosno četvero i peterožilnih kabela gdje se treća, odnosno četvrta ili peta žila na jednom kraju spaja na zaštitni kontakt priključnog uređaja, a na drugom kraju na zaštitnu sabirnicu u razdjelniku. U razdjelnicima na vidljivom i dostupnom mjestu izvest će se vijak za uzemljenje i spojiti na zaštitnu sabirnicu. U svim razdjelnicima s instalacijom priključnica predviđena je i dodatna zaštita uređajima diferencijalne struje (strujnim diferencijalnim sklopkama prorađene struje 0,3 A).

### **Zaštita od struja preopterećenja**

Zaštita od struja preopterećenja i kratkog spoja vrši se odabiranjem zaštitnih naprava, odnosno osigurača, čime je onemogućeno povećanje temperature vodiča u kabelu iznad dozvoljene. Pri tome je izvršena koordinacija presjeka vodiča i zaštitnih uređaja, odnosno

presjeci vodova su odabrani prema maksimalnim snagama KS i kontrolirani s obzirom na dozvoljeni pad napona i dozvoljeno termičko naprezanje.

### **Izjednačenje potencijala**

Izjednačenje potencijala provodi se u cijelom objektu međusobnim galvanskim spajanjem metalnih masa. U tu svrhu predviđen je sabirni vod izjednačenja potencijala koji se jednim krajem spaja na zaštitnu sabirnicu (PE) elektrorazvodnog ormara, a na drugom kraju na odgovarajuću bakrenu sabirnicu (SIP). Zaštitna PE sabirnica bit će neposredno spojena na uzemljivač objekta. Izjednačenjem potencijala obuhvaćene su sve metalne mase koje pripadaju elektrouređajima kao i neutralne metalne mase koje ne pripadaju elektrouređajima, kao što su metalne konstrukcije, postolja i slično. U ekstremnim slučajevima kada se na kabelima i vodičima mogu pojaviti prenaponi zbog kojih su mogući preskoci ili probijanja izolacije posredstvom prenaponskih odvodnika, u izjednačenje potencijala uključuju se dijelovi sustava koji su u normalnom pogonu pod naponom (kabeli i vodiči). Izvor takvih prenapona je pražnjenje atmosferskog elektriciteta, ali i mreža u odgovarajućim uvjetima.

### **Zaštita el. instalacije od pojave prenapona**

Zaštita el. instalacije od udara munje odnosno pojave prenapona prilikom atmosferskih pražnjenja ili pak od prenapona koji se mogu pojaviti na distributivnoj mreži izvest će se na nivou cijelog objekta odgovarajućim odvodnicima struje munje. Odvodnici struje munje 25 kA, 255 V, tip T1 bit će ugrađeni na glavnom elektroenergetskom vodu i na vodovima za napajanje signalne rasvjete stupa i servisnih utičnica. Odvodnici struje munje bit će postavljeni u razdjelnicima.

### **Zaštita od udara munje**

Objekt se od pražnjenja atmosferskog elektriciteta štiti klasičnom gromobranskom instalacijom sukladno općim načelima zaštite objekata od munje sadržanih u normama HRN EN 62305-1,2,3,4. Sustav hvataljki i odvoda čini tzv. Faradayev kavez koji štiti unutar sebe zatvoren objekt.

### **Isklop u slučaju nužde**

Kompletnu instalaciju je moguće isključiti na glavnoj razdjelnici (GR).

### **Stupanj mehaničke zaštite**

Zaštita je izvedena pravilnim izborom opreme, shodno uvjetima rada i mikroklimi.

### **Zaštita od nestručnog rukovanja**

Zaštita je izvedena pravilnom ugradbom opreme, postavljanjem tablica upozorenja o stanju uključenih trošila, zabranama korištenja nekvalificiranim radnicima, dozvolama ulaza u prostorije sa elektrouređajima samo kvalificiranim i obučanim osobama, sređenom dokumentacijom izvedenog stanja i uputstvima za rukovanje i održavanje, normativnim aktima i regulativi o osobama koje smiju rukovati opremom i otklanjanjem kvarova.

## **Zaštita od statičkog elektriciteta**

U cilju zaštite od skupljanja statičkog elektriciteta, svi metalni dijelovi strojeva i uređaja bit će međusobno galvanski spojeni te pravilno uzemljeni i galvanski spojeni na više mjesta na združeni uzemljivač.

