

4.1. NASLOVNA STRANA

4- PROJEKAT ELEKTROENERGETSKIH INSTALACIJA

Investitor: **Staniša Aleksić PR "SUNRISE", Vranje**

Objekat: **Postrojenje mala solarna elektrana „SUNRISE“, instalisane snage 160kW, na KP br. 1671, K.O. Donji Neradovac, opština Vranje**

Vrsta tehničke dokumentacije: **Idejno rešenje (IDR)**

Naziv i oznaka dela projekta: **4- Projekat elektroenergetskih instalacija**

Za građenje/ izvođenje radova: **nova gradnja- postavljanje fotonaponskih panela**

Odgovorno lice/zastupnik: **United Green Energy d.o.o.
Generala Milojka Lešjanina 43/15, Niš**

Direktor: **Andrija Petrušić dipl.inž.**

Pečat:



Potpis:

Odgovorni projektant: **Aleksandar Janjić, dipl.inž.el.**
Broj licence: **350 858 104**

Lični pečat:



Potpis:

Broj tehn. dok. **IDR1671-2024**
Mesto i datum: **Niš, mart 2025.**

4.2. SADRŽAJ SVESKE PROJEKTA ELEKTROINSTALACIJA

- 4.1. Naslovna strana projekta elektroenergetskih instalacija
- 4.2. Sadržaj projekta elektroenergetskih instalacija
- 4.3. Opšta dokumentacija
- 4.4. Projektni zadatak
- 4.5. Tekstualna dokumentacija
- 4.6. Numerička dokumentacija
- 4.7. Grafička dokumentacija
- 4.8. Prilog

4.3. OPŠTA DOKUMENTACIJA

4.3.1. REŠENJE O ODREĐIVANJU ODGOVORNOG PROJEKTANTA

Na osnovu člana 128. Zakona o planiranju i izgradnji (Sl. glasnik RS", br. 72/2009, 81/2009 - ispr., 64/2010 - odluka US, 24/2011, 121/2012, 42/2013 - odluka US, 50/2013 - odluka US, 98/2013 - odluka US, 132/2014, 145/2014, 83/2018, 31/2019 i 37/2019 - dr. Zakon, 9/2020, 52/2021 i 62/2023) i odredbi Pravilnika o sadržini, načinu i postupku izrade i načinu vršenja tehničke kontrole tehničke dokumentacije prema klasi i nameni objekta ("Sl. glasnik RS", br. 96/2023) kao:

ODGOVORNI PROJEKTANT

Za izradu projekta elektroenergetskih instalacija koji je deo Idejnog rešenja za malu solarna elektrana „SUNRISE,, , instalisane snage 160 kW, na KP br. 1671, KO Donji Neradovac, Opština Vranje, određuje se:

Aleksandar Janjić, dipl.inž.el.broj licence 350 858 104

Odgovorno lice/zastupnik:

United Green Energy d.o.o.
Generala Milojka Lešjanina 43/15, Niš

Direktor:

Andrija Petrušić dipl.inž.

Pečat:

Potpis:



Broj tehn. dok.
Mesto i datum:

IDR1671-2024
Niš, mart 2025.

4.3.2. IZJAVA ODGOVORNOG PROJEKTANTA ELEKTROENERGETSKIH INSTALACIJA

Odgovorni projektant projekta elektroenergetskih instalacija koji je deo Idejnog rešenja za malu solarna elektrana „SUNRISE“, instalisane snage 160 kW, na KP br. 1671, KO Donji Neradovac, Opština Vranje

Aleksandar Janjić, dipl.inž.el.

IZJAVLJUJEM

1. Da je projekat izrađen u skladu sa Zakonom o planiranju i izgradnji, propisima, standardima i normativima iz oblasti izgradnje objekata i pravilima struke;
2. Da su pri izradi projekta poštovane sve propisane i utvrđene mere i preporuke za ispunjenje osnovnih zahteva za objekat i da je projekat urađen u skladu sa merama i preporukama kojima se dokazuje ispunjenost osnovnih zahteva.
3. Da su u projektu ispravno primenjeni rezultati svih prethodnih i istražnih radova izvršenih za potrebe izrade Idejnog projekta, kao i da su u projektu sadržane sve opšte i posebne tehničke, tehnološke i druge podloge i podaci.

Odgovorni projektant : Aleksandar Janjić, dipl.inž.el.

Broj licence: 350 858 104

Pečat: Potpis:



Broj tehn. dok.
Mesto i datum:

IDR1671-2024
Niš, mart 2025.

4.4. PROJEKTNI ZADATAK

4.4.1. Projektni zadatak

Za izradu investiciono - tehničke dokumentacije:

IDEJNO REŠENJE MSE „SUNRISE“

Opšti podaci:

Objekat: Mala solarna elektrana
Lokacija: KP br. 1671, K.O. Donji Neradovac, opština Vranje
Investitor: Staniša Aleksić PR “SUNRISE”, Vranje

- Tehničku dokumentaciju za izgradnju male solarne elektrane na KP br. 1671, K.O. Donji Neradovac, uraditi prema važećim propisima za ovu vrstu instalacija, pravilima struke kao i u skladu sa zahtevima Investitora.
- Tehničku dokumentaciju uraditi na katastarsko topografskog plana.
- Predvideti napajanje potrošača u objektima električnom energijom iz MSE.
- Ukupna instalisana snaga elektrane treba da iznosi 160kW.
- Predvideti odgovarajuće sistemske zaštite za pravilan i bezbedan rad MSE.

Opšte napomene

Prilikom izrade tehničke dokumentacije pridržavati se važećih propisa i preporuka. Projektom predvideti savremena tehnološka rešenja i kvalitetne materijale.

Investitor obezbeđuje sve potrebne tehničke uslove i saglasnosti od nadležnih komunalnih službi.

Investitor:

4.5. TEKSTUALNA DOKUMENTACIJA

4.5.1. TEHNIČKI OPIS

Opšti deo

Tehnička dokumentacija, Idejno rešenje male solarne elektrane (MSE) „SUNRISE“, urađena je za potrebe dobijanja lokacijskih uslova za izgradnju male solarne elektrane. Ovim idejnim rešenjem predviđa se izgradnja MSE „SUNRISE“ na KP br. 1671, K.O. Donji Neradovac, kao što je prikazano u grafičkoj dokumentaciji.

Svrha izgradnje MSE je proizvodnja električne energije. Proizvedena električna energija u MSE „SUNRISE“ biće isporučena u distributivni sistem električne energije na naponski nivo 10 kV, 50 Hz, preko STS 10/0.4kV i stuba se mernim sklopom.

Napomena: STS 10/0.4kV kao i stub sa mernim sklopom, kojim je ostvaren priključak male solarne elektrane na elektrodistributivnu mrežu nije predmet ovog projekta.

MSE se sastoji od fotonaponskih panela, invertora, STS 10/0.4 kV i stuba sa mernim sklopom postavljenim na KP br. 1671, K.O. Donji Neradovac.

Podloge za izradu projekta

Podloge za izradu tehničke dokumentacije su:

- Projektni zadatak,
- Katastarsko topografski plan,
- Zakon o energetici Republike Srbije,
- Zakon o planiranju i izgradnji Republike Srbije,
- Pravila o radu distributivnog sistema, ODS „EPS Distribucija“,
- Tehničke preporuke EPS-a (br. 1, 5, 13, 15, 16),
- Standardi (SRPS, IEC, IEEE...),
- Softvera PVsyst i PVcase
- Uputstva proizvođača opreme.

Obim i granice projekta

U ovom idejnom rešenju dat je tehnički opis opreme i električnih instalacija namenjenih za izgradnju MSE, tehnički uslovi prilikom gradnje, kao i prilog o primeni mera bezbednosti i zdravlja na radu prilikom gradnje. Takođe, dat je proračun snage MSE, zatim tehnički proračun koji je potrebno da oprema koja se ugrađuje u MSE zadovolji, procena proizvodnje električne energije MSE, kao i grafička dokumentacija.

Ovim idejnim rešenjem obrađena je sledeća elektro oprema koja je predviđena za ugradnju:

- Fotonaponski paneli,
- Invertori,
- Glavni razvodni orman male solarne elektrane (GRO-MSE),
- Kablovi (DC, AC),
- Gromobran, uzemljenje i izjednačenje potencijala.

Navedena elektro oprema obezbeđuje paralelan rad MSE sa distributivnim sistemom električne energije.

Veza daljinskog upravljanja sa nadležnim dispečarskim centrom, kao i izgradnja elektroenergetskih objekata u DSEE do mesta priključenja MSE na DSEE, opremanje ćelije za napajanje sopstvene potrošnje i opremanje mernog mesta, nisu predmet ovog projekta.

Nakon izbora proizvođača opreme i ugovaranja elektro opreme, neophodno je usaglasiti tehničko rešenje sa karakteristikama ugovorene i nabavljene opreme i uraditi projekat za izvođenje radova.

Dispozicija MSE

Solarna elektrana prostiraće na KP. br. 1671 KO Donji Neradovac, opština Vranje, sačinjena je od fotonaponskih panela koji će biti postavljeni na noseću konstrukciju koja će se realizovati montiranjem specijalnih aluminijumskih profila i pričvrstiti na zemlju zahvaljujući specijalnim sponama i delovima.

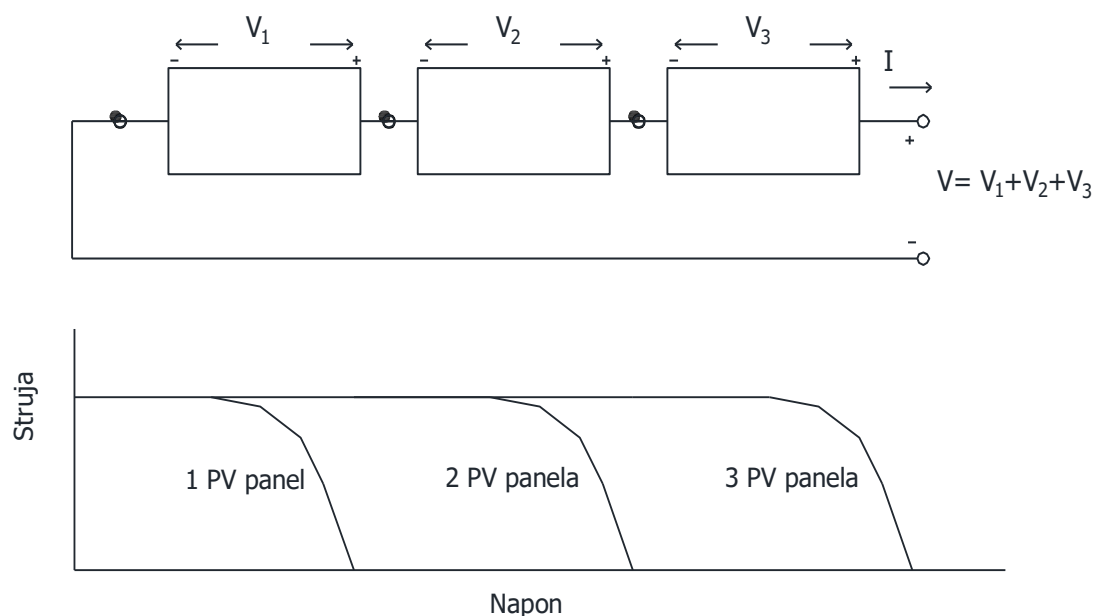
Noseće horizontalne grede postavljene na nosače koji su direktno vezani za vertikalnu konstrukciju, formiraju strme ravni za podršku panela. Konstrukcija je tako pozicionirana da se obezbedi orijentacija ka jugu sa nagibom nosača panela od 20 stepeni u odnosu na horizontalnu ravan, kako bi se pospešila konverzija energije u letnjem periodu koja stvara najveće električno punjenje. Paneli će biti montirani vertikalno, do dva panela u visini. Ovakav raspored panela na terenu, u skladu sa fabričkim dimenzijama panela, uzrokuje efektivan razmak između redova od 4 m, što obezbeđuje pouzadan i bezbedan rad panela tokom cele godine.

Raspored montaže noseće konstrukcije sa fotonaponskim panelima urađen je na osnovu katastarsko topografskog plana predmetnih parcela, i prikazan je u grafičkoj dokumentaciji. Ukupna površina na kojoj se planira postavljanje MSE „SUNRISE“ iznosi 3.808 m², dok fotonaponski paneli pokrivaju 808.8 m². Ukupan broj fotonaponskih panela planiranih za ugradnju iznosi 272 kom.

DC razvod fotonaponskih panela i invertora

Fotonaponski sistem sačinjen je od monokristalnih fotonaponskih panela, Ulica Solar, jedinične snage 710 Wp, u kojima se fotonaponskom konverzijom dobija jednosmerna električna energija. Da bi se formirao dovoljno visok jednosmerni napon za praktičnu i ekonomičnu konverziju u naizmenični, fotonaponski paneli se međusobno vezuju redno formirajući tzv. stringove (nizove). Povezivanje panela u stringove se izvodi kablovima namenjenim za spoljašnju montažu (otporni na UV zračenje, imaju širok opseg radne temperature, otporni su na kiseline itd.). Kablovi se postavljaju na reglani razvod i/ili se adakvatno učvršćeni vode na nosećoj konstrukciji rotatora. Projektom su izabrani kablovi tipa ÖLFLEX SOLAR XLSv 1x4mm², proizvođača Lapp.

U toku eksploatacije solarne elektrane, fotonaponski paneli mogu da dostignu različite vrednosti napona i struje. Potrebno je da ove vrednosti budu u granicama prihvatljivim kako za same panele koji se povezuju međusobno tako i za invertore na koje su povezani. Granične karakteristične vrednosti nizova fotonaponskih panela zavise od temperature ambijenta na mestu ugradnje i kao takve moraju biti u granicama karakterističnih veličina trofaznog invertora tipa SUN2000-40KTL-M3, proizvođača HUAWEI, datih u kataloškoj specifikaciji proizvođača, a predviđenih za ugradnju. Na slici 1. je prikazan način povezivanja fotonaponskih panela na red i I - U karakteristika ovako povezanih panela. Fotonaponski paneli povezani u seriji proizvode veći napon, koji je zbir napona pojedinačnih panela, dok ista struja teče kroz svaki panel.



Slika 1. Serijsko povezivanje fotonaponskih panela

U numeričkom delu tehničke dokumentacije prikazan je proračun graničnih vrednosti napona otvorenog kola i struje kratkog spoja jednog fotonaponskog panela na različitim temperaturama, kao i granične vrednosti napona otvorenog kola i struje kratkog spoja fotonaponskih panela povezanih u niz, a na osnovu katalogskih karakteristika ugrađenih fotonaponskih panela. Proračuni graničnih vrednosti fotonaponskog sistema su neophodni iz razloga bezbednog i pouzdanog rada, kako samog fotonaponskog sistema tako i invertora na koji se ovi sistemi povezuju. Takođe, optimalan broj fotonaponskih panela u nizu omogućava rad MPPT regulatora, namenjenog za efikasno iskorišćenje niza fotonaponskih panela.

Na osnovu minimalne i maksimalne granične vrednosti napona, za malu solarnu elektranu „SUNRISE“ definisan je optimalni broj fotonaponskih panela snage 710 Wp povezanih na red u jednom nizu za invertore, i to:

Invertor 40 kW: $N_{strmin}=14 < N_{str} < N_{strmax}=18$.

Konverzija jednosmerne električne energije u naizmeničnu se ostvaruje upotrebom trofaznih invertora. Invertori su raspoređeni na optimalnoj udaljenosti od nizova fotonaponskih panela, i predviđena je njihova ugradnja ispod samih panela.

U numeričkom delu projekta dat je tabelarni prikaz rasporeda fotonaponskih panela na invertore prema dozvoljenoj instalisanoj snazi na ulazu u invertore na osnovu tehničkog uputstva proizvođača invertora, kao i na osnovu rasporeda ugradnje fotonaponskih panela. Predviđeno je da se 272 fotonaponskih panela povežu kao u tabeli:

Invertor	Broj PV panela [n]	Instalisana snaga P_{dc} [kW]	Nominalna snaga invertora P_{ac} [kW]	Broj stringova	Broj panela po stringu
1	72	51.12	40	4	18
2	68	48.28	40	4	2x16/2x18
3	68	48.28	40	4	17
4	64	45.44	40	4	16

Tabela 1 Broja panela i invertora

Radi smanjenja mogućeg pogrešnog povezivanja stringa na inverter, unutrašnja izolacija kabla, pozitivnog pola stringa, je crveno obojena, dok je izolacija kabla za povezivanje negativnog pola crne boje.

AC razvod invertora i GRO MSE

Na izlazu invertora se dobija naizmenični napon 3 x 400 VAC, 50 Hz. Generisana naizmenična električna energija iz invertora se prikuplja u glavnom razvodnom ormanu (GRO MSE) koji je smešten na konstrukciju nosača panela. Povezivanje invertora sa GRO izvedeno je petožilnim kablovima, koji su položeni u odgovarajući rov. Invertori se od prenapona štite odvodnicima tipa 1 i 2,

montiranim u glavni razvodni orman. Tehničkim proračunom predviđeno je da se izlazi iz invertora povežu na sabirnice u GRO MSE kablovima EAYY 4x35 mm², dok se GRO-MSE sa STS 10/0.4kV povezuju kablom 2x (EAYY 4x70 mm²). Kablovi koji povezuju inverter i GRO-MSE se od preopterećenja i kratkih spojeva štite nožastim 3p osiguračima od 80A. Inverter se od prenapona štiti odvodnicima tip 2. Dok će kabl koji povezuje GRO MSE i TS biti zaštićen od kompakt prekidačem 4p od 250A.

Glavni razvodni ormani treba da budu namenjeni za spoljašnju montažu i da imaju stepen zaštite IP66. Dimenzije GRO treba da budu 800x600x300mm, sa odgovarajućom montiranom opremom. Sastavni delovi ovih ormara treba da bude i komunikaciona oprema namenjena za monitoring i komunikaciju, kao i za električnu zaštitu.

Zaštitni uređaji koji se ugrađuje u naizmenični razvodni orman GRO-MSE biće projektovani prema uslovima iz nadležne Elektrodistribucije i vršiće sistemsku zaštitu, zaštitu priključnog voda, nadzor i komunikaciju. Zaštitni uređaji obezbeđivaće uključanje MSE na DEES samo ako je na svim faznim provodnicima prisutan napon mreže, a sve u skladu sa uslovima nadležne distributivne kompanije. Obavezna je primena naponske regulacije na izlazu invertora.

U instalacijama je primenjen sistem zaštite TN-C-S, ili kako je propisano uslovima nadležne ED. Razdvajanje PEN provodnika na N i PE provodnik predvideti u RO.

Tehničke karakteristike elektro opreme

U daljem tekstu dat je tehnički opis MSE „SUNRISE“, kao i kataloške vrednosti elektroopreme predviđene za ugradnju.

MSE „SUNRISE“ ima sledeće osnovne karakteristike:

Tip elektrane:	solarna
Način gradnje:	na zemlji
Instalisana snaga elektrane:	160 kW
Nazivni napon MSE:	400V
Nominalna struja MSE:	248.8A
Broj fotonaponskih panela:	272 kom.
Broj invertora:	4 kom.
Režim rada MSE:	automatski, paralelno sa mrežom
Nazivni napon mreže na koju se priključuje:	0,4 kV, 50 Hz
Način priključenja:	preko STS 10/0.4 kV
Mesto priključenja:	TS 10/0,4 kV
Nazivni napon za sopstvenu potrošnju:	3x400/230 V
Komandni napon sigurnosnog napajanja:	230V
Procenjena godišnja proizvodnja:	279 525 kWh

Fotonaponski paneli – karakteristike

Proizvođač:	Ulica Solar
Tip:	U L-710M-132DGN
Snaga P_{max} :	710 W
Nazivni napon V_{mpp} :	40.84V
Nazivna struja I_{sc} :	17.38 A
Napon otvorenog kola V_{oc} :	48.82 V
Struja kratkog spoja I_{sc} :	18.40 A
Stepen iskorišćenja η :	20.75 %
Dimenzije $V \times \text{Š} \times D$:	2384x1303x33 mm
Težina:	37.4kg

Invertor 3f – karakteristike

Proizvođač:	Huawei
Tip:	SUN2000-40KTL-M3

DC strana

Najveća dozvoljena ulazna snaga P_{dcmax} :	60 kW
Najveći dozvoljeni ulazni napon V_{dc} :	1100 V
Najveća dozvoljena ulazna struja I_{dc} :	27 A po MPPT
Ulazna struja kratkog spoja I_{dcsc} :	40 A po MPPT
Optimalni napon MPPT regulatora:	200-1000 V
Broj DC ulaza:	8

AC strana

Nazivna izlazna snaga:	40kW
Nominalni izlazni napon:	400 V
Nominalna frekvencija:	50 Hz
Najveća izlazna struja:	63.8 A
Stepen iskorišćenja η :	98.0 %

Stepen zaštite:	IP 66
Dimenzije $V \times \text{Š} \times D$:	640x530x270 mm
Težina:	43kg

Gromobranska instalacija

Proračun zaštite objekata od atmosferskog pražnjenja, odnosno određivanje neophodnosti izvođenja gromobranske zaštite i određivanja nivoa zaštite vrši se u skladu sa standardima SRPS EN 62305-3:2013 i SRPSN.B4.803, kao i prema Pravilniku o tehničkim normativima za zaštitu objekata od atmosferskog pražnjenja („Sl. List SRJ br.11/96“).