## **Elektromagnetska zračenja**

Uređaji, postrojenja i građevine koje su izvori elektromagnetskih polja ili sadrže izvore elektromagnetskih polja moraju biti usklađeni sa Zakonom o zaštiti od neionizirajućih zračenja – NN br. 91/2010 i Pravilnikom o zaštiti od elektromagnetskih polja – NN br. 98/2011

Razine elektromagnetskih polja moraju biti u granicama dopuštenih kako je to definirano Pravilnikom o zaštiti od elektromagnetskih polja – NN br. 98/2011.

## **Ispitivanja, protokoli i atesti**

Nakon završetka radova, treba kompletnu elektroinstalaciju pregledati, provjeriti efikasnost primijenjenih sustava zaštite (otpor petlje greške/kvara, otpor uzemljenja, prorada zaštitnih sklopki diferencijalnih struja i sl.), izmjeriti otpor izolacije u pojedinim strujnim krugovima, izmjeriti otpore linija za povezivanja metalnih masa i izjednačenja potencijala, provjeriti funkcionalnost sigurnosne rasvjete te o svim potrebnim ispitivanjima izdati pravovaljane ateste i protokole.

## **Mjere sigurnosti pri izvođenju radova na krovu**

Radove na krovovima smiju obavljati samo radnici za to stručno osposobljeni i zdravstveno sposobni za rad na visinama. Osiguranje radnika od pada s krovišta u pravilu se obavlja privezivanjem radnika za zaštitni pojas i zaštitno uže ili pomoću prihvatnih skela, kao i drugim mjerama, a sve u ovisnosti o vrsti krovišta. Na krovovima pokrivenim salonitom, limom i sličnim pokrivačima koji ne podnose veća opterećenja, moraju se prije početka radova provesti posebne mjere radi sprečavanja loma krovnog pokrivača i pada radnika u dubinu. Na ravnim krovovima i krovovima s padom moraju se postaviti sigurnosni prijelazi, prolazi i radne platforme za siguran rad na krovu. Prilazi i radne platforme moraju biti široki najmanje 80 cm, a po potrebi opskrbljeni i čvrstom zaštitnom ogradom. Svi krovovi bez obzira na njihov oblik i vrstu pokrivača moraju imati siguran pristup i stalne i sigurne prijelaze (metalne ljestve, rampe i sl.). Prostor ispod krova, odnosno odgovarajući prostor oko objekta mora biti osiguran od pristupa osoba koje nisu zaposlene na gradilištu. Uređaji i naprave za dizanje i prenošenje slobodno visećeg tereta (dizalice, koturače i dr.) moraju, u pogledu zaštitnih mjera na uređajima i pri radu, odgovarati odredbama postojećih propisa o zaštiti na radu s dizalicama. Na gradilištu na kojem se za dizanje i prenošenje tereta koriste pokretne dizalice s kukama i drugim zahvatnim napravama koje vise na čeličnom užetu, moraju se osigurati organizacijske i druge mjere za zaštitu od pada tereta ili osoba koje rade u ugroženoj zoni. Sva pomoćna noseća sredstva za dizanje tereta (čelična užad i užad od drugog materijala, lanci, karike, kuke i druga zahvatna noseća sredstva) koja se

koriste na dizalicama ili samostalno, u pogledu zaštitnih mjera moraju odgovarati postojećim propisima o zaštiti na radu s dizalicama.

Iz izloženog je razvidno da će električne instalacije u tijeku izvedbe i kasnije u eksploataciji, zadovoljiti namjeni i neće predstavljati izvor opasnosti u svezi sa Zakonom o zaštiti na radu.

Projektant: Projektant, dipl. ing. el.

## 7.2. Prikaz tehničkih rješenja za primjenu mjera zaštite od požara

Predmetna tehnička dokumentacija izrađena je u skladu s tehničkim propisom za sustave zaštite od djelovanja munje na građevinama i pravilnikom o tehničkim normativima za električne instalacije niskog napona.

Zaštita od struja preopterećenja i kratkog spoja vrši se odabiranjem zaštitnih naprava, odnosno osigurača, čime je onemogućeno povećanje temperature vodiča u kabelu iznad dozvoljene. Pri tome je izvršena koordinacija presjeka vodiča i zaštitnih uređaja, odnosno presjeci vodova su odabrani prema maksimalnim snagama kratkog spoja i kontrolirani s obzirom na dozvoljeni pad napona i dozvoljeno termičko naprezanje.