Prema članu 6. Pravilnika o tehničkim normativima za zaštitu objekata od atmosferskog pražnjenja klasa nivoa zaštite „I“ se određuje bez proračuna za sledeće objekte:

- 1) elektroenergetska postrojenja;
- 2) telekomunikaciona postrojenja;
- 3) proizvodna postrojenja i objekte sa zapaljivim i eksplozivnim supstancama;
- 4) objekte za proizvodnju, preradu, doradu, laboraciju, delaboraciju, ispitivanje, uništavanje i čuvanje eksploziva i baruta;
- 5) postrojenja i objekte s materijalima opasnim za okolinu (npr. radioaktivni, otrovni, bakteriološki i drugi slični materijali);
- 6) objekte u kojima se čuvaju materijalna i kulturna blaga, kao i druge objekte od posebnog značaja.

Na osnovu gore navedenog za objekat MSE „SUNRISE“ usvaja se nivo zaštite „I“.

Za zaštitu objekta MSE „SUNRISE“ od atmosferskog pražnjenja predviđen je sistem zaštite od udara groma koji se sastoji od:

- prihvatnog sistema,
- spusnih provodnika i
- uzemljivača elektrane.

Prihvatni sistem čini hvataljk sa uređajem za rano startovanje. Hvataljka se montira na jarbol ukupne visine 8m. Hvataljka se sa spusnim provodnicima povezuje na združeni uzemljivač. Pogodnim izborom tipa i pozicije hvataljki, biće zaštićeni svi fotonaponski paneli. Raspored hvataljke montirane na stubu dat je u grafičkoj dokumentaciji projekta.

Spusni sistem će činiti dva neprekidna spusta, glavni i pomoćni, izrađeni od čelično pocinkovane trake FnZn 20x3 mm, povezani na hvataljku i izvode sa uzemljivača. Na svakom spustu je predviđen merno rastavni spoj sa mehaničkom zaštitom, kao i brojač udara groma.

Uzemljivač gromobranske zaštite je ujedno i glavni uzemljivač objekta. Predviđen je kao mreža provodnika položenih u zemlju na dubinu od najmanje 0,5 m. Provodnik uzemljenja je čelična toplo pocinkovana traka 25x4 mm. Provodnici uzemljenja se međusobno spajaju standardnim ukrsnim komadima 60x60 mm i štite od korozije zalivanjem bitumenom.

Sa glavnog uzemljivača se instaliraju izvodi na stubove noseće metalne konstrukcije panela. Takođe, sa uzemljivača se postavljaju izvodi za ormane i invertore.

Ispitivanje, puštanje u rad i završne odredbe

Pre puštanja u pogon treba izvršiti vizuelni pregled ugrađene opreme, proveriti zaštitu od korozije, pritegnutost glavnog strujnog kola i vezu metalnih masa sa sistemom uzemljenja, kao i merenje napona dodira i koraka u postrojenju.

Za izvođenje radova može se prihvatiti samo onaj izvođač koji je ovlašćen za ovu vrstu radova i raspolaže kvalifikovanom radnom snagom.

Izvođač radova dužan je da se pre početka radova detaljno upozna sa projektnom dokumentacijom, uporedi je sa stvarnim stanjem na terenu i sve nejasnoće razreši sa projektantom ili kroz građevinski dnevnik uz prisustvo nadzornog organa.

4.5.2. TEHNIČKI USLOVI

Opšti pogodbeni uslovi

1. Ovi tehnički uslovi su sastavni deo projekta i obavezni su za Izvođača i Investitora.
2. Izvođač radova je dužan da se pre početka radova upozna sa projektom i da blagovremeno od nadzornog organa traži potrebna objašnjenja.
3. Investitor je obavezan da izvođenje radova poveri ovlašćenoj organizaciji, a za nadzor nad izvođenjem radova odredi lice koje poseduje ovlašćenje za vršenje nadzora.
4. Za sve moguće izmene u rešenju po projektu i odstupanja ma koje vrste kako u pogledu tehničkog rešenja, tako i u pogledu izbora materijala, mora se pribaviti pismena saglasnost Investitora, tj. njegovog stručnog nadzornog organa. Ukoliko ovo ne učini Izvođač radova snosi odgovornost za sve izmene i radove izvedene na osnovu njih.
5. Izvođač je dužan da vodi poseban dnevnik rada za radove po ovom projektu. Nepredviđene radove ili povećanje predviđenih po količini i utrošku materijala, kao i izmene radova mora prethodno da odobri Investitor ili njegov nadzorni organ a Izvođač je dužan da ih upiše u dnevnik rada, koji overava nadzorni organ ili Investitor.
6. Prilikom izvođenja radova voditi računa da se ne oštete već izvedeni objekti i instalacije. Pri tome armirano-betonske konstrukcije smeju se bušiti samo uz pismenu saglasnost nadzornog organa za građevinske radove.
7. Izvođači (ukoliko ih ima više) su dužni da radove izvode vremenski, prostorno i tehnički usklađeno.
8. Za ispravnost izvedenih radova Izvođač garantuje dve godine, računajući od dana tehničkog prijema objekta. Svaki kvar koji se pojavi u toku rada, a prouzrokovao je upotrebom nekvalitetnog materijala ili nesolidnom izradom Izvođač mora da ukloni bez ikakvog prava na naknadu.
9. Sav materijal koji će se ugraditi mora odgovarati standardima i biti prvoklasnog kvaliteta. Materijalkojine ispunjava ove zahteve ne sme se ugraditi.

Uslovi za rad, materijal i dispoziciju opreme

Sav materijal upotrebljen za ovu instalaciju mora biti prvoklasnog kvaliteta i izrađen prema standardima SRPS. Sva oprema se isporučuje komplet za montažu i upotrebu ako nije posebno drugačije navedeno.

Pri izvođenju radova, izvođač je dužan da vodi računa o već izvedenim radovima na objektu. Ako bi se izvedeni radovi pri montaži električnih instalacija nepotrebno i usled nemarnosti i nestručnosti oštetili, troškove štete snosiće izvođač električnih instalacija.

Rušenje i sečenje (stubova, zidova, greda) ne sme se vršiti bez znanja i odobrenja nadzornog organa za ove radove.

Pri postavljanju kablova ili provodnika u cevi, svi provodnici koji pripadaju jednom strujnom kolu moraju biti postavljeni u istu cev, odnosno kabl.

Spajanje provodnika može se vršiti samo u spojnim i razvodnim kutijama, ormarima i baterijama. Metalne zaštitne obloge cevi i kablova ne smeju biti upotrebljene kao povratni provodnici ni kao provodnici za zaštitno uzemljenje. Instalacione cevi i kablove treba polagati po pravoj liniji vertikalno i horizontalno. Krivolinijsko polaganje može se vršiti samo izuzetno. Pri horizontalnom polaganju cevi moraju imati mali pad prema kutijama ili šahtovima. Na slobodnim krajevima cevi treba postaviti uvednike od izolacionog materijala. Instalacione cevi i kablovi položeni u zidu ili podu ne smeju se prekrivati materijalom koji bi ih nagrizaio. Polaganje provodnika i kablova u cevi treba da je izvedeno tako da se provodnici bez teškoća mogu izvlačiti sem u posebnim slučajevima. U vlažnim prostorijama može se postaviti samo oprema nepromoćive izrade. Pričvršćivanje kablova na zid vrši se pomoću obujmica na međusobnom rastojanju.

- 30cm. od preseka 1,5mm ;
- 40cm. preseka od 2,5 - 4,0mm ;
- 50cm. preseka većeg od 6mm .

Pri prolazu kroz pregradne zidove, cevi između vlažne i suve prostorije treba polagati tako da u njihove otvore ne može da prodre vlaga ni da se skupi voda. Cevi treba da su od materijala otpornog na vlagu i da su postavljene sa nagibom prema vlažnoj prostoriji. Pri polaganju cevi kroz spoljni zid objekta, unutrašnja prostorija se tretira kao suva u odnosu na spoljni prostor.

Sva oprema i instalacija će se montirati na mestima i kako je označeno crtežima. Pri paralelnom polaganju, horizontalne vodove jake i slabe struje treba postaviti na sledeći način:

- pri vrhu zida polažu se vodovi telekomunikacije;
- na 10cm. ispod njih polažu se vodovi za signalizaciju;
- na 10cm. ispod ovih polažu se vodovi energetike.

Razvodne kutije na ovim vodovima postavljaju se koso jedna ispod druge pod uglom od 45. Na mestima uklještenja koja se izvode pod pravim uglom rastojanja između vodova moraju biti najmanje 10mm. Ako to nije izvodljivo postavlja se izolacioni umetak debljine 3mm.

Paralelno vođenje vodova sa dimnim kanalima ili grejnim cevima treba izbegavati. Ako to nije moguće vodove treba postavljati na oko 5cm. odstojanja. Pri ukrštanju vodova sa dimnim kanalima i dr. razmak između vodova i istih treba da iznosi najmanje 3 cm. Električne vodove treba zaštititi od zagrevanja odgovarajućom toplotnom izolacijom.

Uslovi za izradu instalacije niskog napona

- Instalacije se moraju izvesti prema pisanom i grafičkom delu projekta i važećim Tehničkim propisima za izvođenje ove vrste instalacija.
- Pre i posle polaganja svih kablova mora se proveriti kontinuitet galvanske veze pojedinih žila, otpor i izolovanost između svake "žile" i "mase". Ukoliko otpor izolovanosti ne odgovara propisima kablovi se moraju zameniti. Merenje otpora izolovanosti vrši se instrumentima čiji je napon jednak nazivnom naponu instalacije, ali ne niži od 100 V.
- Obzirom da su kablovi sa plastičnom izolacijom voditi računa o temperaturi polaganja pri kojoj se nesmetano može vršiti polaganje i rad sa kablovima.

Temperatura polaganja ne sme biti niža od $+5^{\circ}\text{C}$. Ukoliko se polaganje vrši na temperaturi ispod $+5^{\circ}\text{C}$ kabl se prethodno mora zagrejati, pa tek onda vršiti odmotavanje sa bubnja i razvlačenje.

- Prilikom prenošenja i razvlačenja kablova primeniti postupak koji onemogućuje naprezanje ili oštećenje žila, izolacije ili zaštitnog omota.
- Pri polaganju kablova voditi računa o propisanom poluprečniku savijanja kabla koji za provodnike tipa PP mora biti minimalno 12-15 D za bakarne kablove.
- Pri ukrštanju kablovskih vodova sa vodovodnim cevima i kanalizacijom mora se obezbediti minimalno vertikalno rastojanje 50 cm za kablove 10 kV, a 30 cm za kablove 1 kV.
- Paralelno vođenje kablovskih vodova uz temelje i zidove zgrada treba da se vrši na razmaku većem od 50 cm od temelja.
- Kablove u rovu obeležiti olovnim obujmicama na kojima su utisnuti podaci: tip, presek, i napon kabla. Obujmice se postavljaju na rastojanju od 5 m i to na ulazu i izlazu iz kablovske kanalizacije i na mestima gde se kablovski vod ukršta sa drugim podzemnim instalacijama.
- Dužine kablova date u predmeru i predračunu radova sa orijentacione, pa se pre polaganja i sečenja kablova dužina mora proveriti na licu mesta. Kablove izvoditi od što dužih celih komada sa što manje spojeva.
- Na mestima gde se kablovi polažu u podu, kroz zid ili duž neke konstrukcije, kabl položiti kroz zaštitne cevi. Kabl i cev se zajednički ne smeju savijati, već se kabl polaže kroz prethodno savijenu cev.
- Kod zajedničkog polaganja kablova slabe struje sa energetske kablovima najmanje potrebno dozvoljeno rastojanje pri paralelnom vođenju ovih kablova iznosi 20 cm, a pri ukrštanju 10 mm.
- Razvodne ormene izraditi prema tehničkom opisu. Na mestima uvoda kablova u orman postaviti odgovarajuće uvodnice.
- Razvodne ormene spojiti na zajedničko uzemljenje gvozdenom pocinkovanom trakom punog preseka po važećim propisima.
- Sav materijal i oprema koji se ugrađuje mora odgovarati danas važećim SRPS standardima.
- Po završenoj izgradnji izvršiti proveru svih električnih i mehaničkih spojeva, uzemljenja, napona dodira i zatim izvršiti ispitivanje i probni rad pojedinih uređaja pod naponom bez opterećenja.
- Instalacione prekidače za osvetljenje postaviti na onoj strani vrata sa koje se otvaraju. Visina postavljanja od poda 1,5m. Visina do utikačkih kutija u stambenim prostorijama je 30cm, a u svim ostalim treba da se kreće od 50 do 170cm., prema specifičnim uslovima.
- Ormare brojila za merenje potrošnje električne energije treba postaviti tako da brojila ne budu niža od 60 ni viša od 220cm. Ostale razvodne table postaviti prema projektu, odnosno prema posebnim pogonskim ili upotrebnim uslovima i uobičajenoj praksi.
- Instalacija mora tokom postavljanja i ili kada je završena, ali pre predaje korisniku, biti pregledana i ispitana u skladu sa TP. Prilikom proveravanja i ispitivanja moraju se preduzeti mere za bezbednost lica i zaštitu od oštećenja električne i druge opreme.

Opšta ispitivanja moraju se izvesti prema sledećem redosledu:

- neprekidnost zaštitnog provodnika i glavnog i dodatnog provodnika za izjednačenje potencijala,
- otpornost izolacije el. instalacije,
- zaštita električnim odvajanjem el. instalacije,
- otpornost poda i zidova,
- automatsko isključivanje napajanja,
- dopunsko izjednačenje potencijala, i
- funkcionalnost.

Neprekidnost zaštitnog provodnika i provodnika za izjednačenje potencijala ispituje se merenjem el. otpornosti naponom od 4 do 24 V jednosmerne ili naizmenične struje sa najmanjom strujom od 0.2 A.

Tehnički uslovi za izvođenje gromobranske instalacije

Za izradu instalacije gromobrana upotrebiti standardne elemente po SRPS-u N. B4. 900, pocinkovane toplim postupkom. Elementi instalacije na kojima je zaštitni plašt od cinka oštećen, ne smeju se ugraditi.

Ako se objekat nalazi unutar energetskog ili industrijskog kompleksa s zajedničkim uzemljivačem koji se dimenzioniše prema drugim elektroenergetskim i sigurnosnim parametrima, materijal za uzemljivač gromobrana će se definisati u skladu sa projektom zajedničkog uzemljenja kompleksa.

Spojevi čelik-bakar smeju se izvoditi samo preko olovnog uložka debljine najmanje 2 mm. Po izradi, spoj se mora zaštititi dvostrukim antikorodivnim premazom.

Svi delovi trake na kojima je izvršeno sečenje ili bušenje radi nastavljajanja ili spajanja moraju biti po spajanju zaštićeni antikorodivnim premazom. Sastavi pod zemljom moraju biti zaliveni bitumenom. Na uzemljivač gromobranske instalacije povezati sve metalne delove podzemnih instalacija sa kojima se uzemljivač ukršta ili su od uzemljivača udaljeni manje od 3 m

Po izvršenoj izradi uzemljivača obavezno izvršiti merenje prelaznog otpora uzemljenja. Ukoliko se ustanove nedozvoljene vrednosti (iznad propisanih) izvršiti poboljšanje uzemljivača u dogovoru sa projektantom.

Ukoliko gromobranski uzemljivač služi istovremeno kao uzemljivač van sistema za zaštitu od previsokog napona dodira, izbor materijala, preseka i konfiguracije uzemljivača mora da zadovolji tehničke uslove svih instalacija - sistema povezanih na uzemljivač

Montaža hvataljke mora se izvesti sa originalnim elementima za pričvršćenje i prema upustvima proizvođača.

4.5.3. POSEBAN PRILOG O PRIMENI MERA BEZBEDNOSTI I ZDRAVLJA NA RADU

POSEBAN PRILOG o primenjenim propisima merama i normativima bezbednosti i zdravlja na radu pri projektovanju električnih instalacija jake i slabe struje, u skladu sa ZAKONOM O BEZBEDNOSTI I ZDRAVLJU NA RADU ("Službeni glasnik RS" br.101/2005, 91/2015 i 113/2017 – dr. zakon).

Opasnosti i štetnosti koje se mogu javiti pri korišćenju električnih instalacija jake i slabe struje

Opasnost od slučajnog dodira delova pod naponom

Opasnost od preopterećenja

Opasnost od struje kratkog spoja

Opasnost od električnog udara

Opasnost od previsokog napona dodira i napona koraka

Opasnost od pogrešnog manipulisanja

Opasnost od požara

Opasnost od uticaja vode, vlage i prašine, eksplozivnih i zapaljivih materijala i hemijskih uticaja

Opasnost od nedozvoljenog pada napona

Opasnost od slučajnog mehaničkog oštećenja

Opasnost od uticaja struje zemljospoja

Opasnost od nestanka napona

Opasnost od statičkog elektriciteta

Opasnost od uticaja elektromagnetnog polja

Opasnost od radioaktivnog zračenja

Opasnost od atmosferskog pražnjenja

Predviđene mere za otklanjanje opasnosti i štetnosti kod električnih instalacija jake i slabe struje.

Opasnost od slučajnog dodira delova pod naponom.

Opasnost od slučajnog dodira delova pod naponom su otklonjene pravilnim izborom električne opreme. Električna oprema je predviđena za ugradnju i nadgradnju na zid, opremljena je zaštitnim kućištima i poklopcima, te je time sprečen slučajni dodir delova pod naponom.

Svi predviđeni napojni vodovi su odgovarajuće konstrukcije i snabdeveni su odgovarajućim izolacijama i zaštitnim plaštevima, a predviđa se i pravilno uvođenje istih u priključne ormane i zaštitna kućišta električne opreme.

Opasnost od preopterećenja

Zaštita od preopterećenja izvedena je pravilnim izborom zaštitnih prekidača i osigurača na strani centralnih uređaja čime su onemogućena preopterećenja svih kablova i uređaja.

Opasnost od stuje kratkog spoja

Ova opasnost je otklonjena pravilnim dimenzionisanjem vodova i opreme na kratak spoj te ne postoji opasnost od posledica kratkog spoja. Kod propisno izvedenih instalaterskih i montažnih radova, a prema uputstvima proizvođača pojedinih vrsta oprema, pojava kratkog spoja je onemogućena.

Opasnost od električnog udara (indirektnog dodira)

Zaštita od električnog udara predviđena je automatskim isključenjem pri pojavi greške (topljivi osigurači) i malim naponom (48V).

Opasnost od previsokog napona dodira i napona koraka

Zaštita od previsokog napona dodira rešena je sistemom sniženog napona, pravilnim izborom opreme, uzemljenje svih metalnih delova koji ne pripadaju strujnim krugovima i pravilnim izborom uzemljivača.

Opasnost od napona koraka otklonjena je izradom zajedničkog uzemljivača objekta na koji se vezuju sve metalne mase u i na objektu.

Opasnost od pogrešnog manipulisanja

Izborom opreme ugrađene po standardima i ubacivanjem osoblja gde je to potrebno izbegnuta je opasnost od pogrešnog rukovanja.

Opasnost od požara

Zaštita od požara je rešena pravilnim izborom električne opreme koji pri pravilnom izvođenju i propisnom održavanju ne može biti uzrok požara.

Opasnost od uticaja vode, vlage i prašine, eksplozivnih i zapaljivih materija i hemijskih uticaja

Zaštita je izvršena pravilnim izborom opreme koja je birana prema nameni i mestu ugradnje uzimajući u obzir uslove rada, što je naznačeno na crtežima i u tekstualnoj dokumentaciji.

Opasnost od nedozvoljenog pada napona

Zaštita od nedozvoljenog pada napona predviđena je pravilnim dimenzionisanjem napojnih vodova. Proračun preseka napojnih vodova kao i padovi napona dati su kao sastavni deo projektne dokumentacije.

Opasnost od slučajnog mehaničkog opterećenja

Opasnost od slučajnog mehaničkog opterećenja ne postoji pošto je sva oprema u kućištu od metala, a svi kablovi su na mestima gde postoji opasnost od mehaničkih oštećenja položeni u zaštitne cevi. Lociranje opreme je vršeno tako da nije izloženo mehaničkim oštećenjima.

Opasnost od uticaja struje zemljospoja

Izvođenjem zajedničkog uzemljivača izbegnuta je opasnost od struje zemljospoja.

Opasnost od nestanka napona

Zaštita od nestanka mrežnog napona otklonjena je postavljanjem akumulatorskih baterija dovoljnog kapaciteta u paralelnom radu sa ispravljačkim uređajem za normalno napajanje.

Opasnost od statičkog elektriciteta

Opasnost od statičkog elektriciteta otklonjena je pravilnim izvođenjem uzemljenja

Opasnost od uticaja elektromotornog polja

Zaštita je predviđena primenom zaštitnih mera prilikom paralelnog vođenja i ukrštanja sa energetskim vodovima kao i izvođenjem uzemljenja armature kablova na oba kraja.

Opše napomene i obaveze

Poslodavac koji izvodi radove na izgradnji ili rekonstrukciji građevinskog objekta ili vrši promenu tehnološkog precesa duže od sedam dana, dužan je da izradi propisan elaborat o uređenju gradilišta, koji uz izveštaj o početku radova dostavlja nadležnoj inspekciji rada.

Proizvođač oruđa za rad na mehanizovani pogon je obavezan da dostavi uputstvo za bezbedan rad i da na oruđu potvrdi da su na istom primenjene propisane mere i normativi zaštite na radu.