Zaštita od direktnog dodira instalacije pod naponom izvedena je tako da su svi neizolirani dijelovi električne instalacije koji mogu biti pod naponom, smješteni u razdjelnike, odnosno u razvodne kutije i utičnice, sve s propisanim stupnjem električne i mehaničke zaštite, kao i izborom odgovarajućih kabela s propisanim načinom polaganja. Također će i sva spajanja i razdvajanja strujnih krugova biti izvedena samo u razvodnim kutijama, kućištima aparata i u razdjelnicima.

Izjednačenje potencijala provodi se u cijeloj građevini međusobnim galvanskim spajanjem neutralnih metalnih masa kao i metalnih kućišta električnih uređaja i aparata.

Zaštita el. instalacije od pojave prenapona prilikom atmosferskih pražnjenja ili pak prenapona koji se mogu pojaviti na distributivnoj mreži izvest će se na nivou cijele građevine odgovarajućim odvodnicima prenapona.

Zaštita od indirektnog dodira predviđena je automatskim isključenjem napajanja u sustavu TN-C-S.

Prilikom izvođenja niskonaponske električne instalacije posebnu pozornost treba obratiti na čvrstoću svih spojnih mjesta, budući da su ista potencijalno mjesto nastanka kratkog spoja, koji može biti uzrok nedopuštenom zagrijavanju vodiča i nastanku požara.

Nakon završetka radova, treba kompletnu elektroinstalaciju pregledati, provjeriti efikasnost primijenjenih sustava zaštite (otpor petlje greške/kvara, otpor uzemljenja, prorada zaštitnih sklopki diferencijalnih struja, prorada termičke zaštite el. motora i sl.), izmjeriti otpor izolacije svih kabela kojima se napajaju razvodni ormari na građevini, izmjeriti otpor

izolacije u pojedinim strujnim krugovima, izmjeriti otpore linija za povezivanja metalnih masa i izjednačenja potencijala, provjeriti efikasnost isklopa u nuždi, provjeriti funkcionalnost sigurnosne i evakuacijske rasvjete te o svim potrebnim ispitivanjima izdati pravovaljane ateste i protokole.

Prilikom izgradnje sunčane elektrane bit će korišteni negorivi materijali (čelik, aluminij, staklo...), čime će se osigurati mjera zaštite od požara i toplinske zaštite elektrane. Fotonaionska elektrana je sustav koji ne sadrži pokretne dijelove, ne zrači, za njen rad nije potreban nikakav medij (ulje) te je radna temperatura FN ćelije do najviše +80 °C.

Zaštita el. instalacije od prenapona (EMV) planira se prema koracima:

- izbor odvodnika u skladu s kratkospojnom čvrstoćom električnih i elektronskih uređaja, trošila
- odvodnike postavljati između faznih vodiča i zaštitne sabirnice te između nulvodiča i zaštitne sabirnice.

Isklop u nuždi u slučaju požara ili u slučaju potrebe za brzom intervencijom solarnu elektranu je moguće isključiti u razvodnom ormaru RO na način da se isključi osigurač Q\_SE. Za odvajanje solarnih panela od invertera isključiti će se sklopke u S1 i S2 u razvodnom ormaru RO SE. Oprema solarne elektrane je povezana s postojećim uzemljivačem cijele građevine preko sabirnice za izjednačenje potencijala.

Projektant: Projektant, dipl. ing. el.

## 8. TROŠKOVNIK

TROŠKOVNIK					
		Mjera	Količina	Cijena (€)	Ukupno (€)
<b>1</b>	<b>PROJEKTIRANJE</b>				
1.1.	Izrada elektrotehničkog glavnog projekta sunčane elektrane kupca s vlastitom proizvodnjom kategorije kućanstvo.	kom	1		
<b>2.</b>	<b>KABELI</b>				
2.1.	Dobava solarnog vodiča H1Z2Z2-K (PV1-F) 6 crni.	m	50		
2.2.	Dobava solarnog vodiča H1Z2Z2-K (PV1-F) 6 crveni.	m	50		
2.3.	Dobava MC4 konektora 10 mm <sup>2</sup> -muški.	kpl	10		
2.4.	Dobava MC4 konektora 10 mm <sup>2</sup> -ženski.	kpl	10		
2.5.	Dobava kabela za vezu izmjenjivača srazvodnim ormarom RO-FN-INV FG16R16 5x6 mm <sup>2</sup> .	m	10		
2.6.	Dobava kabela izjednačenja potencijala H07V-K 1x10 mm <sup>2</sup> .	m	100		
<b>3.</b>	<b>KONSTRUKCIJA</b>				
3.1.	Dobava i postavljanje elemenata za montažu FN panela na kosi krov, izveden crijepom. U cijenu su uključeni svi potrebni spojni, pričvrtni i ostali elementi nužni za ostvarivanje funkcije pričvršćenja fotonaponskih modula na krovnu konstrukciju zgrade.	kpl	1		



4. FOTONAPONSKA OPREMA					
4.1.	Dobava fotonaponskih panela, proizvođača Risen, tip RSM144-6- 410M, 410 Wp. Detaljnije karakteristike panela prikazane su u projektu.	kom	25		
4.2.	Dobava trofaznog izmjenjivača sunčane elektrane Sunny Tripower x15 (STP 15-50). Detaljnije karakteristike panela prikazane su u projektu.	kom	1		
4.3.	Dobava i ugradnja trofaznog kontrolnog brojila, tip SMA Energy Meter.	kom	1		

5. ELEKTROMATERIJAL					
5.1.	Dobava razdjelnog ormara RO SE <ul style="list-style-type: none"> <li>- zaštitni prekidač 3P+N B16 A</li> <li>- odvodnik prenapona 1+NPE, 255 V 20 kA, T2</li> <li>- osigurač 3x20 A, Titan</li> <li>- diferencijalna zaštitna sklopka (FID) 4P 25/0,3 A, tip A</li> <li>- 2 x DC odvodnik prenapona T1+T2, 12,5 kA, 1100 V</li> <li>- 2 x zaštitni prekidač 2P 16 A</li> <li>- 2 x sklopka za odvajanje 2P 32 A, 600 V, 0-1</li> <li>- sabirnice, uvodnice, ostali sitni materijal</li> </ul>	kpl	1		
5.2.	Opremanje postojećeg glavnog razvodnog ormara u objektu: <ul style="list-style-type: none"> <li>- dobava i ugradnja trofaznog zaštitnog prekidača prema rješenju iz projekta</li> </ul>	kpl	1		
5.3.	Dobava aluminijske žice promjera 8 mm i odgovarajućih stezaljki za izradu spojeva aluminijske podkonstrukcije FN panela s postojećim gromobranskim sustavom.	kom	10		

<b>6.</b>	<b>PARAMETRIRANJE INVERTERA, ISPITIVANJE INSTALACIJE, NADZOR</b>				
6.1.	Parametriranje invertera, povezivanje s aplikacijom za nadzor rada solarne elektrane.	kpl	1		
6.2.	Funkcionalno ispitivanje električnih instalacija sunčane elektrane (kućanstvo) <ul style="list-style-type: none"> <li>- ispitivanje elektroinstalacija sunčane elektrane</li> <li>- izjava o završnom pregledu</li> <li>- zapisnik o ispitivanju električne instalacije (atest)</li> <li>- puštanje u rad, upogonjenje (priprema za rad s mrežom)</li> </ul>	kpl	1		
6.3.	Projektantski nadzor radova, izrada završnog izvješća nadzornog inženjera.	kpl	1		

	<b>REKAPITULACIJA</b>				
	GLAVNI PROJEKT				
	KABELI				
	KONSTRUKCIJA				
	FOTONAPONSKA OPREMA				
	ELEKTROMATERIJAL				
	PARAMETRIRANJE INVERTERA, ISPITIVANJE INSTALACIJE, NADZOR				

<b>UKUPNO MATERIJAL</b>				
<p><b>Dostava i montaža elektrane</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- dostava električne opreme elektrane na lokaciju</li> <li>- postavljanje aluminijske konstrukcije modula</li> <li>- dizalica za podizanje opreme na krov</li> <li>- montaža i ožičenje modula</li> <li>- postavljanje DC kablenskog razvoda</li> <li>- montaža i spajanje izmjenjivača</li> <li>- polaganje i spajanje AC kablenskog razvoda</li> <li>- ugradnja i spajanje AC i DC ormara elektrane</li> <li>- izrada i spajanje vodiča za izjednačenje potencijala</li> <li>- izrada i spajanje postojeće gromobranske instalacije i panela</li> <li>- montaža, spajanje i parametrisiranje trofaznog izmjenjivača</li> <li>- konfiguracija izmjenjivača prema hrvatskim mrežnim pravilima</li> <li>- konfiguracija komunikatora na web portal</li> <li>- izvedba priključka sunčane elektrane na postojeći elektroenergetski razvod prema uvjetima HEP ODS-a</li> </ul>	kpl	1		
<b>UKUPNO RAD</b>				
<b>SVEUKUPNO</b>				

## 9. ISKAZ PROCIJENJENE VRIJEDNOSTI

---

**Procjena vrijednosti izgradnje predmetne solarne elektrane iznosi €.**

Projektant: Projektant, dipl. ing. el.