Poslodavac je obavezan da 8 dana pre početka rada obavesti nadležni organ inspekcije rada o početku rada, kao i pri promeni tehnološkog postupka ukoliko se tim promenama menjaju slovi rada.

Poslodavac je dužan da opštim aktom, odnosno kolektivnim ugovorom utvrdi prava, obaveze i odgovornosti u oblasti bezbednosti i zdravlja na radu. Poslodavac je dužan da donese akt o proceni rizika u pismenoj formi za sva radna mesta u radnoj okolini i da utvrdi način i mere za njihovo otkljanjanje.

Poslodavac je dužan da aktim u pismenoj formi odredi lice za bezbednost i zdravlje na radu, osposobljava zaposlene za bezbedan izdarv rad, obezbedi zaposlenima korišćenje sredstava za ličnu zaštitu na radu, da zaposlenog upozna sa svim vrstama rizika na poslovima na koje ga određuje i da osposobljavanje obavi teorijski i praktično.

Periodične procene osposobljenosti za bezbedan i zdrav rad zaposlenog koji radi na radnom mestu sa povećanim rizikom, vrše se na način i postupkom utvrđenim aktom o proceni rizika.

Poslodavac kod kojeg se pri radu pojavljuju eksplozivne smeše, mora imati Pravilnik o rukovanju električnim postrojenjima koja su eksplozivno zaštićena kao i o evidenciji izvođenja radova izgradnje, opravki i održavanja tih postrojenja. Tim Pravilnikom treba predvideti i obavezne povremene preglede tih postrojenja kao i rokove ovih pregleda s tim da oni ne mogu biti duži od jedne godine.

Poslodavac može dati zaposlenima na upotrebu opremu za rad, sredstvo i opremu za ličnu zaštitu na radu ili opasne materije samo ako raspolaže propisanom dokumentacijom na srpskom jeziku za njihovu upotrebu, održavanje, odnosno pakovanje, transport i korišćenje i skladištenje u kojoj je proizvođač, odnosno isporučilac naveo bezbednosno-tehničke podatke, važne za ocenjivanje i otklanjanje rizika na radu.

Prilikom nabavke oruđa za rad i uređaja uz dokumentaciju koja se prilaže uz oruđa za rad i uređaje moraju se pribaviti i podaci o njihovim akustičnim osobinama iz koji će se videti da buka na radnim mestima neće prelaziti dopuštene vrednosti.

Ako je za ispunjenje uslova odopuštenim vrednostima buke potrebno preduzimanje posebnih mera (prigušivači buke,elastična podleganja i sl.) u pomenutoj dokumentaciji moraju biti naznačene i te mere.

Sva oprema i materijali, predviđeni ovim projektom moraju da odgovaraju svim važećim srpskim tehničkim propisima i standardima.

Sva postrojenja i održavanje istih moraju se uskladiti sa postojećim propisima.

Svuda gde to propisi zahtevaju, postaviti vidno označene natpise sa upozorenjima:

- Visina napona
- Namena određene opreme
- Druga važna obaveštenja
- Pri izvođenju radova ili remonta postrojenja i opreme obavezno je postaviti opomensku tablicu u pogledu:
 - Stanja uključenosti/isključenosti
- Pri rukovanju i manipulaciji u postrojenju, obavezna je primena zaštitne opreme i sredstava.

4.6. NUMERIČKA DOKUMENTACIJA

4.6.1 TEHNIČKI PRORAČUN

4.6.1.1. Snaga elektrane

Ovim idejnim rešenjem predviđena je montaža i povezivanje ukupno 272 monokristalna fotonaponska panela, proizvođača Ulica Solar, tipa UL-710M-132DGN, jedinične snage 710W, nominalnog jednosmernog DC napona 37.57V, nominalne jednosmerne struje 14.32A, dimenzija 2384x1303x33 mm, težine od 37.4kg. Fotonaponski paneli se povezuju na red, tako formirani nizovi se povezuju na inverter, proizvođača Huawei, tipa SUN2000-40KTL-M3 (kom. 4), snage 40kW, sa četiri MPPT ulaza, na koje može da se poveže 8 nizova. Preporučena instalisana snaga na jednosmernoj strani invertora iznosi 60kW, maksimalnog ulaznog napona 1100 V i maksimalne ulazne struje 26A po MPPT ulazu. Nizovi fotonaponskih panela se štite od struje kratkog spoja osiguračima od 25A gPV/1000 Vdc. Takođe, opseg napona u kome postoji praćenje tačke maksimalne snage fotonaponskih panela je u granicama 200-1000Vdc. Predviđena maksimalna AC snaga na izlazu iz invertora iznosi 40kW, nominalnog napona 400V, frekvencije 50 Hz i maksimalne struje 63.8 A.

Instalisana snaga solarne elektrane jednaka je proizvodu nazivne snage fotonaponskih panela i ukupnog broja panela:

$$P_{DC-STC} = n_u \cdot P_n = 272 \cdot 710 = 193.12kW$$

U tabeli 2 prikazana je snaga fotonaponskih panela povezanih na inverter.

Invertor	Broj PV panela [n]	Instalisana snaga P_{dc} [kW]	Maksimalna ulazna snaga invertora P_{dcr} [kW]	Napomena
1	72	51.12	60	Zadovoljava
2	68	48.12	60	Zadovoljava
3	68	48.12	60	Zadovoljava
4	64	45.44	60	Zadovoljava

Tabela 1. Broj panela i snaga elektrane po invertoru

Prethodni proračun daje snagu elektrane pri standardnim uslovima testiranja (STC-Standard Test Conditions) za koje svaki proizvođač fotonaponskih panela daje osnovne karakteristike panela.

Standardni uslovi testiranja su:

- Modul je čist (bez prašine i drugih nečistoća koje se javljaju u realnim uslovima);
- Temperatura panela je 25 °C;
- Solarna iradijacija na površini panela je 1000 W/m² (jedno sunce);

- Solarni spektar odgovara vazdušnoj masi $AM=1.5$.

Realni uslovi odstupaju od standardnih tako da se efikasnost panela i ostalih tehnički parametri u realnim eksploatacionim uslovima u manjoj ili većoj meri razlikuju od standardnih. Izlazna snaga invertora tada će se računati na osnovu obrasca:

$$P_{AC}=P_{DC-STC} \times \text{efikasnost konverzije}$$

Jedan od bitnih parametara koji utiču na efikasnost panela jeste temperatura panela. Povećanje temperature panela iznad standardne vrednosti (25°C) uzrokuje pad efikasnosti panela, jer se smanjuje napon otvorenog kola. Gubitak usled povećanja temperature ide i do $0.45\%/^{\circ}\text{C}$.

Pored temeprature, na efikasnost panela utiču i neuparenost karakteristika panela, zaprljanost aktivne površine panela, kao i gubici u invertoru. Gubici usled zaprljanosti panela mogu se proceniti na oko 4 %, dok gubici usled neuparenosti panela ne prelaze 3 %. Gubici u invertoru su definisani u specifikaciji invertora i uzima se podatak o ponderisanoj efikasnosti koja za inverter HUAWEI, tipa SUN2000-40KTL iznosi 98,4 %. Na osnovu poznavanja geografskog položaja i vremenskih uslova u kojima se nalazi elektrana može se proceniti da temperaturni gubici neće biti veći od 8 %.

Nakon zamene svih navedenih podataka o gubicima u fotonaponskom sistemu u proračun izlazne snage invertora dobijamo:

- za invertore

$$P_{AC1} = P_{DC-STC} \cdot \eta_Z \eta_N \eta_T \eta_I = 51,12 \cdot 0.96 \cdot 0.97 \cdot 0.92 \cdot 0.984 = 43.09 \text{ kW} = 40 \text{ kW}$$

$$P_{AC2} = P_{DC-STC} \cdot \eta_Z \eta_N \eta_T \eta_I = 48,28 \cdot 0.96 \cdot 0.97 \cdot 0.92 \cdot 0.984 = 40.70 \text{ kW} = 40 \text{ kW}$$

$$P_{AC3} = P_{DC-STC} \cdot \eta_Z \eta_N \eta_T \eta_I = 48,28 \cdot 0.96 \cdot 0.97 \cdot 0.92 \cdot 0.984 = 40.70 \text{ kW} = 40 \text{ kW}$$

$$P_{AC4} = P_{DC-STC} \cdot \eta_Z \eta_N \eta_T \eta_I = 45,44 \cdot 0.96 \cdot 0.97 \cdot 0.92 \cdot 0.984 = 38.31 \text{ kW} = 40 \text{ kW}$$

Na osnovu svega navedenog možemo da zaključimo da će maksimalna izlazna snaga male solarne elektrane iznositi:

$$P_{AC} = 160 \text{ kW}$$

Napomena: U slučaju kada je snaga iz solarnih modula veća od nominalne snage invertora, pretvarač ograničava jednosmernu snagu podizanjem jednosmernog napona. Iz tog razloga DC struja je manja što rasterećuje jednosmerni deo pretvarača. Za AC stranu invertora, postoji i pozitivan efekat zbog manjeg ciklusa opterećenja i dužeg radnog vremena sa konstantnim opterećenjem.

Maksimalano dozvoljena DC snaga ne označava nikakvo ograničenje za maksimalno dozvoljenu PV snagu priključenu na inverter. To je samo specifikacija najveće moguće DC snage koju pretvarač može koristiti. Dok god su ispunjeni zahtevani uslovi za jednosmernu struju i jednosmerni napon MPPT-a, nema rizika od oštećenja ili smanjenog veka trajanja pretvarača.

4.6.1.2. Proračun struje kratkog spoja i napona otvorenog kola MSE

Ovim Idejnim rešenjem predviđeno je da na invertore fotonaponski paneli budu povezani prema tabeli 2, a sve u cilju da se zadovolje ulazne vrednosti u invertore i karakteristične vrednosti fotonaponskih panela.

Invertor	Broj PV panela [n]	Broj stringova	Broj panela po stringu
1	72	4	18
2	68	4	16,16,18,18
3	68	4	17
4	64	4	16

Tabela 2 Broj panela, stringova i panela u stringu

Kako je niz sastavljen od 18,17 i 16 fotonaponskih panela, i kako su svi fotonaponski paneli vezani na red, za maksimalne vrednosti napona i struje ovih nizova, a pri standardnim uslovima ispitivanja, dobijamo:

$$U_{mppstr18} = n_{pv} \cdot U_{mpp} = 735.12V$$

$$U_{mppstr17} = n_{pv} \cdot U_{mpp} = 694.12V$$

$$U_{mppstr16} = n_{pv} \cdot U_{mpp} = 653.44V$$

$$I_{mppstr18,17,16} = I_{mpp} = 17.38A$$

gde su

U_{mppstr} – maksimalni napon jednog niza sa n povezanih fotonaponskih panela na red [V],

n_{pv} – broj fotonaponskih panela u nizu,

U_{mpp} – maksimalni napon jednog fotonaponskog panela [V],

I_{mppstr} – maksimalna struja jednog niza sa n fotonaponskih panela vezanih na red [A],

I_{mpp} – maksimalna struja jednog fotonaponskog panela [A].

Maksimalni jednosmerni napon otvorenog kola fotonaponskih panela očekuje se pri niskim temperaturama, isti se računa prema sledećoj formuli:

$$U_{ocmax} = U_{oc} \cdot \left[1 + \frac{T_{KVoc}}{100} \cdot (T_{min} - T_{STC}) \right]$$

gde su

U_{ocmax} – maksimalni napon otvorenog kola jednog fotonaponskog panela [V],

T_{min} – najniža očekivana temperature ambijenta, (usvajamo -20 °C),

T_{STC} – temperatura u standardnim uslovima ispitivanja na 25 °C,

T_{KVoc} – temperaturni koeficijent napona otvorenog kola fotonaponskog panela [%/°C],

Nakon proračuna maksimalni jednosmerni napon otvorenog kola jednog fotonaponskog panela, pri minimalno očekivanoj temperaturi od $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$, iznosiće:

$$U_{ocmax} = 53.70V$$

dok će maksimalni jednosmerni napon otvorenog kola niza sa 18 (posmatramo string sa najvećim brojem panela) fotonaponskih panela na ulaz invertora, u tom slučaju biti:

$$U_{ocmaxstr18} = n_{pv} \cdot U_{ocmax} = 966.64 V$$

S obzirom na to da maksimalni jednosmerni napon na ulazu u inverter iznosi 1100V, može se zaključiti da nizovi panela povezani paralelno na ulaze invertora mogu biti sastavljeni od maksimalno 18 fotonaponskih panela povezanih na red, a sve u cilju zadovoljenja uslove priključenja sa aspekta očekivanog najvišeg napona.

Minimalni jednosmerni napon fotonaponskih panela se očekuje pri visokim temperaturama i računa se prema sledećoj formuli:

$$U_{mppmin} = U_{mpp} \cdot \left[1 + \frac{T_{KVmp}}{100} \cdot (T_{max} + T_{add} - T_{STC}) \right]$$

gde su

- U_{mppmin} – minimalni napon jednog fotonaponskog panela [V],
- U_{mpp} – nominalni napon fotonaponskog panela [V],
- T_{KVmp} – temperaturni koeficijent fotonaponskog panela pri V_{mpp} [%/ $^{\circ}\text{C}$],
- T_{max} – najviša očekivana temperatura ambijenta, (usvajamo $40\text{ }^{\circ}\text{C}$),
- T_{add} – temperature fotonaponskih panela u zavisnosti od načina ugradnje:
 - 1) na krovu objekta, paralelno, $< 6^{\circ}$ nagib: $35\text{ }^{\circ}\text{C}$,
 - 2) na krovu objekta, na nosačima, $> 6^{\circ}$ nagib: $30\text{ }^{\circ}\text{C}$,
 - 3) na zemlji: $25\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Nakon proračuna minimalni jednosmerni napon fotonaponskih panela, pri maksimalno očekivanoj temperature ambijenta od $+45\text{ }^{\circ}\text{C}$, iznosiće:

$$U_{mppmin} = 36.25 V$$

dok će minimalni jednosmerni napon niza sa 16 (posmatramo string sa najmanjim brojem panela) fotonaponskih panela na ulaze u inverter u tom slučaju biti:

$$U_{mppmin16} = n_{pv} \cdot U_{mppmin} = 579.93V$$

S obzirom na to da minimalni ulazni jednosmerni napon koji omogućava rad MPPT regulatora na invertoru iznosi 200V, a na osnovu koga se osigurava rad fotonaponskih panela u optimalnoj radnoj tački, može se zaključiti da nizovi panela povezani na ulaze invertora zadovoljavaju uslove priključenja sa aspekta očekivanog najnižeg napona.

Maksimalna struja kratkog spoja jednog fotonaponskog panela očekuje se pri visokim temperaturama, i računa se prema sledećoj formuli:

$$I_{scmax} = I_{sc(45^{\circ}\text{C})} = I_{sc} \cdot \left[1 + \frac{T_{KIsC}}{100} \cdot (T_{max} - T_{stc}) \right]$$

gde su:

I_{scmax} - maksimalna struja jednog fotonaponskog panela pri najvećoj očekivanoj temperaturi [A],

I_{sc} - struja kratkog spoja jednog fotonaponskog panela [A],

T_{max} - najviša očekivana temperatura ambijenta (usvojeno $+40^{\circ}\text{C}$),

T_{STC} - temperatura u standardnim uslovima ispitivanja na 25°C ,

T_{KIsC} - temperaturni koeficijent struje kratkog spoja fotonaponskog panela [$\%/^{\circ}\text{C}$].

Nakon proračuna maksimalna struja kratkog spoja fotonaponskih panela, pri maksimalno očekivanoj temperaturi ambijenta od $+45^{\circ}\text{C}$, iznosiće:

$$I_{scmax} = 18.57 \text{ A}$$

Struja niza fotonaponskih panela vezanih na red je ista kao i struja jednog fotonaponskog panela. Takođe, u DC orman biće ugrađeni osigurači na svakom nizu na (+) i na (–) strani. Prilikom proračuna ove struje mora se voditi računa o izboru osigurača koji obezbeđuje odgovarajuću zaštitu serijskog niza fotonaponskih panela. Proizvođač invertora dopušta opseg za proračun struje osigurača, koji štiti niz:

$$I_f \geq (1,4 \sim 1,5) \cdot I_{sc}$$

S obzirom da je najveća izračunata vrednost struje kratkog spoja jednog fotonaponskog panela na usvojenoj temperaturi ambijenta 45°C , nakon zamene brojnih vrednosti u relaciji biće odabran osigurač sa nominalnom strujom od 25 A.

Takođe, ulazne radne struje i struje kratkog spoja na ulazima u inverter, raspoređenim po MPPT ulazima, iznosi:

-inverter br.1-4:

$$I_{maxmppt} = 1 \cdot I_{mppt} = 17.38 \text{ A} < 26 \text{ A}$$

$$I_{scmax} = 1 \cdot I_{scmax} = 18.57 \text{ A} < 40 \text{ A}$$

Shodno tome može se zaključiti da nizovi fotonaponskih panela povezani na ulaze invertora zadovoljavaju uslove priključenja sa aspekta očekivane kako radne struje tako i struje kratkog spoja.

Na osnovu gore predstavljenih proračuna broja fotonaponskih panela u nizu, kao i broja nizova povezanih na invertore, a u skladu sa karakteristikama invertora i fotonaponskih panela, da se zaključiti da je broj fotonaponskih panela u nizu i broj nizova pravilno odabran i u granicama katalogskih vrednosti opreme.

4.6.1.3 Proračun opterećenja kablova

Trajno dozvoljene struje izolovanih provodnika i nearmiranih kablova nazivnog napona od 0.6/1 kV definisane su u standardu SRPS HD 60364-5-52:2012 i određuje ih:

- Najveća dozvoljena temperatura izolacije,
- Temperatura okoline,
- Termička otpornost tla,
- Tip primenjenog električnog razvoda,
- Broj opterećenih provodnika,
- Broj provodnika postavljenih paralelno,
- Promena izolacijskih uslova duž položenih izolovanih provodnika i kablova

Rezultati proračuna opterećenja kablova dati su u tabeli 3, za svaki strujni krug.

Deonica		Tip kabla	Presek kabla	Tip razvoda (SRPS IEC 60364-5-52)	Instalisana snaga	Faktor jednovremenosti	Jednovremena snaga	Vršna struja	Dozvoljena struja	Napomena
od	do		[mm ²]		[kW]		[kW]	[A]	[A]	
Str 1	Inv 1	XLPO	2x4	D	12.78	1	12.78	17.38	31.08	Zadovoljava
Str 2	Inv 1	XLPO	2x4	D	12.78	1	12.78	17.38	31.08	Zadovoljava
Str 3	Inv 1	XLPO	2x4	D	12.78	1	12.78	17.38	31.08	Zadovoljava
Str 4	Inv 1	XLPO	2x4	D	12.78	1	12.78	17.38	31.08	Zadovoljava
Str 5	Inv 2	XLPO	2x4	D	12.78	1	12.78	17.38	31.08	Zadovoljava
Str 6	Inv 2	XLPO	2x4	D	12.78	1	12.78	17.38	31.08	Zadovoljava
Str 7	Inv 2	XLPO	2x4	D	11.36	1	11.36	17.38	31.08	Zadovoljava
Str 8	Inv 2	XLPO	2x4	D	11.36	1	11.36	17.38	31.08	Zadovoljava
Str 9	Inv 3	XLPO	2x4	D	12.07	1	12.07	17.38	31.08	Zadovoljava
Str 10	Inv 3	XLPO	2x4	D	12.07	1	12.07	17.38	31.08	Zadovoljava
Str 11	Inv 3	XLPO	2x4	D	12.07	1	12.07	17.38	31.08	Zadovoljava
Str 12	Inv 3	XLPO	2x4	D	12.07	1	12.07	17.38	31.08	Zadovoljava
Str 13	Inv 4	XLPO	2x4	D	11.36	1	11.36	17.38	31.08	Zadovoljava
Str 14	Inv 4	XLPO	2x4	D	11.36	1	11.36	17.38	31.08	Zadovoljava
Str 15	Inv 4	XLPO	2x4	D	11.36	1	11.36	17.38	31.08	Zadovoljava
Str 16	Inv 4	XLPO	2x4	D	11.36	1	11.36	17.38	31.08	Zadovoljava
Inv 1	GRO-MSE	EAYY	4x35	D	40	1	40	63.8	98.4	Zadovoljava
Inv 2	GRO-MSE	EAYY	4x35	D	40	1	40	63.8	98.4	Zadovoljava
Inv 3	GRO-MSE	EAYY	4x35	D	40	1	40	63.8	98.4	Zadovoljava
Inv 4	GRO-MSE	EAYY	4x35	D	40	1	40	63.8	98.4	Zadovoljava
GRO MSE	TS	EAYY	2x(4x70)	C	160	0.975	156	248.8	286.4	Zadovoljava

Tabela 3. Proračun opterećenja kablova

Prema dobijenim rezultatima odabrani kablovi **zadovoljavaju** uslove iz standarda SRPS HD 60364-5-52:2012.

4.6.1.4 Provera zaštite vodova od preopterećenja

Pod proverom zaštite od preopterećenja podrazumeva se provera izabranih zaštitnih uređaja vodova, odnosno automata, u pogledu zaštite od prekomernih struja.

Radne karakteristike uređaja za zaštitu od preopterećenja vodova moraju da ispunjavaju sledeća dva uslova prema standardu SRPS HD 60364-4-43:2012.

Zaštita od prekomerne struje:

$$1) I_B \leq I_n \leq I_z$$

$$2) I_2 \leq 1,45I_z$$

где је:

I_B – struja za koju je kolo projektovano (A),

I_n – nazivna struja zaštitnog uređaja (A),

I_z – trajno dozvoljena struja kabla (A),

I_2 – struja koja osigurava efikasno delovanje u okviru konvekcionalnog vremena tog zaštitnog uređaja (A).

Rezultati provere su dati u tabeli 4., za svaki strujni krug.

Strujni krug	Deonica	Preselk provodnika	Tip razvoda SRPS IEC 60364-5-52	Instalisana snaga	Faktor jednovremenosti	Jednovremena snaga	Vršna struja	Trajno dozvoljena struja kabla	Nazivna struja osigurača	Struja koja osigurava efikasno delovanje zašt. uređaja u okviru konv. vremena	Konvencionalno vreme		Tip osigurača	Uslov 1 (prema SRPS IEC 60364-4-43)	Uslov 2 (prema SRPS IEC 60364-4-43)
		S		P _i	k _i	P _j	I _b	I _z	I _n	I ₂	t	1,45xI _z		I _b ≤I _n ≤I _z	I ₂ ≤1,45*I _z
		[mm²]		[kW]		[kW]	[A]	[A]	[A]	[A]	[h]	[A]			
1	Str 1: Inv 1	4	D	12.78	1	12.78	17.38	31.08	25	43.75	1	45.06	Cilindrični osig.2P	da	da
2	Str 2: Inv 1	4	D	12.78	1	12.78	17.38	31.08	25	43.75	1	45.06	Cilindrični osig.2P	da	da
3	Str 3: Inv 1	4	D	12.78	1	12.78	17.38	31.08	25	43.75	1	45.06	Cilindrični osig.2P	da	da
4	Str 4: Inv 1	4	D	12.78	1	12.78	17.38	31.08	25	43.75	1	45.06	Cilindrični osig.2P	da	da
5	Str 5: Inv 2	4	D	12.78	1	12.78	17.38	31.08	25	43.75	1	45.06	Cilindrični osig.2P	da	da
6	Str 6:Inv 2	4	D	12.78	1	12.78	17.38	31.08	25	43.75	1	45.06	Cilindrični osig.2P	da	da
7	Str 7:Inv 2	4	D	11.36	1	11.36	17.38	31.08	25	43.75	1	45.06	Cilindrični osig.2P	da	da
8	Str 8:Inv 2	4	D	11.36	1	11.36	17.38	31.08	25	43.75	1	45.06	Cilindrični osig.2P	da	da
9	Str 9:Inv 3	4	D	12.07	1	12.07	17.38	31.08	25	43.75	1	45.06	Cilindrični osig.2P	da	da
10	Str 10:Inv 3	4	D	12.07	1	12.07	17.38	31.08	25	43.75	1	45.06	Cilindrični osig.2P	da	da
11	Str 11:Inv 3	4	D	12.07	1	12.07	17.38	31.08	25	43.75	1	45.06	Cilindrični osig.2P	da	da
12	Str 12:Inv 3	4	D	12.07	1	12.07	17.38	31.08	25	43.75	1	45.06	Cilindrični osig.2P	da	da
13	Str 13:Inv 4	4	D	11.36	1	11.36	17.38	31.08	25	43.75	1	45.06	Cilindrični osig.2P	da	da
14	Str 14:Inv 4	4	D	11.36	1	11.36	17.38	31.08	25	43.75	1	45.06	Cilindrični osig.2P	da	da
15	Str 15:Inv 4	4	D	11.36	1	11.36	17.38	31.08	25	43.75	1	45.06	Cilindrični osig.2P	da	da
16	Str 16:Inv 4	4	D	11.36	1	11.36	17.38	31.08	25	43.75	1	45.06	Cilindrični osig.2P	da	da
17	Inv 1: GRO-MSE	4x35	D	40	1	40	63.8	98.4	80	128	1	142.48	Nožasti osig.3P	da	da
18	Inv 2: GRO-MSE	4x35	D	40	1	40	63.8	98.4	80	128	1	142.48	Nožasti osig.3P	da	da
19	Inv 3: GRO-MSE	4x35	D	40	1	40	63.8	98.4	80	128	1	142.48	Nožasti osig.3P	da	da
20	Inv 4: GRO-MSE	4x35	D	40	1	40	63.8	98.4	80	128	1	142.48	Nožasti osig.3P	da	da
21	GRO-MSE: TS	2x(4x70)	D	160	0.975	156	248.8	286.4	250	300	1	415.28	Kompakt prekidač 4P	da	da

Tabela 4. Provera zaštite kablova od preopterećenja

Prema dobijenim rezultatima odabrani osigurači/prekidači **zadovoljavaju** u pogledu zaštite kablovskih vodova 0 a prema uslovima iz standarda SRPS HD 60364-4-43:2012.

4.6.1.5 Proračun pada napona

Proračun pada napona služi za proveru odabranih preseka provodnika.

Za monofazne potrošače računa se prema izrazu:

$$u\% = \frac{200Pl}{\gamma SU^2}$$

dok se za trofazne potrošače računa prema izrazu:

$$u\% = \frac{100Pl}{\gamma SU^2}$$

gde je:

$u\%$ – pad napona u procentima. Dozvoljena vrednost pada napona određena je Pravilnikom o tehničkim normativima za instalacije NN;

P (W) – nazivna snaga potrošača mnofazna/trofazna (za napojni vod to je vršno opterećenje);

l (m) – dužina voda;

γ (Sm/mm²) – specifična provodnost materijala od koga je provodnik izgrađen (za bakar je 56Sm/mm², za aluminijum 32 Sm/mm²)

S (mm²) – presk provodnika;

U (V) – nazivni napon fazni/linijski;

Prema PTN za električne instalacije niskog napona („Sl. listSFRJ“br. 53/88; „Sl. List SRJ“br. 28/95):

Dozvoljeni pad napona između račke napajanja električne instalacije i bilo koje druge tačke ne sme biti veći od sledećih vrednosti prema nazivnom naponu električne instalacije:

- 1) za strujno kolo osveljenja 3% a za strujna kola ostalih potrošača 5%, ako se električna instalacija napaja iz NN mreže;
- 2) za strujno kolo osveljenja 5% a za strujna kola ostalih potrošača 8%, ako se električna instalacija napaja neposredno iz transformatorske stanice koja je priključena na visoki napon.

Rezultati proračuna dati su tabeli 5.

Najveći pad napona je na relaciji od INV 1 do GRO MSE i iznosi :**1.52%**

Najveći ukupni pad napona je na relaciji od Str 1 do TS i iznosi : **3.55%**

Prema dobijenim rezultatima pada napona, preseki vodova su pravilno odabrani.

R. br.	Strujni krug	Instalisana snaga	Koeficijent jednovremenosti	Jednovremena snaga	Dužina strujnog kruga	površina poprečnog pres. kablova	Specifična električna provodnost	radni napon	pad napona u relaciji	Ukupni pad napona
		P _i [kW]	k _j	P _j [kW]	l [m]	A [mm ²]	S[m/mm ²]	U [V]	u [%]	U _u [%]
1	Str 1: Inv 1	12.78	1	12.78	55	4	56	735.12	0.7956104	3.549731945
2	Str 2: Inv 1	12.78	1	12.78	45	4	56	735.12	0.6535371	3.338579384
3	Str 3: Inv 1	12.78	1	12.78	33	4	56	735.12	0.4546345	3.08519631
4	Str 4: Inv 1	12.78	1	12.78	25	4	56	735.12	0.3196649	2.916274261
5	Str 5: Inv 2	12.78	1	12.78	56	4	56	735.12	0.7512125	3.102097201
6	Str 6: Inv 2	12.78	1	12.78	45	4	56	735.12	0.7671958	2.869829384
7	Str 7: Inv 2	11.36	1	11.36	33	4	56	653.44	0.5825005	2.703546741
8	Str 8: Inv 2	11.36	1	11.36	25	4	56	653.44	0.3409759	2.513509436
9	Str 9: Inv 3	12.07	1	12.07	48	4	56	694.12	0.8790785	2.591503781
10	Str 10: Inv 3	12.07	1	12.07	40	4	56	694.12	0.9270282	2.412562675
11	Str 11: Inv 3	12.07	1	12.07	34	4	56	694.12	0.7245738	2.278356845
12	Str 12: Inv 3	12.07	1	12.07	27	4	56	694.12	0.2983539	2.121783377
13	Str 13: Inv 4	11.36	1	11.36	45	4	56	653.44	0.8240251	2.162709842
14	Str 14: Inv 4	11.36	1	11.36	35	4	56	653.44	0.7671958	1.925163211
15	Str 15: Inv 4	11.36	1	11.36	24	4	56	653.44	0.6393298	1.663861916
16	Str 16: Inv 4	11.36	1	11.36	20	4	56	653.44	0.8098178	1.568843263
17	Inv 1: GRO-MSE	40	1	40	68	35	32	400.00	1.5178571	2.388392857
18	Inv 2: GRO-MSE	40	1	40	49	35	32	400.00	1.0491071	1.919642857
19	Inv 3: GRO-MSE	40	1	40	31	35	32	400.00	0.6473214	1.517857143
20	Inv 4: GRO-MSE	40	1	40	10	35	32	400.00	0.2232143	1.09375
21	GRO-MSE: TS	160	0.975	156	34	2x70	32	400.00	0.8705357	0.87053571

Tabela 5. Proračun pada napona na kablovima

4.6.1.6 Proračuna struje (snage) kratkog spoja sa strane male solarne elektrane MSE „SUNRISE“

Proračun struje kratkog spoja u elektroenergetskim sistemima namenjen je za izbor opreme i efikasan rad električne zaštite.

Karakteristične vrednosti struja kratkog spoja u elektroenergetskim sistemima, a koje služe za odabir opreme, su sledeće:

- Početna (suptranzijentna) simetrična struja kratkog spoja (I_k'')
- Prolazna (tranzijentna) simetrična struja kratkog spoja (I_k')
- Trajna struja kratkog spoja (I_k)
- Temena vrednost struje kratkog spoja (i_p)
- Simetrična struja isključenja kratkog spoja (I_b)
- Termička ekvivalentna struja kratkog spoja (I_{th})

Prema TP br. 01 ED Srbije maksimalna dozvoljena trofazna simetrična struja (snaga) kratkog spoja u kablovskoj mreži naponskog nivoa 0,4 kV iznosi 26 kA (18 MVA).

Proračun struje kratkog spoja za MSE „SUNRISE“ urađen je na osnovu standarda SRPS EN 60909-0:2020.

Maksimalna struja simetričnog trofaznog kratkog spoja sa strane solarne elektrane 10 kV naponski nivo računa se prema sledećem izrazu:

$$I''_{k10} = \frac{c \cdot U_n}{\sqrt{3} \cdot Z_e} + \frac{1}{Z_e} \sum_{j=1}^n Z_{ij} \cdot I_{kinv}$$

gde je:

c - naponski faktor, i za naponski nivo 10 kV iznosi 1.1;

Z_{ij} - impedansa na mestu kvara, ($Z_e = Z_{ij}$);

I_{kinv} – struja kratkog spoja invertora, kataloška vrednost $1.5 \cdot I_n$.

Kako su inverteri strujni generatori, struja kratkog spoja sa strane elektrane računaće se prema izrazu:

$$I''_{k10} = \frac{1}{Z_e} \sum_{j=1}^n Z_{ij} \cdot I_{kinv}$$

Maksimalnu vrednost struje kratkog spoja dobijamo kada je $Z_e = Z_{ij}$.

Struja kratkog spoja invertora je kataloška vrednost i računa se kao $1.5 \cdot I_n$.

Struja kratkog spoja jednog invertora svedena na naponski nivo 10kV iznosi:

$$I'_{kinv1} = 1.5 \cdot I_n \left(\frac{U_n''}{U_n'} \right) = 1.5 \cdot 63.8 \cdot \frac{0.4}{10} = \mathbf{3.828A}$$

Dok ukupna struja simetričnog kratkog spoja sa strane male solarne elektrane na 10kV naponskom nivou iznosi:

$$I'_{kinv4} = 4 \cdot 3.828 = \mathbf{15.312 A}$$

Napomena: Na osnovu standarda IEEE 1457 i IEC 61400-21, kao i na osnovu standarda SRPS EN 60909-0:2020, statički pretvarači (invertori) zbog brzine isključenja sa mreže u slučaju pojave kvara, ne učestvuju u proračunima struje kvara i zanemaruju se ukoliko struja kratkog spoja sa strane pretvarača ne prelazi 5% ukupne struje kratkog spoja.

4.6.1.7 Proračuna uzemljivača objekta MSE

Izbor preseka uzemljivača određen je na osnovu vrednosti subtranzijentne struje trolnog kratkog spoja koja prema TP br. 01 ED Srbije iznosi 26 kA i koja se može koristiti kao merodavna za termičku proveru provodnika u sistemu uzemljenja.

Najmanji dozvoljeni presek provodnika u sistemu uzemljenja pri kratkotrajnom zagrevanju određuje se pomoću izraza:

$$q_{min} = k \cdot I_{1e}'' \cdot \sqrt{t} [\text{mm}^2]$$

gde su:

q_{min} – najmanji dozvoljeni presek provodnika (mm²) za struju I_{1e}'' ;

I_{1e}'' – struja merodavna za toplotni proračun (kA); t – trajanje struje kvara, iznosi 1 sec;

k – faktor koji zavisi od vrste materijala provodnika (mm²/kAs²), i to:

-za čelik: $k=15,0$

-za bakar: $k=6,25$.

$$q_{min} = 15 \cdot 26 \cdot \sqrt{1} = 390 \text{ mm}^2$$

Metalne mase priključuju se na uzemljivač elektrane, koji čini čelično pocinkovana trake FeZn 4x25mm², zemljovodima po sistemu „ulaz-izlaz“, tako da je svaki uzemljeni deo vezan na uzemljivač sa dve strane, odnosno dobijamo minimalni presek provodnika:

$$q_{min} = 15 \cdot \frac{26}{2} \cdot \sqrt{1} = 195 \text{ mm}^2 < 200 \text{ mm}^2$$

Uzemljenje

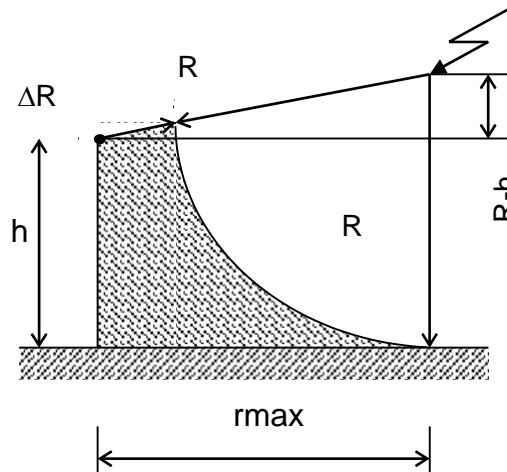
Uzemljivački sistem elektrane je predviđen kao združeno uzemljenje koje je istovremeno zaštitno i radno uzemljenje fotonaponskih panela i invertora, niskonaponskih kablova AC i DC, objekata transformatorska stanica i razvodno postrojenje. Takođe združeno uzemljenje će se koristiti i kao gromobransko uzemljenje.

Ovim projektom je predviđeno povezivanje svih metalnih delova ugrađene opreme na uzemljivač izvden trakom FeZn 4x25mm² po principu „ulaz-izlaz“.

Po izvršenoj montaži, a pre puštanja elektrane u pogon potrebno je izvršiti merenje otpora uzemljenja, napona dodira i napona koraka. Ukoliko se dogodi da dobijene vrednosti budu iznad propisanih treba u dogovoru sa projektantom naći najpogodnije rešenje.

4.6.1.8 Gromobranska zaštita MSE

Za gromobransku zaštitu predviđena je jedna hvataljka sa ranim startovanjem u skladu sa SRPS N.B4.810, proizvođača „Frenklin France“, tip AFB009SE, sa vremenom prednjačenja $\Delta t = 30\mu s$. Hvataljka se postavlja na jarbol ukupne visine 8m. Jarbol namenjen za gromobransku zaštitu biće postavljen iza fotonaponskih panela kako ne bi pravio senku na iste, a u skladu sa grafičkom dokumentacijom.



Slika br.2. Određivanje štice prostora

Simboli korišćeni u proračunima:

r'_{max} [m] - maksimalno rastojanje štice tačke određenog nivoa

h [m] - vertikalno rastojanje od vrha štapne hvataljke do nivoa štice tačke

R [m] - poluprečnik fiktivne sfere čela silaznog trasera, takozvano udarno rastojanje (za nivo zaštite "I", $R=20$ m, u skladu sa SRPS N.B4.810)

v (m/ μs) - brzina uzlaznog trasera, čija je usvojena vrednost prema SRPS N.B4.810.
 $v=1$ m/ μs

Δt [μs] - vreme prednjačenja

Dobitak u udarnom rastojanju u [m] dobija se:

$$\Delta R = v \times \Delta t \text{ [m]}$$

Vreme prednjačenja za izabranu hvataljku je $\Delta t = 30\mu s$, pa je dobitak u udarnom rastojanju:

$$\Delta R = 1 \times 30 = 30 \text{ m}$$

Prostor štićen upotrebom štapne hvataljke sa uređajem za rano startovanje određuje se prema predhodnoj slici, odakle se vidi da je maksimalno rastojanje štićene tačke određenog nivoa (R_p):

$$r'_{\max} = \sqrt{h(2R - h) + \Delta R(2R + \Delta R)} \text{ [m]} \text{ za } h \geq 5 \text{ m}$$

Vertikalna rastojanja od vrha štapne hvataljke do nivoa štićenih tačaka je $h > 5 \text{ m}$, pa se zaštitna zona određuje po predhodnoj formuli shodno SRPS N.B4.810 što je dato u sledećoj tabeli:

Hh(m) visina (kota) vrha štapne hvataljke do nivoa tla	Štićena tačka	hi (m) visina(kota) posmatrane tačke (objekta) koji je predmet zaštite	R(m) Prema određenom nivou zaštite	R(m) dobitak u udarnom rastojanju	h(m) vertikalno rastojanje od vrha štapne hvataljke do nivoa bilo koje druge štićene tačke (h=Hh-hi)	r' max (m) Maksimalno rastojanje štićene tačke određenog nivoa (na hi)	r'(m) Najveće horizontalno rastojanje štićenog uređaja od ose štapne hvataljke sa uređajem za rano startovanje	Zaključak : Bilo koja tačka određenog nivoa štićenog prostora mora biti na rastojanju od štapne hvataljke sa uređajem za rano startovanje, koje je manje od maksimalnog rastojanja štićene tačke određenog nivoa (r' max), odnosno mora biti na zaštitnom rastojanju r' < r' max
8	Fotonaponski paneli	2.369	20	30	5.631	47.89	45.92	ZADOVOLJAVA
8	Fotonaponski paneli	2.369	20	30	5.631	47.89	37.35	ZADOVOLJAVA
8	GRO MSE	2	20	30	6	48	29.64	ZADOVOLJAVA

*Tabela 6. Zona
gromobranske zaštite*

Za vertikalna rastojanja od vrha štapne hvataljke do nivoa štićenih tačaka, koja su manja od 5m, za izračunavanje zaštitne zone ne koristi se predhodna formula, već se određuje po preporuci, odnosno tehničkom uputstvu proizvođača hvataljke što je prikazano u sledećoj tabeli:

Rp(m)	SE 6 $\Delta L = 15$ m			SE 9 $\Delta L = 30$ m			SE 12 $\Delta L = 45$ m			SE 15 $\Delta L = 60$ m		
h (m) \ N p	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
2	13	18	20	19	25	28	25	32	36	31	39	43
4	25	36	41	38	51	57	51	65	72	63	78	85
6	32	46	52	48	64	72	63	81	90	79	97	107
8	33	47	54	49	65	73	64	82	91	79	98	108
10	34	49	56	49	66	75	64	83	92	79	99	109
20	35	55	63	50	71	81	65	86	97	80	102	113
30	35	58	69	50	73	85	65	89	101	80	104	116
60	35	60	75	50	75	90	65	90	105	80	105	120

Change negligible

Range of SAINT-ELMO

Type	Standard	Corrosive atmosphere	Church	Church	Historical monument	Aladin
Model	2 m chromium plated copper	2 m stainless steel	1,5 m chromium plated copper	1,5 m polished copper	2 m polished copper	2,4 m chromium plated copper
SE 6	AFB0006SE	AFB1006SE	AFB2006SE	AFB3006SE	AFB0016SE	AFB4006SE
SE 9	AFB0009SE	AFB1009SE	AFB2009SE	AFB3009SE	AFB0019SE	AFB4009SE
SE 12	AFB0012SE	AFB1012SE	-	-	AFB0112SE	AFB4012SE
SE 15	AFB0015SE	AFB1015SE	-	-	AFB0115SE	AFB4015SE

Tabela 7. Zone delovanja uređaja sa ranim startom

Napomena: za vrednosti h, koje nema u tabeli, maksimalno rastojanje je izračunato metodom interpolacije.

Na osnovu određenih poluprečnika štíćenog prostora za karakteristične tačke štíćenog prostora (objekta), zaključujemo da se ugradnjom hvataljki sa uređajem za rano startovanje sa vremenom prednjačenja $\Delta t \geq 30 \mu s$, ostvaruje zahtevani nivo zaštite od atmosferskog pražnjenja celokupnog objekta u svim pravcima.