## 10. NACRTI

---

EI 1 - Prikaz solarne elektrane na objektu EI 2 - Nacrt solarnih panela

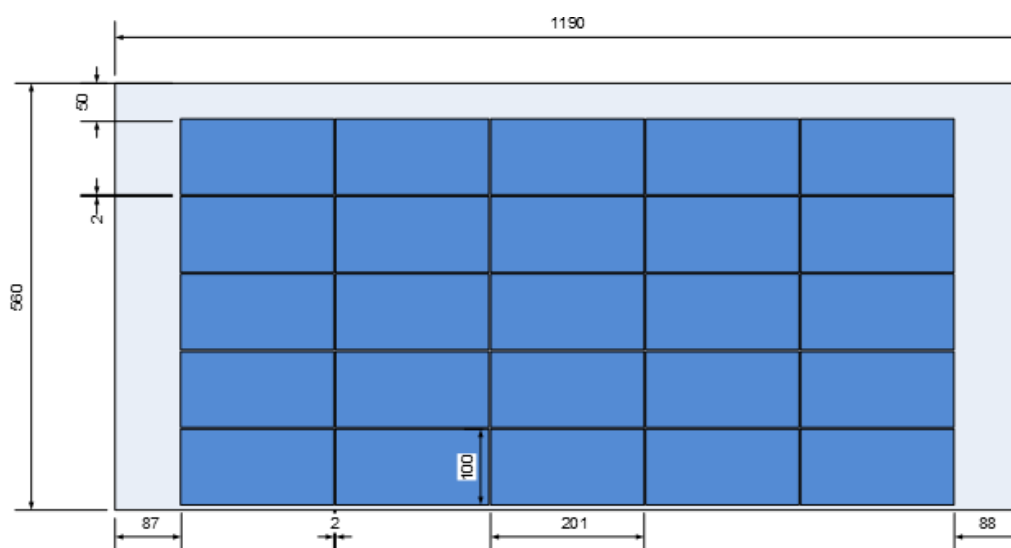
EI 3 - Blok shema solarne elektrane

EI 4 - Jednopolna shema solarne elektrane

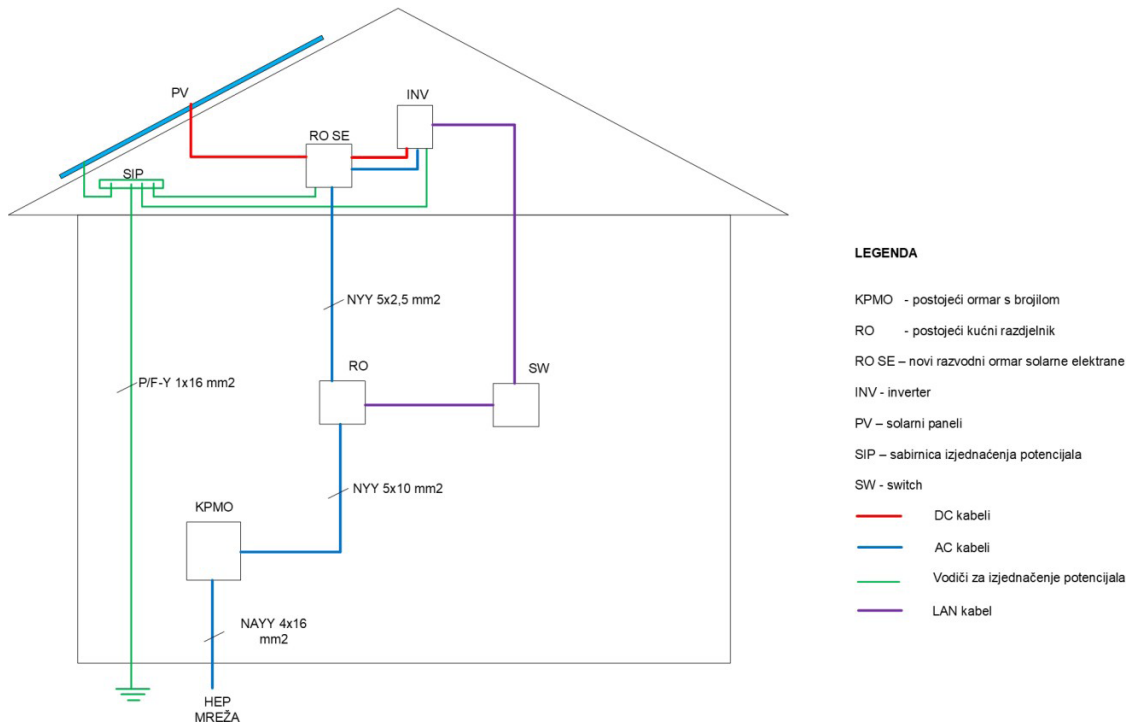
EI 1 - Prikaz solarne elektrane na objektu