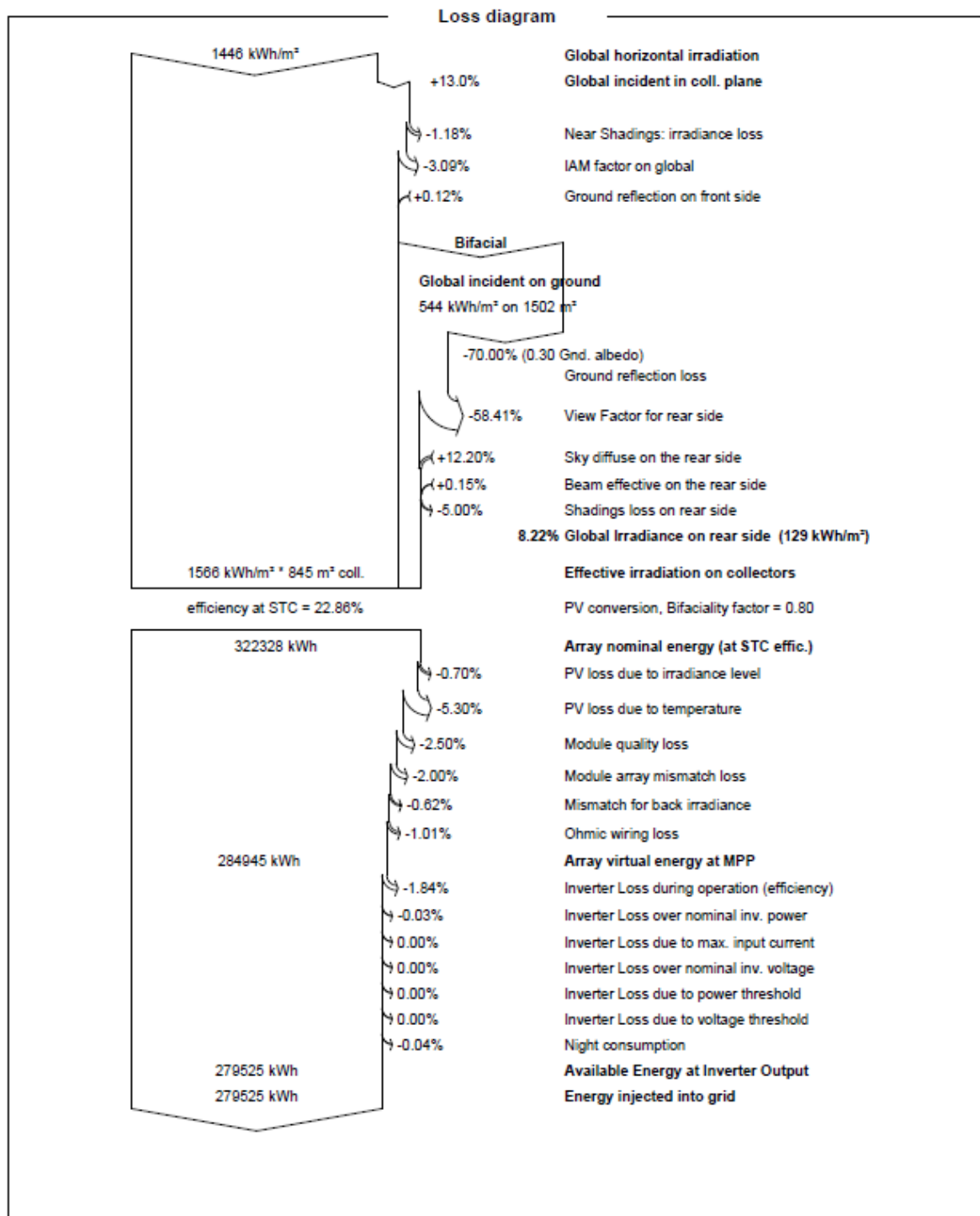
Spustni provodnici

Prihvatni sistem povezati na sistem spustnih provodnika, koji je predviđen sa dva spusta (vertikalno, najkraćim putem). Spustni provodnici biće izrađeni od pocinkovane trake 3x20mm koja će biti povezana na združeno uzemljenje elektrane. Za svaki spust je predviđena merna spojnica, koja je smeštena na mestu povezivanja sa izvodom, na jarbolu, na visini 1,7 m od tla. Takođe se postavlja brojač udara groma kao i opomenska tablica

4.6.2 Procena proizvodnje električne energije

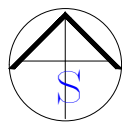
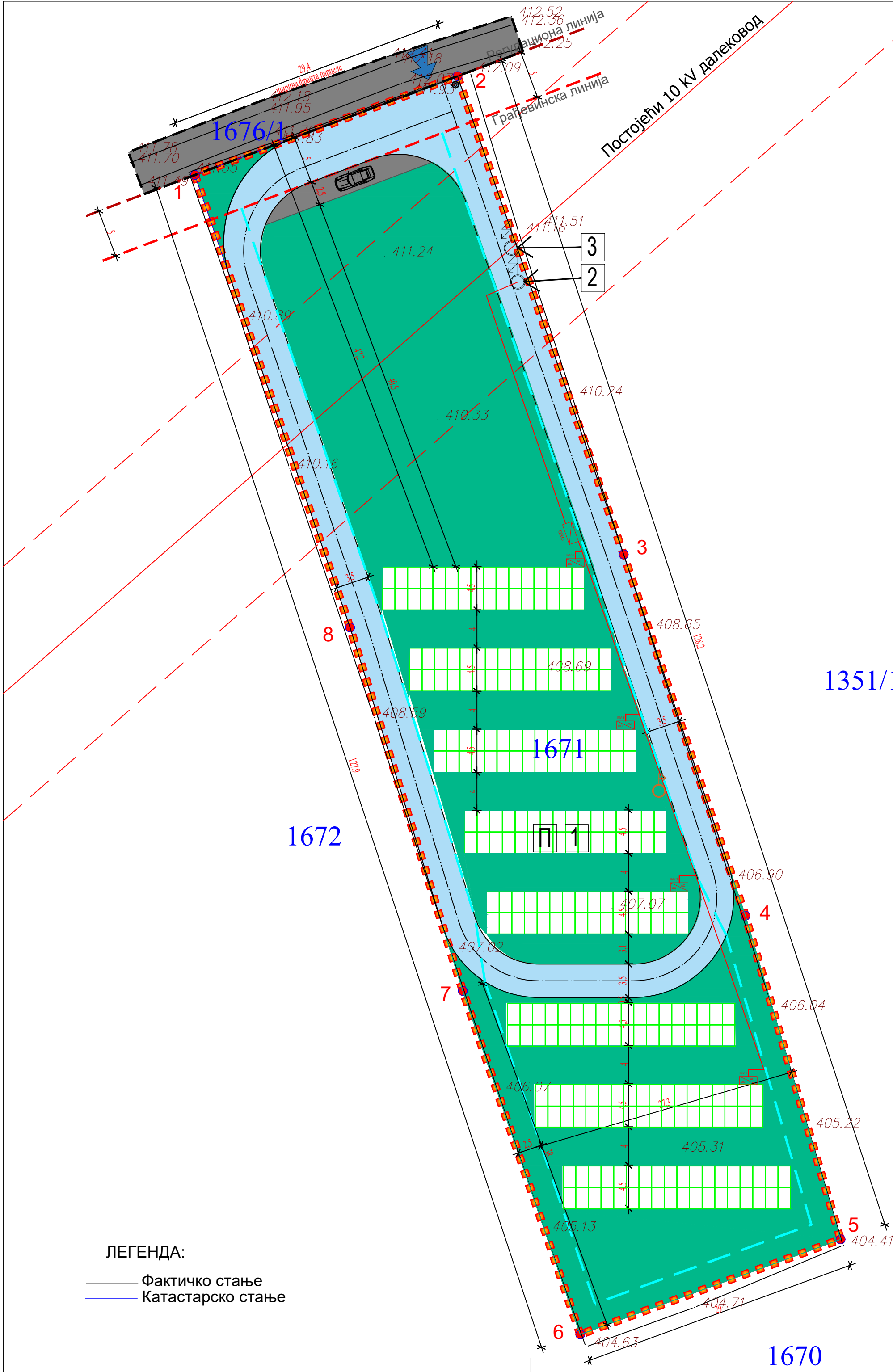
Procena proizvodnje električne energije MSE izvršena je uz pomoću softvera PVsyst. Dobijeni rezultati prikazani su na slici 3.

Predviđena proizvodnja električne energije na godišnjem nivou iznosi **279 525 kWh**.

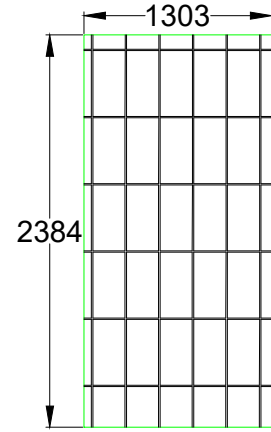


Slika 3. Procena proizvodnje solarne elektrane

4.7. GRAFIČKA DOKUMENTACIJA



MALA SOLARNA ELEKTRANA		FOTONAPONSKI PANELI n	INVERTORI n
SUNRISE		272	4
DC snaga	P _{dc} =272*710=193.12 kWp		
AC snaga	P _{ac} =4*40=160 kW		



SOLARNI PANEL sa fotonaponskim ćelijama

Dimenzije: 2384mm x 1303mm x 33mm

Ukupan br. PV panela: 272 kom.


Ulica Solar ,Ulica UL-710M-132DGN, 710 W

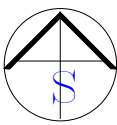
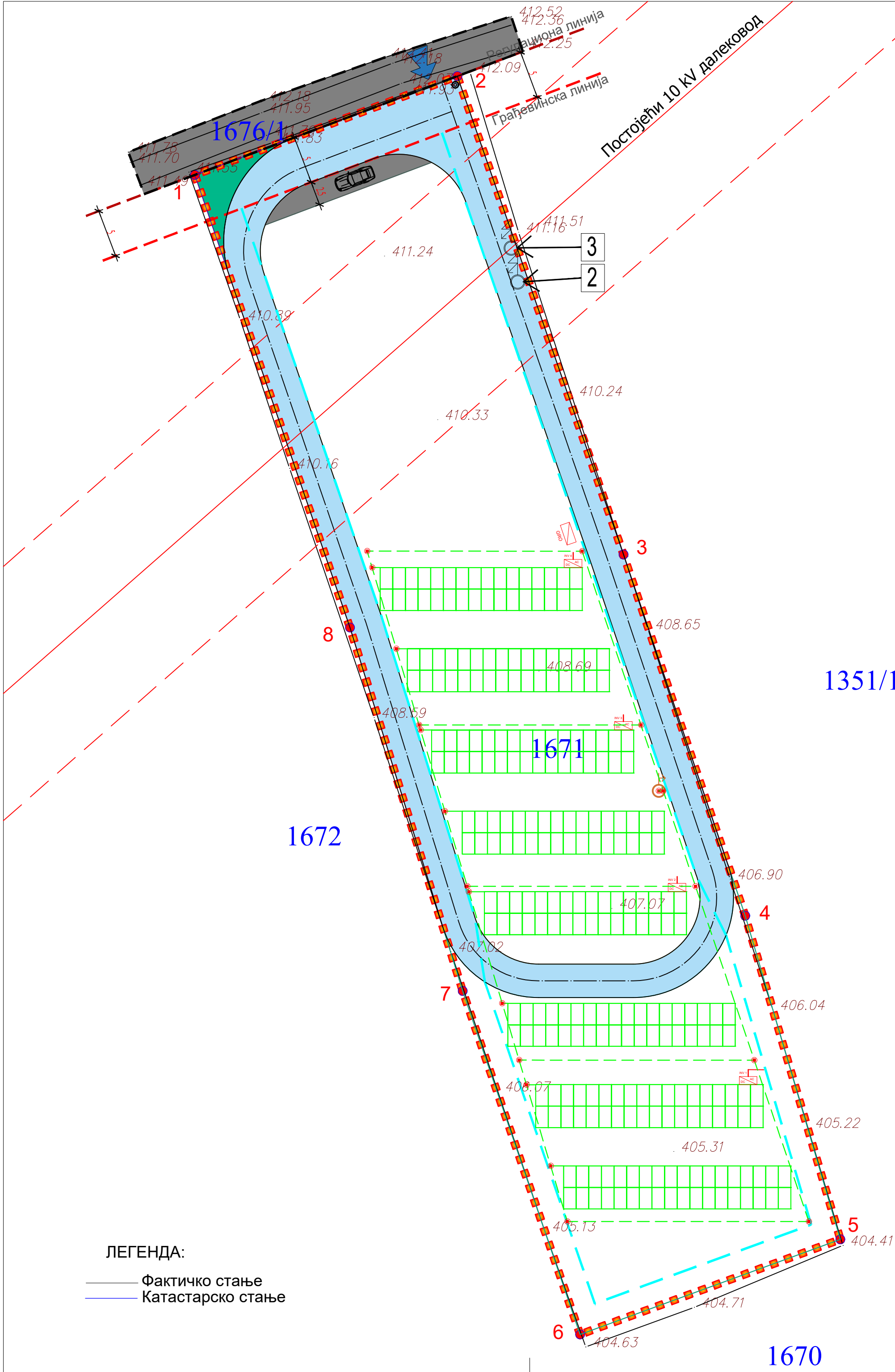
LEGENDA

- Katastarsko stanje
- 1671 Broj katastarske parcele
- Prelomne tačke
- 1 - 8 Oznake prelomnih tačaka
- Granica obuhvata
- Regulaciona linija
- Građevinska linija
- Linija građenja prema susednim parcelama
- Kolsko-pešački prilaz na/sa parcele - glavni ulaz/izlaz
- Nekategorisani put
- Plato
- Parking za putničko vozilo
- Zelenilo
- Interna saobraćajnica
- Spratnost objekta
- Posuda za otpad
- Fotonaponski paneli
- 1 Solarna elektrana na zemlji
- 2 Stubna transformatorska stanica (STS)
- 3 Stub sa mernim sklopom
- Postojeći 10 kV dalekovod
- Zaštitni pojas 10 kV dalekovoda
- AC DC Invertor
- Jarbol sa gromobranskom hvataljkom

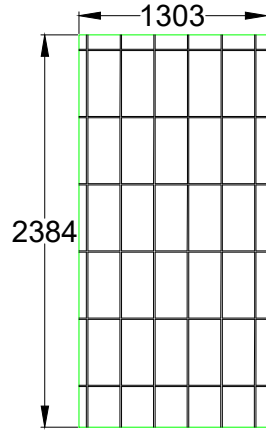
ЛЕГЕНДА:

- Фактичко стање
- Катастарско стање

	Investitor: Staniša Aleksić PR "SUNRISE", Vranje		
	Objekat: MSE "SUNRISE",160 kW, K.P. br 1671, K.O. DONJI NERADOVAC		
UNITED GREEN ENERGY DOO, Generala Milojka Lešjanina 43/15, Niš	Ozn.tehn.dok: Datum: IDR Mart, 2025		
4 - PROJEKAT ELEKTROENERGETIKE			
ODGOVORNI PROJEKTANT: Aleksandar Janjić dipl.inž.el. BROJ LICENCE: 350 858 104	Naziv crteža: Dispozicija MSE		
	Razmera:	Crtež br.:	E.1
	N/A	List br.	1



MALA SOLARNA ELEKTRANA		FOTONAPONSKI PANELI n	INVERTORI n
SUNRISE		272	4
DC snaga	P _{dc} =272*710=193.12 kWp		
AC snaga	P _{ac} =4*40=160 kW		



SOLARNI PANEL sa fotonaponskim ćelijama

Dimenzije: 2384mm x 1303mm x 33mm

Ukupan br. PV panela: 272 kom.

Ulica Solar ,Ulica UL-710M-132DGN, 710 W

LEGENDA

Pocinkovana traka 4x25 mm²

Ukrsni komad traka-traka, SRPS N.B4.936

Fotonaponski paneli




Invertor

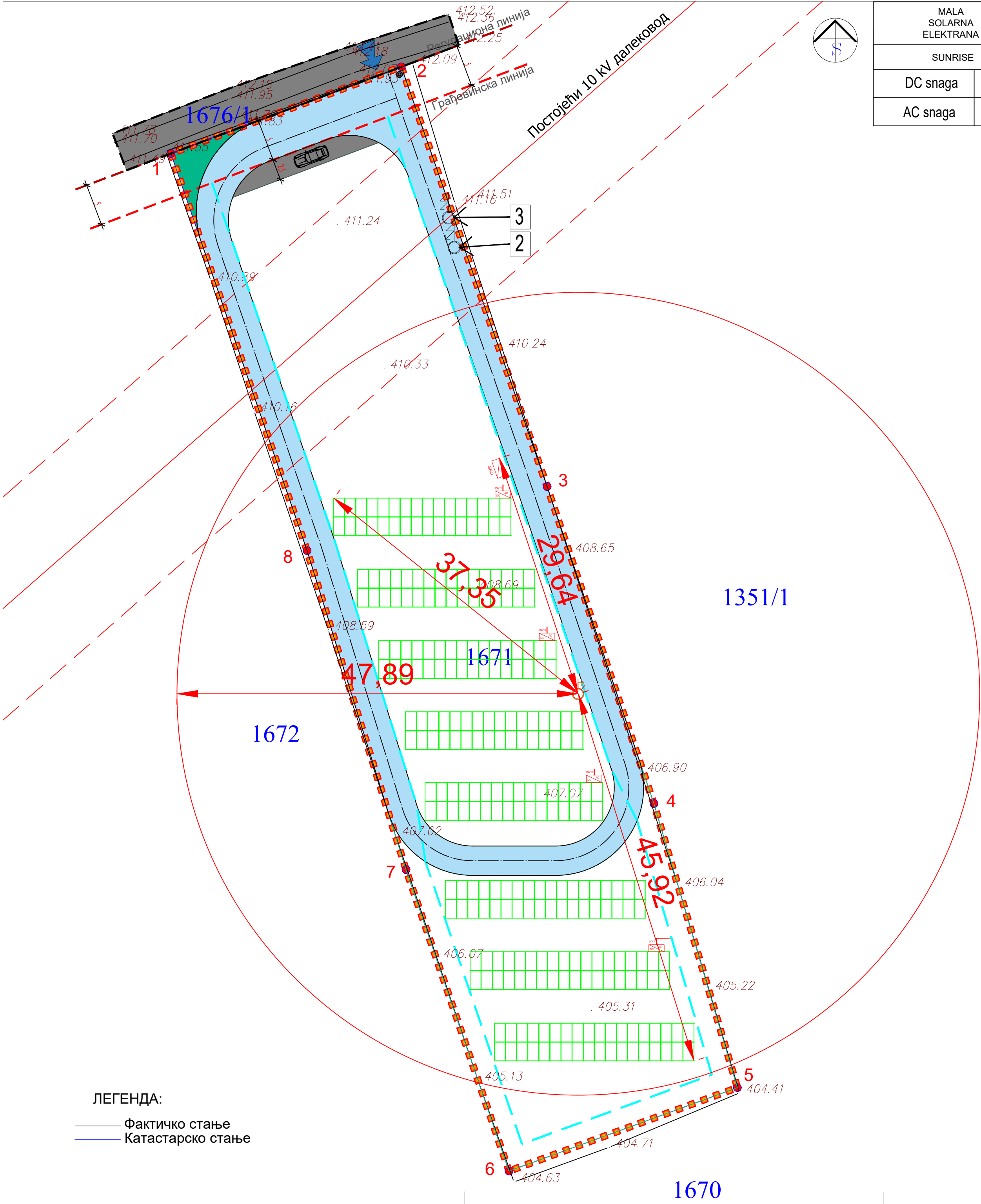


Jarbol sa gromobranskom hvataljkom

ЛЕГЕНДА:

Фактичко стање
Катастарско стање

	Investitor: Staniša Aleksić PR "SUNRISE", Vranje		
	Objekat: MSE "SUNRISE",160 kW, K.P. br 1671, K.O. DONJI NERADOVAC		
UNITED GREEN ENERGY DOO, Generala Milojka Lešjanina 43/15, Niš			
4 - PROJEKAT ELEKTROENERGETIKE	Ozn.tehn.dok: IDR	Datum: Mart, 2025	
ODGOVORNI PROJEKTANT: Aleksandar Janjić dipl.inž.el. BROJ LICENCE: 350 858 104	Naziv crteža: Uzemljenje MSE		
	Razmera: N/A	Crtež br.: List br.	E.2 1



MALA SOLARNA ELEKTRANA		FOTONAPONSKI PANELI n	INVERTORI n
SUNRISE		272	4
DC snaga	P _{dc} =272*710=193.12 kWp		
AC snaga	P _{ac} =4*40=160 kW		

1303

2384

SOLARNI PANEL sa fotonaponskim ćelijama

Dimenzije: 2384mm x 1303mm x 33mm

Ukupan br. PV panela: 272 kom.

Ulica Solar ,Ulica UL-710M-132DGN, 710 W

LEGENDA

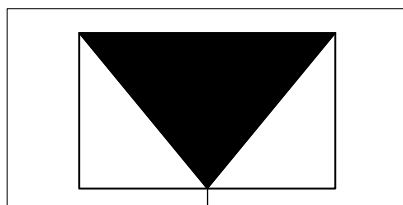
-
- Jarbol sa gromobranskom hvataljkom
-
- Štićena zona

ЛЕГЕНДА:

-
- Фактичко стање
-
- Катастарско стање

	Investitor: Staniša Aleksić PR "SUNRISE", Vranje		
	Objekat: MSE "SUNRISE",160 kW, K.P. br 1671, K.O. DONJI NERADOVAC		
UNITED GREEN ENERGY DOO, Generala Milojka Lešjanina 43/15, Niš	Ozn.tehn.dok: Datum: IDR Mart, 2025		
4 - PROJEKAT ELEKTROENERGETIKE			
ODGOVORNI PROJEKTANT: Aleksandar Janjić dipl.inž.el.	Naziv crteža: Gromobranska zaštita MSE		
BROJ LICENCE: 350 858 104	Razmera: N/A	Crtež br.:	E.3
		List br.	1

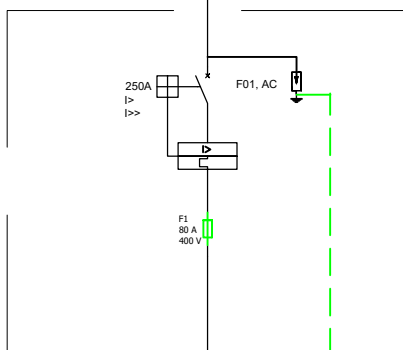
STS 10/0.4kV



GRANICA PROJEKTA

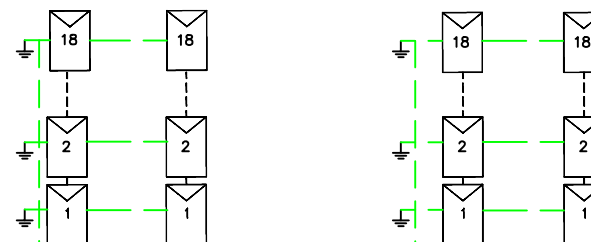
2x EAYY 4x70mm²

GRO-MSE



P/F 6 mm²

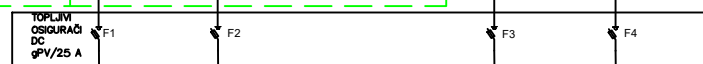
FOTONAPONSKI PANELI
ULICA SOLAR UL-710M-132DGN
710 W_p



Kabl XLPO 2x4mm²

DC RO 1

INV 1 40 kW



S1
2p,
DC
SWITCH

S1
2p,
DC
SWITCH

S1
2p,
DC
SWITCH

S1
2p,
DC
SWITCH

S2
2p,
DC
SWITCH

S2
2p,
DC
SWITCH

S2
2p,
DC
SWITCH

S2
2p,
DC
SWITCH

Prenaponska zaštita
TIP II
1500 Vdc; 10 kA

DC
AC

S2
63.8A
400 Vdc

Prenaponska zaštita
TIP II
400 Vdc; 12 kA

Kabl EAYY 4x35mm²

UGE

UNITED GREEN ENERGY DOO,
Generala Milojka Lešjanina 43/15, Niš

4 - PROJEKAT ELEKTROENERGETIKE

ODGOVORNI PROJEKTANT:
Aleksandar Janjić dipl.inž.el.
BROJ LICENCE:
350 858 104

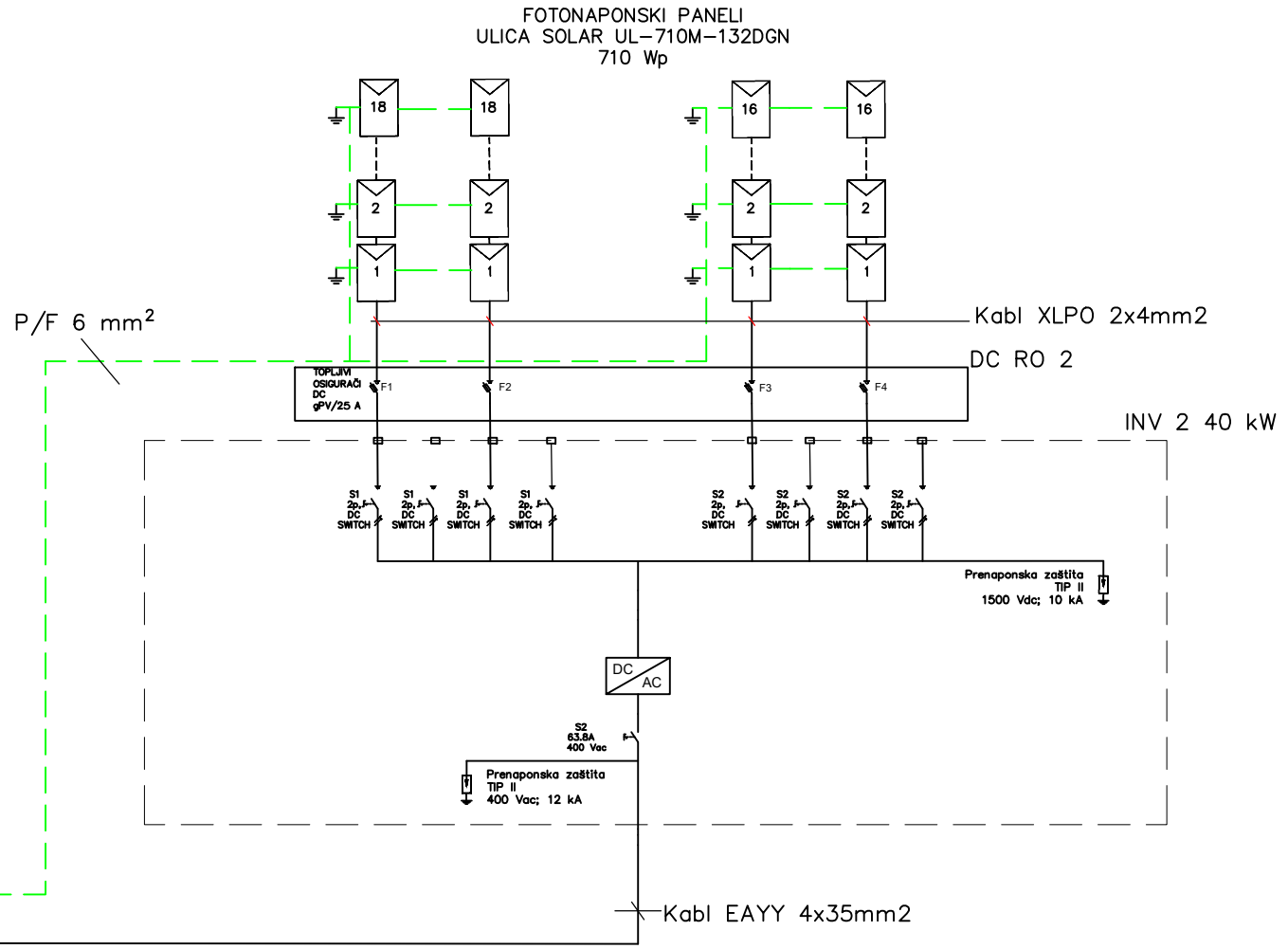
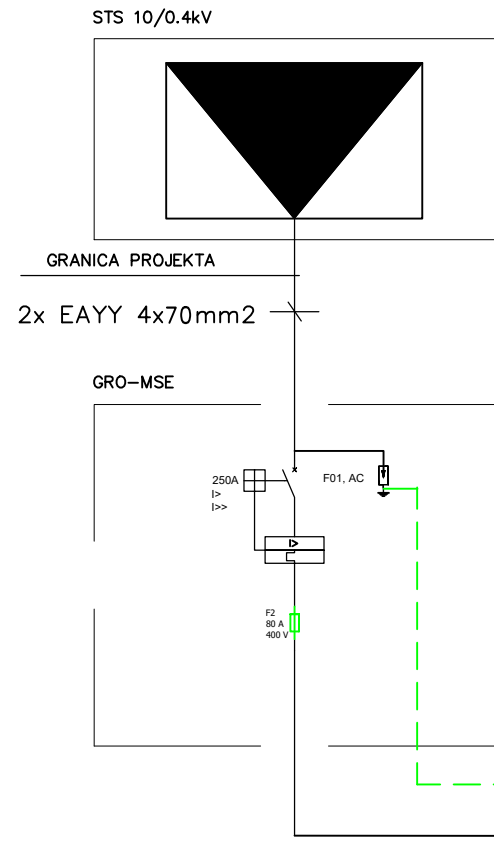
Investitor:
Staniša Aleksić PR "SUNRISE", Vranje

Objekat:
MSE "SUNRISE", 160 kW, K.P. br
1671, K.O. DONJI NERADOVAC

Ozn.tehn.dok: Datum:
IDR Mart, 2025

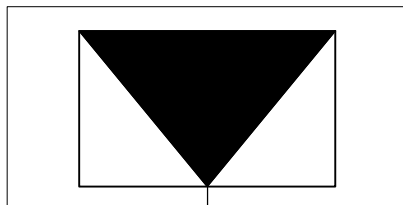
Naziv crteža:
Jednopolna šema PV panela i inv. 1

Razmera:	Crtež br.:	E.4
N/A	List br.	1



UGE	Investitor: Staniša Aleksić PR "SUNRISE", Vranje		
	Objekat: MSE "SUNRISE",160 kW, K.P. br 1671, K.O. DONJI NERADOVAC		
UNITED GREEN ENERGY DOO, Generala Milojka Lešjanina 43/15, Niš	Ozn.tehn.dok: IDR	Datum: Mart, 2025	
4 - PROJEKAT ELEKTROENERGETIKE	Naziv crteža: Jednopolna šema PV panela i inv. 2		
ODGOVORNI PROJEKTANT: Aleksandar Janjić dipl.inž.el.	Razmera: N/A	Crtež br.:	E.4
BROJ LICENCE: 350 858 104		List br.	2

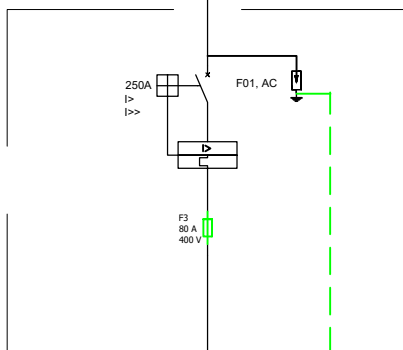
STS 10/0.4kV



GRANICA PROJEKTA

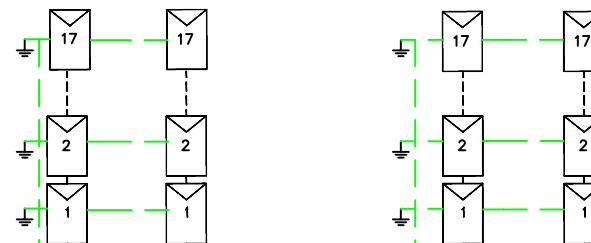
2x EAYY 4x70mm²

GRO-MSE



P/F 6 mm²

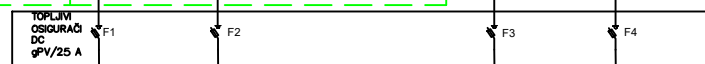
FOTONAPONSKI PANELI
ULICA SOLAR UL-710M-132DGN
710 W_p



Kabl XLPO 2x4mm²

DC RO 3

INV 3 40 kW



S1
2p,
DC
SWITCH

S1
2p,
DC
SWITCH

S1
2p,
DC
SWITCH

S1
2p,
DC
SWITCH

S2
2p,
DC
SWITCH

S2
2p,
DC
SWITCH

S2
2p,
DC
SWITCH

S2
2p,
DC
SWITCH

Prenaponska zaštita
TIP II
1500 Vdc; 10 kA

DC
AC

S2
63.8A
400 Vdc

Prenaponska zaštita
TIP II
400 Vdc; 12 kA

Kabl EAYY 4x35mm²

UGE

UNITED GREEN ENERGY DOO,
Generala Milojka Lešjanina 43/15, Niš

4 - PROJEKAT ELEKTROENERGETIKE

ODGOVORNI PROJEKTANT:
Aleksandar Janjić dipl.inž.el.
BROJ LICENCE:
350 858 104

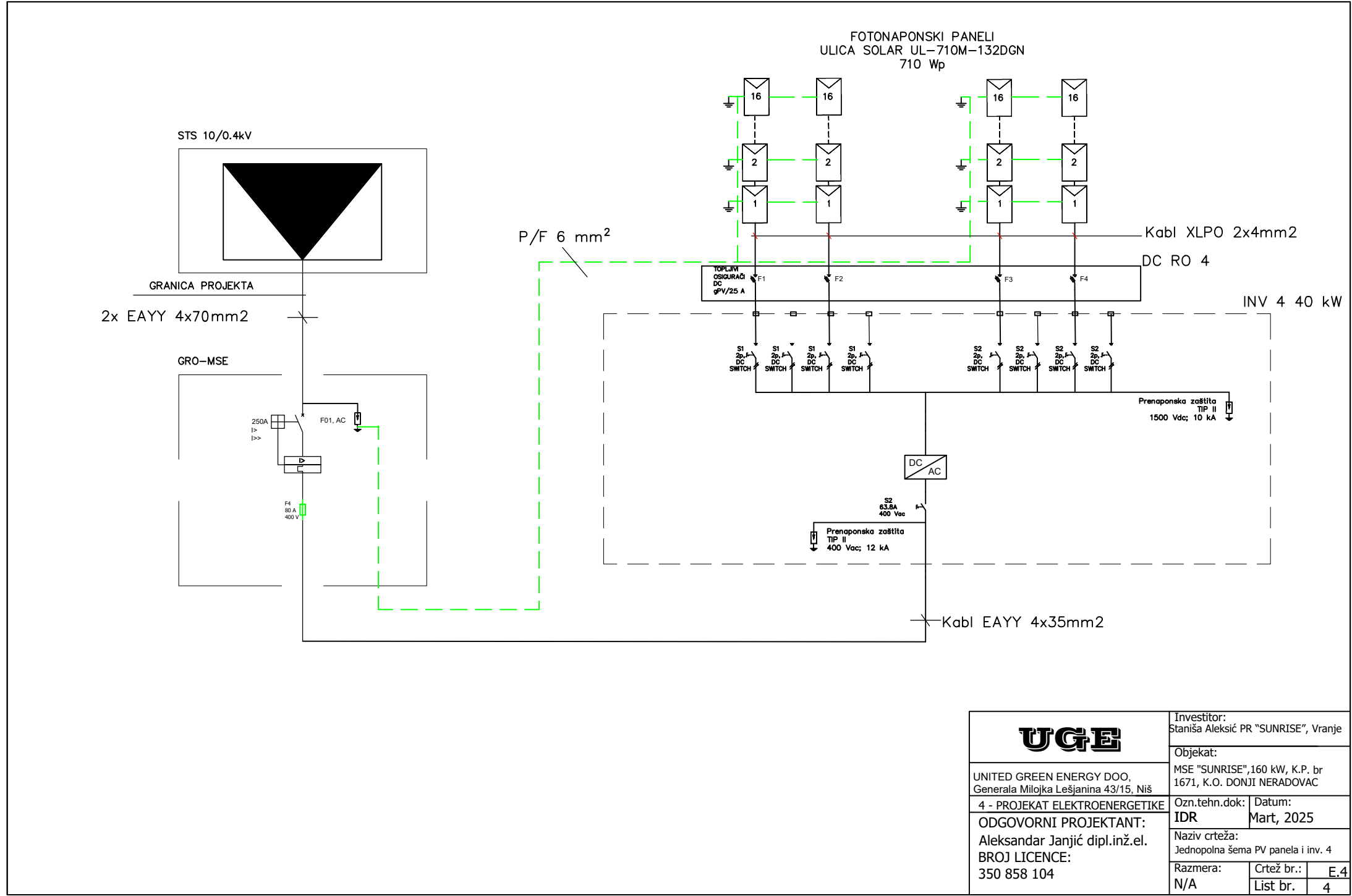
Investitor:
Staniša Aleksić PR "SUNRISE", Vranje

Objekat:
MSE "SUNRISE", 160 kW, K.P. br
1671, K.O. DONJI NERADOVAC

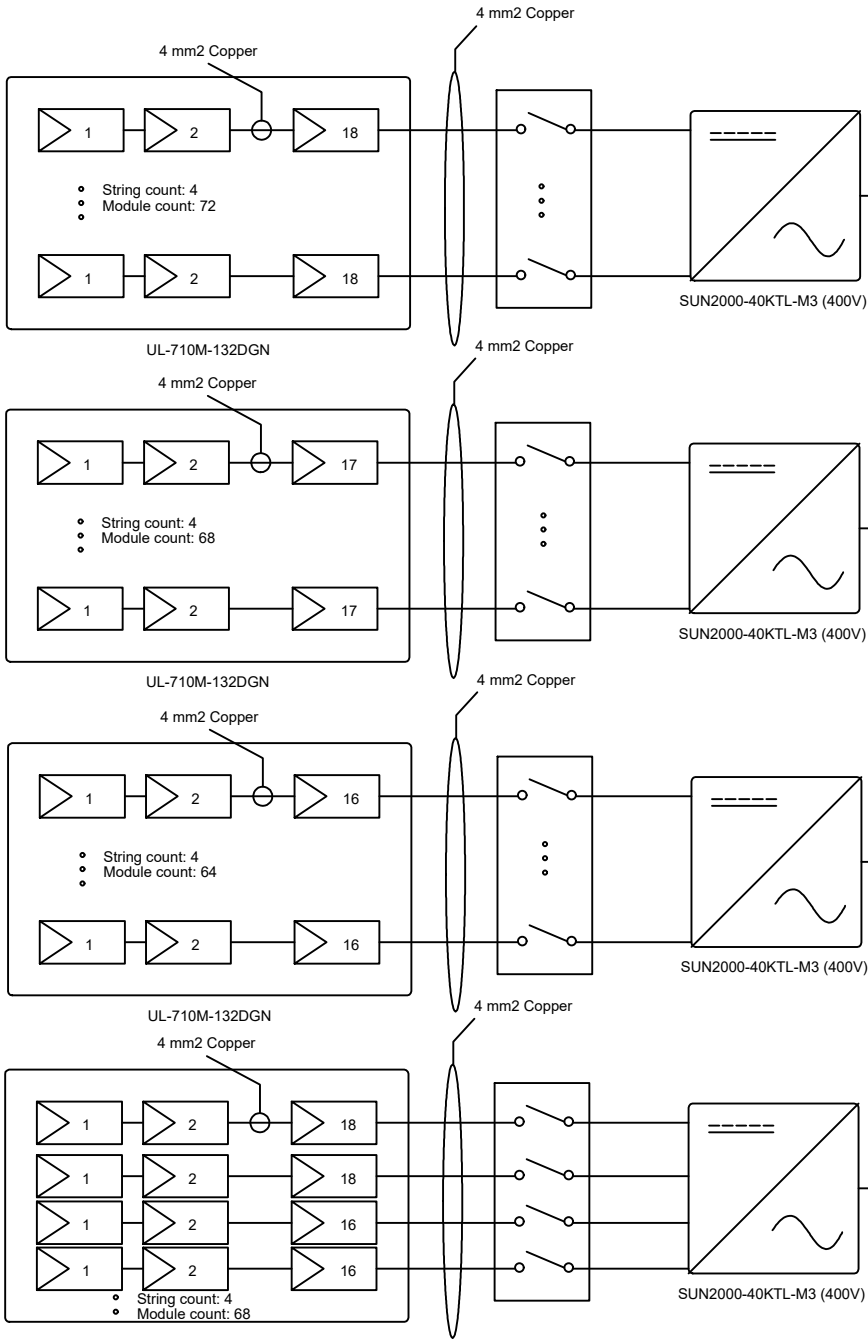
Ozn.tehn.dok: Datum:
IDR Mart, 2025

Naziv crteža:
Jednopolna šema PV panela i inv. 3

Razmera: Crtež br.: E.4
N/A List br. 3




UGE	Investitor: Staniša Aleksić PR "SUNRISE", Vranje			
	Objekat: MSE "SUNRISE",160 kW, K.P. br 1671, K.O. DONJI NERADOVAC			
UNITED GREEN ENERGY DOO, Generala Milojka Lešjanina 43/15, Niš	Ozn.tehn.dok: Datum: IDR Mart, 2025			
4 - PROJEKAT ELEKTROENERGETIKE	Naziv crteža: Jednopolna šema PV panela i inv. 4			
ODGOVORNI PROJEKTANT: Aleksandar Janjić dipl.inž.el.	Razmera:		Crtež br.:	E.4
BROJ LICENCE: 350 858 104	N/A		List br.	4



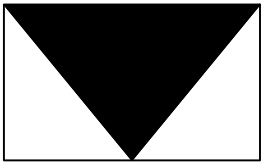
GRO MSE

Inverter Specifications	
4x Huawei SUN2000-40KTL-M3 (400V) (2022)	
Max AC Power Rating	40 kW
Max Input Voltage	1,100 V
Min AC Power Rating	0 W
Min Input Voltage	200 V
Module Specifications	
272x Ulica Solar UL-710M-132DGN	
STC Rating	710 W
Vmp	40,84 V
Imp	17.38 A

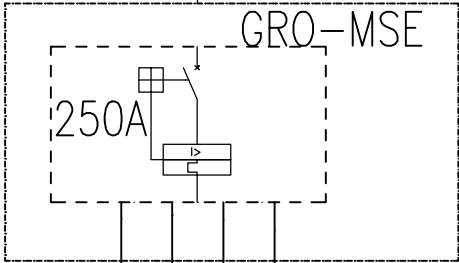
 UNITED GREEN ENERGY DOO, Generala Milojka Lešjanina 43/15, Niš 4 - PROJEKAT ELEKTROENERGETIKE	Investitor: Staniša Aleksić PR "SUNRISE", Vranje	
	Objekat: MSE "SUNRISE", 160 kW, K.P. br 1671, K.O. DONJI NERADOVAC	
	Ozn.tehn.dok: IDR	Datum: Mart, 2025
	Naziv crteža: Blok šema povezivanja	
Razmera: N/A		Crtež br.: E.5
		List br.: 1