EI 2 - Nacrti solarnih panela

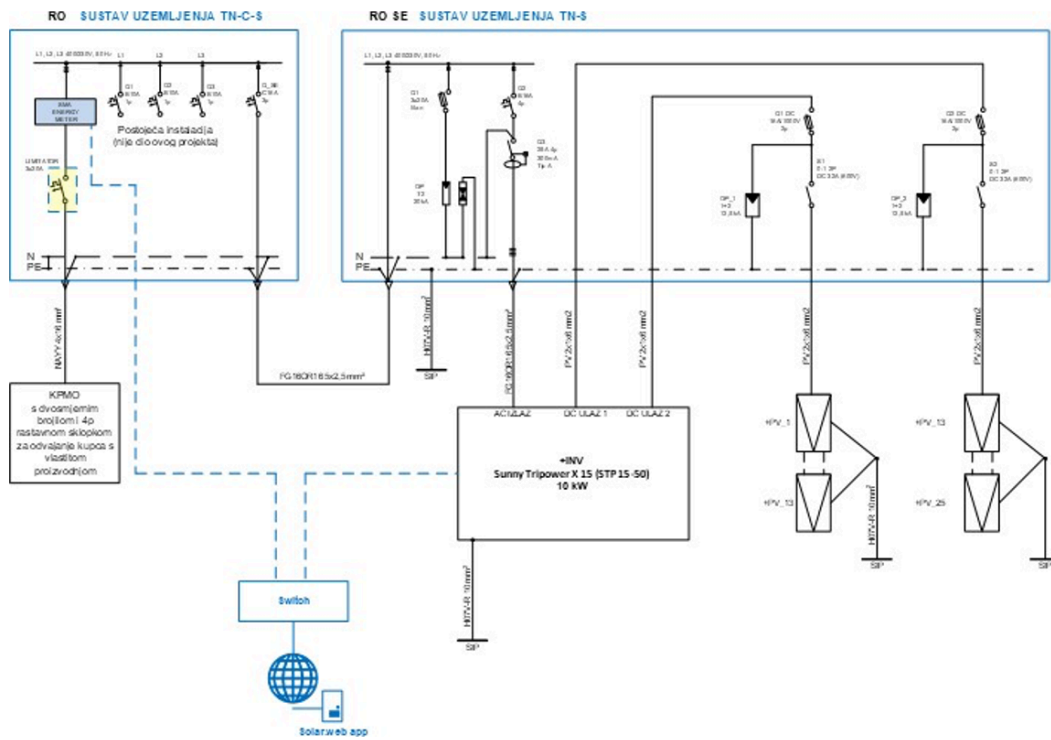


### EI 3 - Blok shema solarne elektrane



- LEGENDA**
- KPMO - postojeći ormar s brojilom
  - RO - postojeći kućni razdjelnik
  - RO SE - novi razvodni ormar solarne elektrane
  - INV - inverter
  - PV - solarni paneli
  - SIP - sabirnica izjednačenja potencijala
  - SW - switch
  - DC kabeli
  - AC kabeli
  - Vodiči za izjednačenje potencijala
  - LAN kabel

### EI 4 - Jednopolna shema solarne elektrane







**EduSplit** Obrtna tehnička škola  
Regionalni centar kompetentnosti Split



Projekt je sufinancirala Europska unija iz Europskog socijalnog fonda.

Za više informacija o EU fondovima molimo pogledajte web-stranicu  
Ministarstva regionalnoga razvoja i fondova Europske unije.  
[www.strukturfondovi.hr](http://www.strukturfondovi.hr)