Wire Schedule		
Tier	Wire	Length
String	16x 4 mm2	500m

STS 10/0.4 kV



2x(EAYY 4x70 mm²)

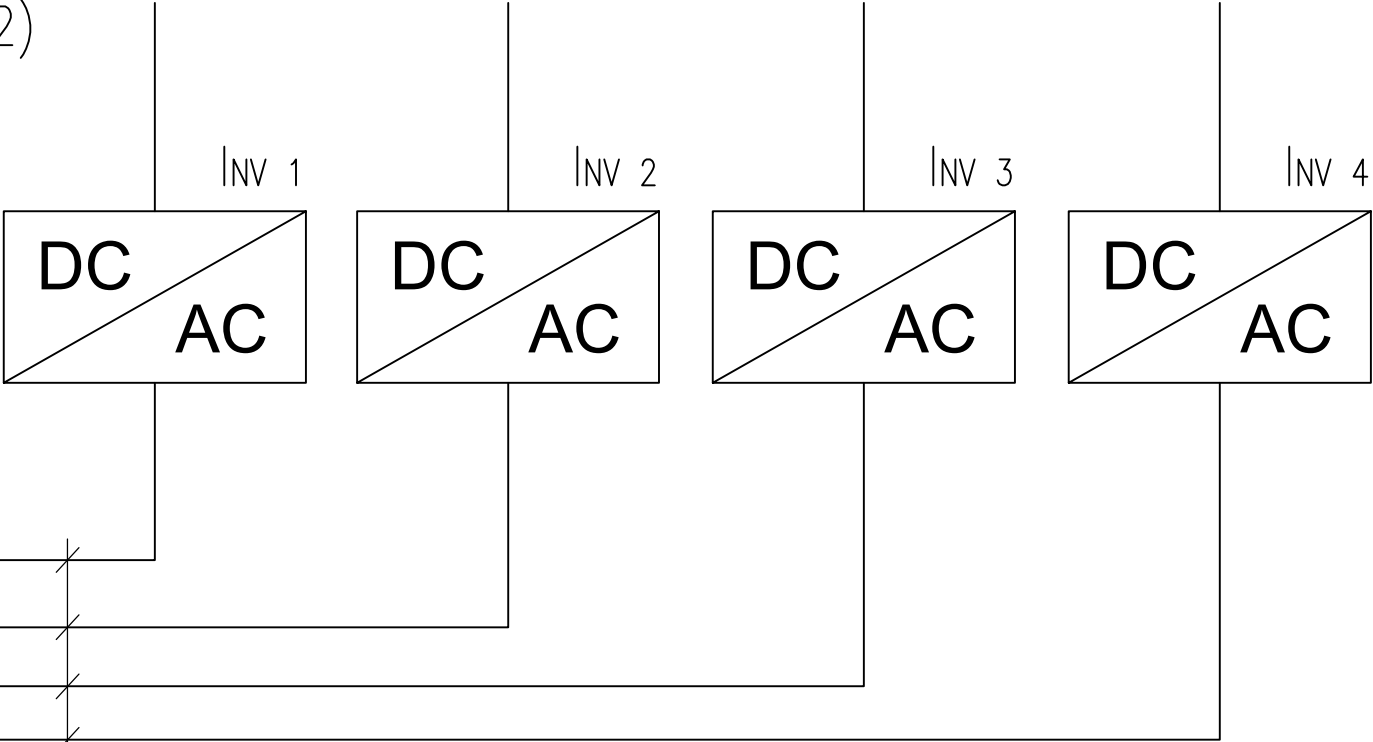


4 stringa sa 18 PV panela
ukupno 72 PV panela
povezanih na red.
ULICA SOLAR , 710 W

2 stringa sa 18 PV panela i
2 stringa sa 16 PV panela
ukupno 68 PV panela
povezanih na red.
ULICA SOLAR , 710 W

4 stringa sa 17 PV panela
ukupno 68 PV panela
povezanih na red.
ULICA SOLAR , 710 W

4 stringa sa 16 PV panela
ukupno 64 PV panela
povezanih na red.
ULICA SOLAR , 710 W



4x (EAYY 4x35 mm²)

UGE

UNITED GREEN ENERGY DOO,
Generala Milojka Lešjanina 43/15, Niš

4 - PROJEKAT ELEKTROENERGETIKE

ODGOVORNI PROJEKTANT:
Aleksandar Janjić dipl.inž.el.
BROJ LICENCE:
350 858 104

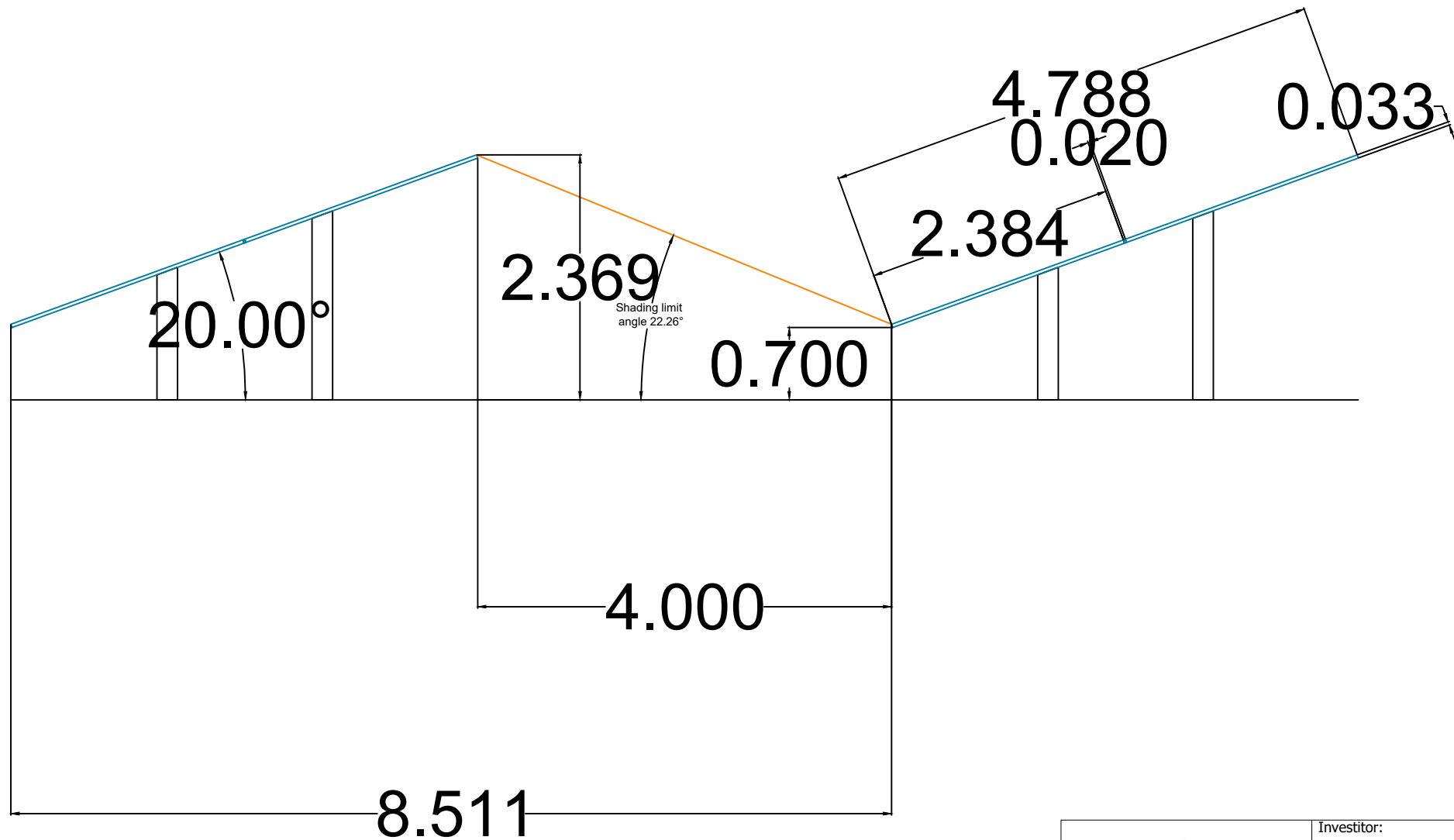
Investitor:
Staniša Aleksić PR "SUNRISE", Vranje

Objekat:
MSE "SUNRISE", 160 kW, K.P. br
1671, K.O. DONJI NERADOVAC

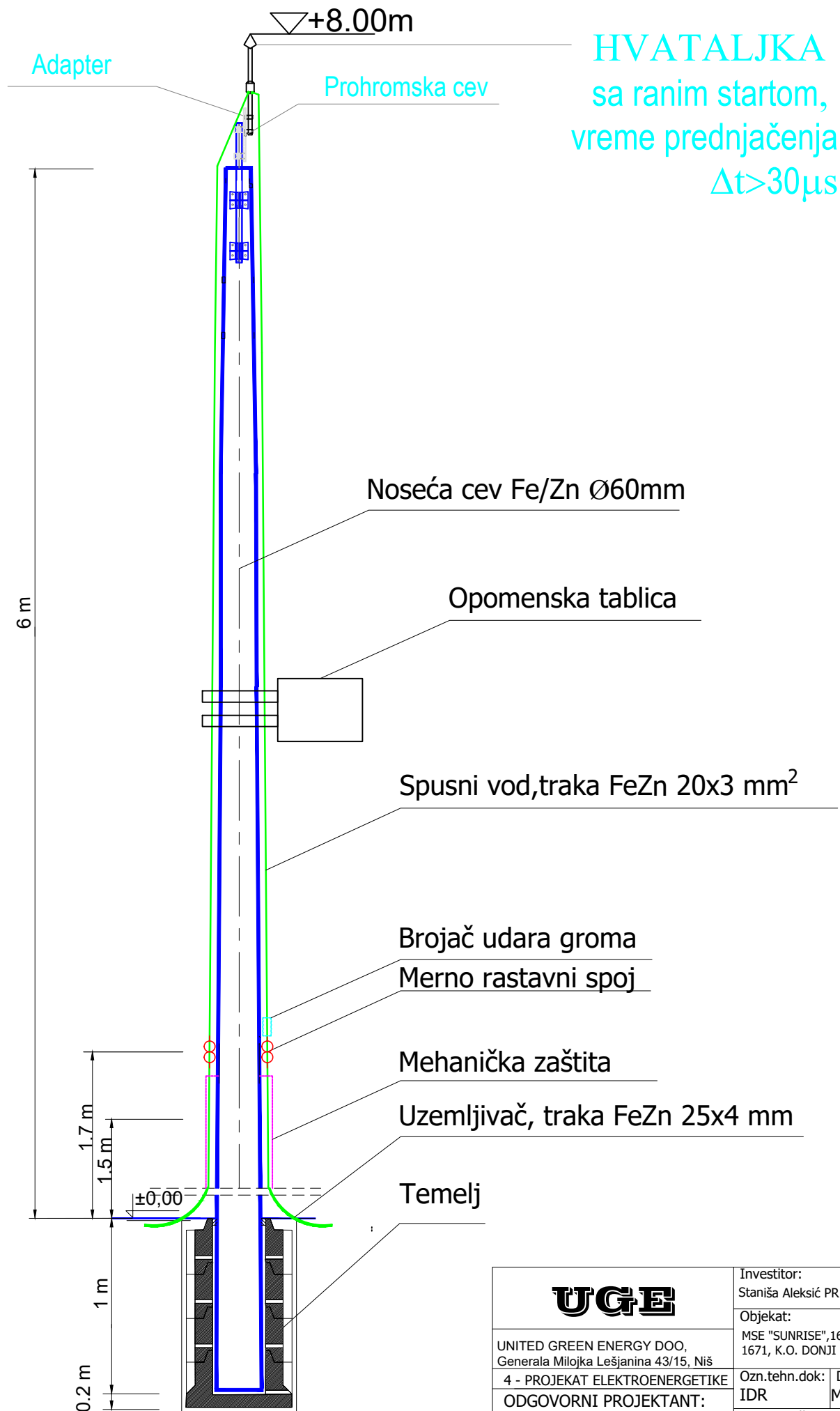
Ozn.tehn.dok: IDR Datum:
Mart, 2025

Naziv crteža:
Blok dijagram

Razmera: N/A Crtež br.: E.6
List br.: 1



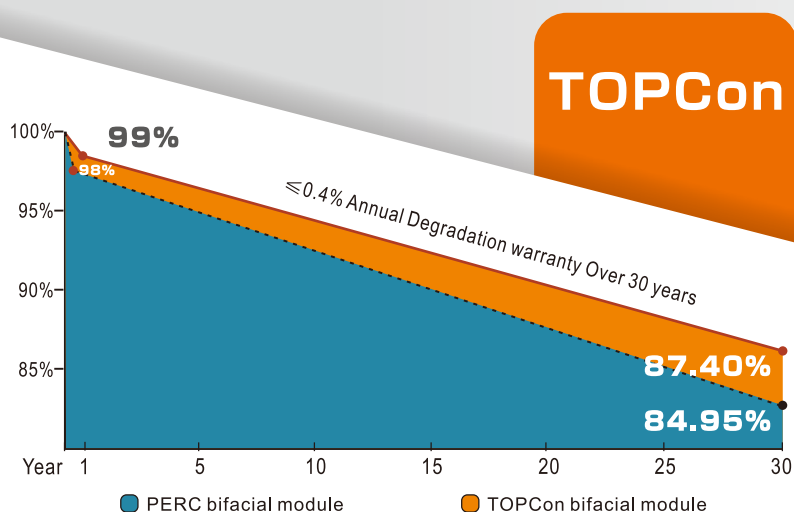
UGE UNITED GREEN ENERGY DOO, Generala Milojka Lešjanina 43/15, Niš 4 - PROJEKAT ELEKTROENERGETIKE ODGOVORNI PROJEKTANT: Aleksandar Janjić dipl.inž.el. BROJ LICENCE: 350 858 104	Investitor: Staniša Aleksić PR "SUNRISE", Vranje	
	Objekat: MSE "SUNRISE", 160 kW, K.P. br 1671, K.O. DONJI NERADOVAC	
	Ozn.tehn.dok: IDR	Datum: Mart, 2025
	Naziv crteža: Projekcija PV panela	
Razmera: N/A	Crtež br.: List br.	E.7 1



<div>UGE</div> <div>UNITED GREEN ENERGY DOO, Generala Milojka Lešjanina 43/15, Niš</div> <div>4 - PROJEKAT ELEKTROENERGETIKE</div> <div>ODGOVORNI PROJEKTANT: Aleksandar Janjić dipl.inž.el.</div> <div>BROJ LICENCE: 350 858 104</div>	Investitor: Staniša Aleksić PR "SUNRISE", Vranje		
	Objekat: MSE "SUNRISE",160 kW, K.P. br 1671, K.O. DONJI NERADOVAC		
	Ozn.tehn.dok: IDR	Datum: Mart, 2025	
	Naziv crteža: Jarbol sa gromobranskom hvataljkom		
Razmera: N/A		Crtež br.: List br.	E.8 1

4.8. PRILOG

DOUBLE-GLASS BIFACIAL N-TYPE 700~715 Watt



Cutting Free Technology
Minimized micro-crack



Bifacial Mono Module
Capable of generating power at back side, at least 80% efficiency of the front side



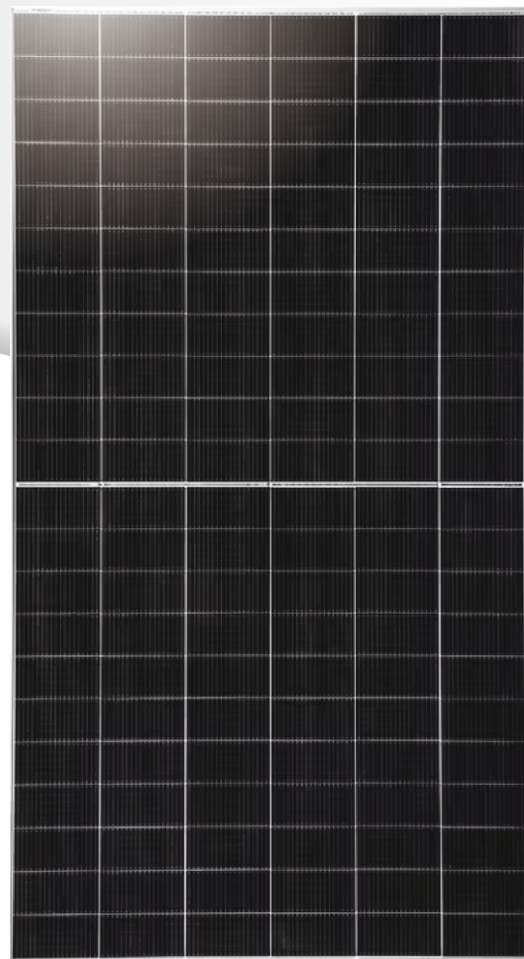
Anti-PID (potential induced degradation)
Passed anti-PID test under 85°C damp heat 85% relative humidity for 192 hours



Lower LCOE
Lower shading and resistive loss
Lower temperature coefficient



Outstanding mechanical load resistance
2400 Pa wind load, 5400 Pa snow load



15-year product warranty
30-year linear power output



CEC Listed



IEC 61215, IEC 61730

ISO 9001: 2015 (Quality management systems)

ISO 14001: 2015 (Environmental management systems)

ISO 45001: 2018 (Occupational health and safety)

UNI 9177 Ia CLASSE DI REAZIONE AL FUOCO: 1



TOPCon(N TYPE)700~715Watt



ELECTRICAL SPECIFICATIONS

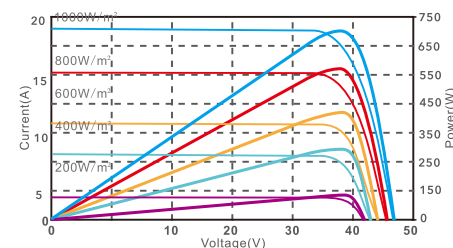
Module Type	UL-700M-132DGN			UL-705M-132DGN		UL-710M-132DGN		UL-715M-132DGN	
		STC*	NOCT*	STC*	NOCT*	STC*	NOCT*	STC*	NOCT*
Maximum Power (Pmax)	W	700	530	705	534	710	538	715	542
Maximum Power Voltage (Vmp)	V	40.54	37.29	40.69	37.43	40.84	37.57	40.99	37.71
Maximum Power Current (Imp)	A	17.27	14.22	17.33	14.27	17.38	14.32	17.44	14.37
Open-circuit Voltage (Voc)	V	48.62	44.24	48.72	44.34	48.82	44.43	48.93	44.53
Short-circuit Current (Isc)	A	18.32	14.78	18.36	14.81	18.40	14.84	18.42	14.86
Module Efficiency STC	%	22.53		22.70		22.86		23.02	
Operating Temperature					-40℃~85℃				
Maximum system voltage					DC1500V(IEC)				
Maximum series fuse rating					35A				
Power tolerance					0~+5Watt				
Temperature coefficients of Pmax					-0.29%/℃				
Temperature coefficients of Voc					-0.25%/℃				
Temperature coefficients of Isc					0.046%/℃				
Nominal operating cell temperature (NOCT)					43±2℃				

*STC : Cell temperature: 25°C, Irradiance: 1000 W/m², Air mass: 1.5G

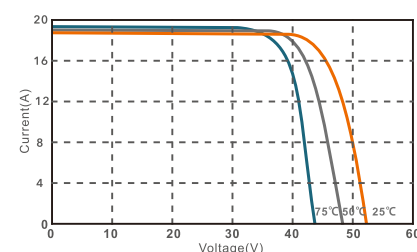
*NOCT : Air temperature: 20°C, Irradiance: 800 W/m², Air mass: 1.5G, Wind speed: 1 m/s

I-V CURVE[700W]

I-V characteristics at different irradiances



I-V characteristics at different temperature

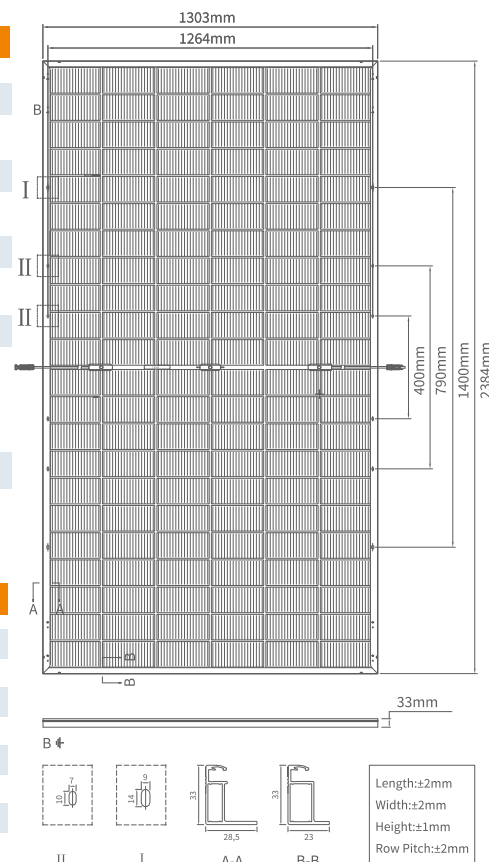


SPECIFICATIONS

Cell Type	N type Mono-crystalline	
No. of cells	132(6×11×2)	
Dimensions	2384*1303*33mm	
Weight	37.4kg	
Glass	2.0mm+2.0mm, Anti-Reflection Coating, High Transmission, Low Iron, Tempered Glass	
Junction Box	IP68, 3 diodes	
Connector	MC4 Compatible	
Cable Length (Including Connector)	4mm Portrait: (+)400/(-)200mm Landscape: (+)1400/(-)1400mm	
Packaging Configuration	33pcs/Pallet, 594pcs/40HQ Container	

Electrical characteristics with different rear side power gain(reference to 700 W front)

Pmax/W	Voc/V	Isc/A	Vmp/V	Imp/A	Pmax gain
700	48.62	18.32	40.54	17.27	0
735	48.62	19.24	40.54	18.13	5%
770	48.62	20.15	40.54	19.00	10%
805	48.62	21.07	40.54	19.86	15%
840	48.62	21.98	40.54	20.72	20%
875	48.62	22.90	40.54	21.59	25%
910	48.62	23.82	40.54	22.45	30%



Specifications included in this datasheet are subject to change without notice.

Ulica Solar reserves the right of final interpretation.



SUN2000-30/36/40KTL-M3 Smart PV Controller



Smart

8 strings intelligent monitoring



Efficient

Max. efficiency 98.7%



Safe

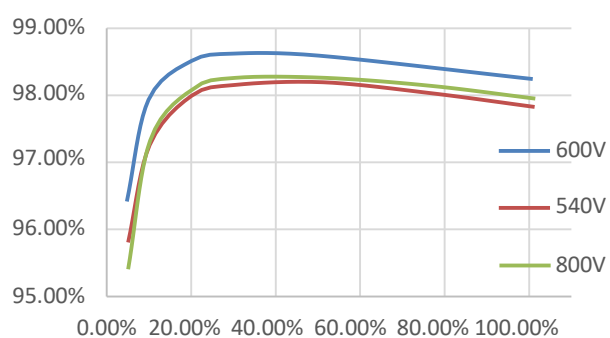
Fuse free design



Reliable

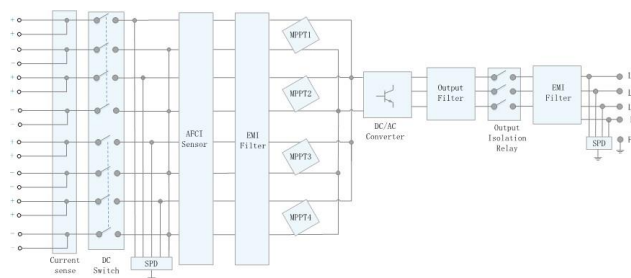
Type II surge arresters for DC & AC

Efficiency Curve



SUN2000-30/36/40KTL-M3

Circuit Diagram



SUN2000-30/36/40KTL-M3

Technical Specification

Technical Specification	SUN2000-30KTL-M3	SUN2000-36KTL-M3	SUN2000-40KTL-M3
-------------------------	------------------	------------------	------------------

Efficiency

Max. Efficiency	98.7%
European Efficiency	98.4%

Input

Max. Input Voltage ¹	1,100 V
Max. Current per MPPT	27 A (per MPPT) / 20 A (per Input)
Max. Short Circuit Current per MPPT	40 A
Start Voltage	200 V
MPPT Operating Voltage Range ²	200 V ~ 1000 V
Rated Input Voltage	600 V
Number of Inputs	8
Number of MPP Trackers	4

Output

Rated AC Active Power	30,000 W	36,000 W	40,000 W
Max. AC Apparent Power	33,000 VA ³	40,000 VA	44,000 VA
Rated Output Voltage	230 Vac / 400 Vac / 480 Vac, 3W/N+PE		
Rated AC Grid Frequency	50 Hz / 60 Hz		
Rated Output Current	43.3 A	52.0 A	57.8 A
Max. Output Current	47.9 A	58.0 A	63.8 A
Adjustable Power Factor Range	0.8 LG ... 0.8 LD		
Max. Total Harmonic Distortion	< 3%		

Protection

Input-side Disconnection Device	Yes
Anti-islanding Protection	Yes
AC Overcurrent Protection	Yes
DC Reverse-polarity Protection	Yes
PV-array String Fault Monitoring	Yes
DC Surge Arrester	Yes
AC Surge Arrester	Yes
DC Insulation Resistance Detection	Yes
Residual Current Monitoring Unit	Yes
Arc Fault Protection	Yes
Ripple Receiver Control	Yes
Integrated PID Recovery ³	Yes

Communication

Display	LED Indicators, Integrated WLAN + FusionSolar APP
RS485	Yes
Smart Dongle	WLAN/Ethernet via Smart Dongle-WLAN-FE (Optional) 4G / 3G / 2G via Smart Dongle-4G (Optional)

General Data

Dimensions (W x H x D)	640 x 530 x 270 mm (25.2 x 20.9 x 10.6 inch)
Weight (with mounting plate)	43 kg (94.8 lb)
Operating Temperature Range	-25 ~ + 60 °C (-13 °F ~ 140 °F)
Cooling Method	Natural Convection
Max. Operating Altitude	4,000 m (13,123 ft.) (Derating above 2000 m)
Relative Humidity	0% RH ~ 100% RH
DC Connector	Amphenol Helios H4
AC Connector	Waterproof Connector + OT/DT Terminal
Protection Degree	IP 66
Topology	Transformerless
Nighttime Power Consumption	≤ 5.5W

Optimizer Compatibility

DC MBUS Compatible Optimizer	SUN2000-450W-P2, SUN2000-600W-P, MERC-1100W/1300W-P
------------------------------	---

Standard Compliance (more available upon request)

Safety	EN 62109-1/-2, IEC 62109-1/-2, IEC 62116, IEC 60068, IEC 61683
Grid Connection Standards	IEC 61727, VDE-AR-N4105, VDE 0126-1-1, BDEW, G59/3, UTE C 15-712-1, CEI 0-16, CEI 0-21, RD 661, RD 1699, P.O. 12.3, RD 413, EN-50438-Turkey, EN-50438-Ireland, C10/11, MEA, Resolution No.7, NRS 097-2-1, AS/NZS 4777.2, DEWA

1. The maximum input voltage is the upper limit of the DC voltage. Any higher input DC voltage would probably damage inverter.

2. Any DC input voltage beyond the operating voltage range may result in inverter improper operating.

3. SUN2000-30~40KTL-M3 raises potential between PV- and ground to above zero through integrated PID recovery function to recover module degradation from PID. Supported module types include: P-type (mono, poly)



Operation of Huawei SUN2000 Inverters with high DC/AC Ratio

Huawei inverters are only using the level of DC power which the inverters are able to convert and to feed into the grid. As soon as there is more DC power available from the solar modules the inverter is limiting the DC power with raising the DC voltage. For this reason the DC current is lower which is relieving the DC part of the inverter. For the AC side there is also a positive effect because of less load cycling and more operating time with constant load.

The „max. usable DC power” does not indicate any limit for the max. permitted PV power connected to the inverter. It is just a specification of the highest possible DC power the inverter can use. As soon as the DC current and DC voltage requirements of the inverter MPP tracker are fulfilled, there is no risk of damages or reduced inverter lifetime.

This information letter is of the same value as other published Huawei documents. This includes also the validity of this letter concerning Huawei warranty.

Holger Grau
Solution Sales Director DACH, Scandinavia, Israel
German Solar Inverter Business Dept

PVsyst - Simulation report

Grid-Connected System

Project: SUNRISE

Variant: New simulation variant

Sheds on ground

System power: 193 kWp

Donji Neradovac - Serbia

**PVsyst V7.4.8**

VC0, Simulation date:
03/08/25 21:14
with V7.4.8

Project summary**Geographical Site**

Donji Neradovac
Serbia

Situation

Latitude 42.50 °N
Longitude 21.87 °E
Altitude 412 m
Time zone UTC+1

Project settings

Albedo 0.20

Weather data

Donji Neradovac
Meteonorm 8.1 (1991-2010), Sat=100% - Synthetic

System summary**Grid-Connected System****PV Field Orientation**

Fixed plane
Tilt/Azimuth 20 / 0 °

Sheds on ground**Near Shadings**

Linear shadings : Fast (table)

User's needs

Unlimited load (grid)

System information**PV Array**

Nb. of modules 272 units
Pnom total 193 kWp

Inverters

Nb. of units 4 units
Pnom total 160 kWac
Pnom ratio 1.207

Results summary

Produced Energy 279525 kWh/year Specific production 1447 kWh/kWp/year Perf. Ratio PR 88.63 %

Table of contents

Project and results summary	2
General parameters, PV Array Characteristics, System losses	3
Near shading definition - Iso-shadings diagram	5
Main results	6
Loss diagram	7
Predef. graphs	8
Single-line diagram	9

**PVsyst V7.4.8**

VC0, Simulation date:
03/08/25 21:14
with V7.4.8

General parameters**Grid-Connected System****PV Field Orientation****Orientation**

Fixed plane
Tilt/Azimuth 20 / 0 °

Horizon

Free Horizon

Bifacial system

Model 2D Calculation
unlimited sheds

Bifacial model geometry

Sheds spacing 8.51 m
Sheds width 4.79 m
Limit profile angle 22.2 °
GCR 56.3 %
Height above ground 1.50 m

Sheds on ground**Sheds configuration**

Nb. of sheds 8 units

Sizes

Sheds spacing 8.51 m
Collector width 4.79 m
Ground Cov. Ratio (GCR) 56.3 %

Shading limit angle

Limit profile angle 22.2 °

Near Shadings

Linear shadings : Fast (table)

Models used

Transposition Perez
Diffuse Perez, Meteonorm
Circumsolar separate

User's needs

Unlimited load (grid)

PV Array Characteristics**PV module**

Manufacturer Ulica Solar
Model U L-710M-132DGN

(Custom parameters definition)

Unit Nom. Power 710 Wp
Number of PV modules 272 units
Nominal (STC) 193 kWp

Array #1 - PV Array

Number of PV modules 144 units
Nominal (STC) 102 kWp
Modules 8 string x 18 In series

At operating cond. (50°C)

Pmpp 93.0 kWp
U mpp 661 V
I mpp 141 A

Array #2 - Sub-array #2

Number of PV modules 128 units
Nominal (STC) 90.9 kWp
Modules 8 string x 16 In series

At operating cond. (50°C)

Pmpp 82.7 kWp
U mpp 588 V
I mpp 141 A

Inverter

Manufacturer Huawei Technologies
Model SUN2000-40KTL-M3-400V

(Original PVsyst database)

Unit Nom. Power 40.0 kWac
Number of inverters 4 units
Total power 160 kWac

Number of inverters 2 units
Total power 80.0 kWac

Operating voltage 200-1000 V
Max. power (=>40°C) 44.0 kWac
Pnom ratio (DC:AC) 1.28
Power sharing within this inverter

Number of inverters 2 units
Total power 80.0 kWac

Operating voltage 200-1000 V
Max. power (=>40°C) 44.0 kWac
Pnom ratio (DC:AC) 1.14
Power sharing within this inverter

**PVsyst V7.4.8**

VC0, Simulation date:
03/08/25 21:14
with V7.4.8

PV Array Characteristics**Total PV power**

Nominal (STC)	193 kWp
Total	272 modules
Module area	845 m ²
Cell area	3589681955904 m ²

Total inverter power

Total power	160 kWac
Max. power	176 kWac
Number of inverters	4 units
Pnom ratio	1.21

Array losses**Thermal Loss factor**

Module temperature according to irradiance	
Uc (const)	20.0 W/m ² K
Uv (wind)	0.0 W/m ² K/m/s

Module Quality Loss

Loss Fraction	2.5 %
---------------	-------

Module mismatch losses

Loss Fraction	2.0 % at MPP
---------------	--------------

IAM loss factor

Incidence effect (IAM): Fresnel smooth glass, n = 1.526

0°	30°	50°	60°	70°	75°	80°	85°	90°
1.000	0.998	0.981	0.948	0.862	0.776	0.636	0.403	0.000

DC wiring losses

Global wiring resistance	10 mΩ
Loss Fraction	1.5 % at STC

Array #1 - PV Array

Global array res.	78 mΩ
Loss Fraction	1.5 % at STC

Array #2 - Sub-array #2

Global array res.	69 mΩ
Loss Fraction	1.5 % at STC

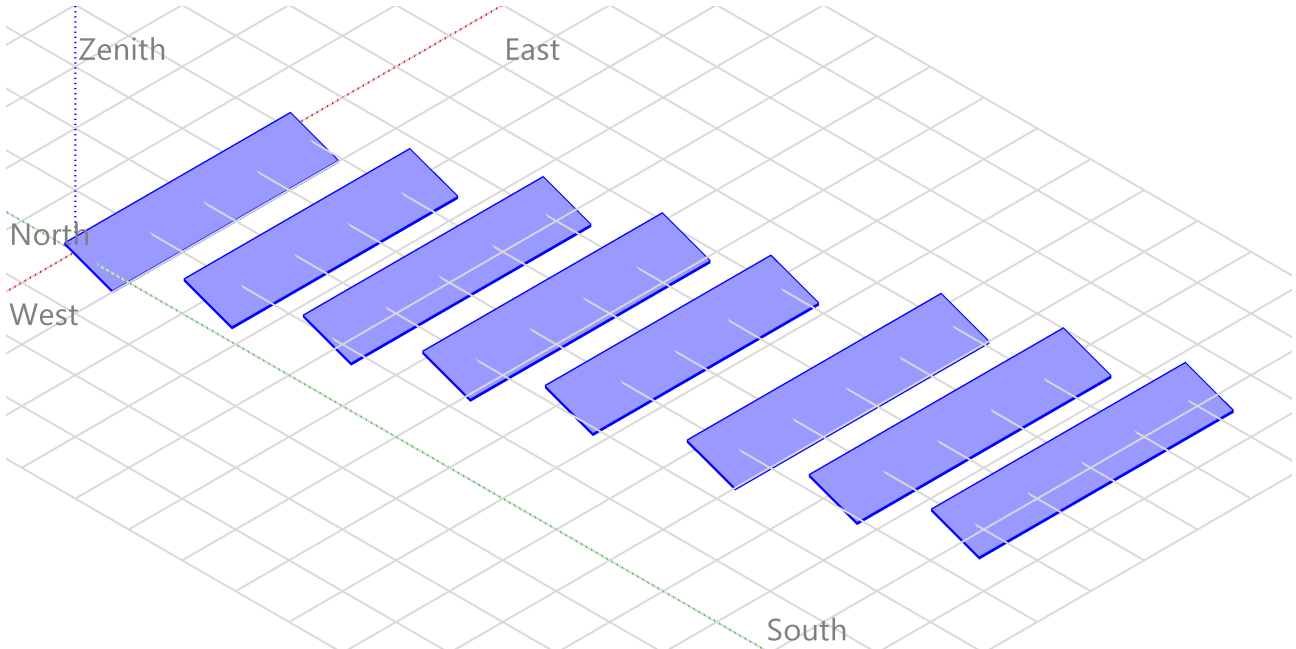


PVsyst V7.4.8

VC0, Simulation date:
03/08/25 21:14
with V7.4.8

Near shadings parameter

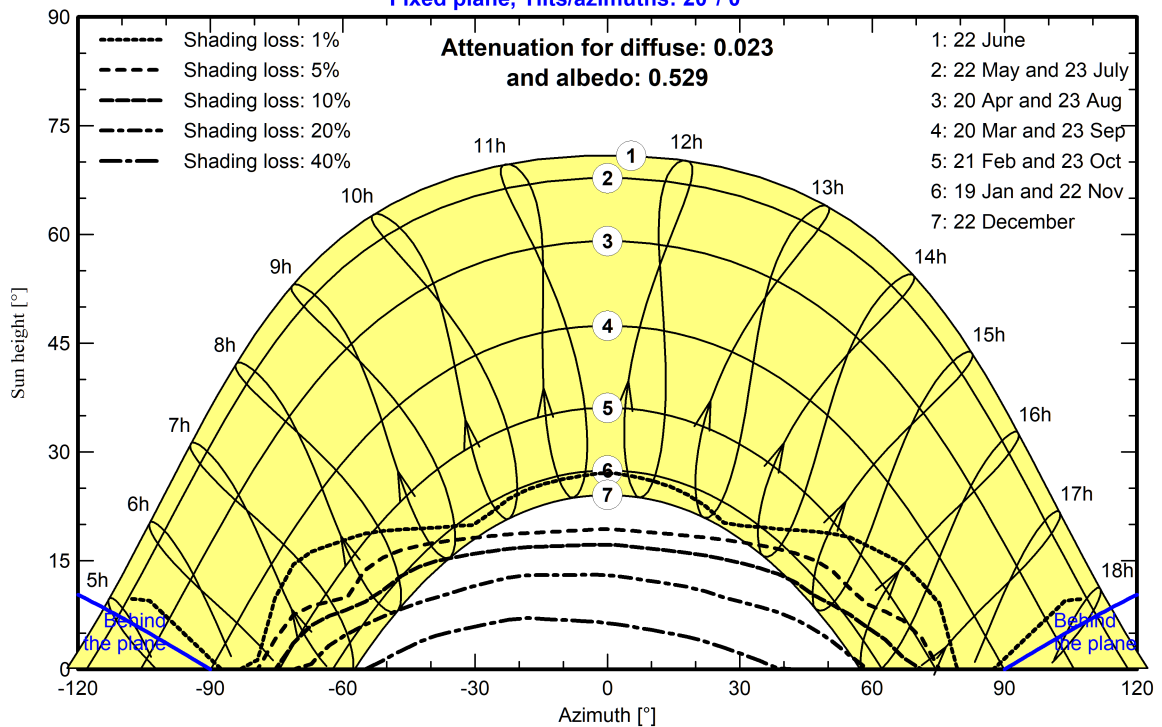
Perspective of the PV-field and surrounding shading scene



Iso-shadings diagram

Orientation #1

Fixed plane, Tilts/azimuths: 20°/ 0°





PVsyst V7.4.8

VC0, Simulation date:
03/08/25 21:14
with V7.4.8

Main results

System Production

Produced Energy

279525 kWh/year

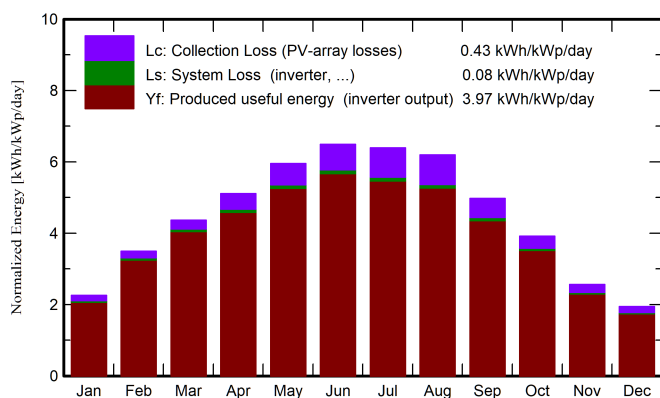
Specific production

1447 kWh/kWp/year

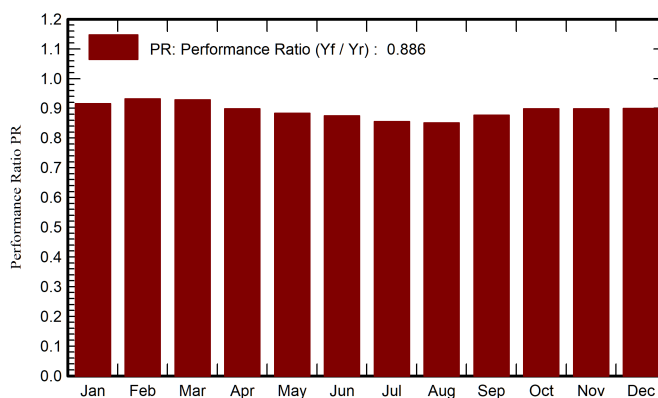
Perf. Ratio PR

88.63 %

Normalized productions (per installed kWp)



Performance Ratio PR



Balances and main results

	GlobHor	DiffHor	T_Amb	GlobInc	GlobEff	EArray	E_Grid	PR
	kWh/m ²	kWh/m ²	°C	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh	kWh	ratio
January	49.1	25.91	-0.26	70.0	65.5	12631	12378	0.915
February	73.2	33.25	2.20	97.8	93.6	17939	17605	0.932
March	114.4	60.01	7.15	135.2	130.0	24683	24236	0.928
April	139.6	61.21	11.59	153.3	147.9	27105	26595	0.898
May	179.3	77.35	16.24	184.6	177.8	32101	31504	0.884
June	195.1	84.55	20.01	194.6	187.1	33481	32860	0.874
July	196.2	74.10	22.78	198.1	190.7	33357	32727	0.856
August	179.2	65.75	22.99	192.0	185.1	32150	31546	0.851
September	128.8	52.02	17.20	149.2	143.8	25730	25254	0.877
October	93.7	39.04	12.03	121.4	116.5	21464	21074	0.899
November	55.4	29.54	6.65	76.8	72.3	13567	13312	0.898
December	41.6	23.44	1.32	60.1	55.6	10654	10435	0.899
Year	1445.7	626.16	11.71	1633.1	1565.9	284862	279525	0.886

Legends

GlobHor Global horizontal irradiation

DiffHor Horizontal diffuse irradiation

T_Amb Ambient Temperature

GlobInc Global incident in coll. plane

GlobEff Effective Global, corr. for IAM and shadings

EArray Effective energy at the output of the array

E_Grid Energy injected into grid

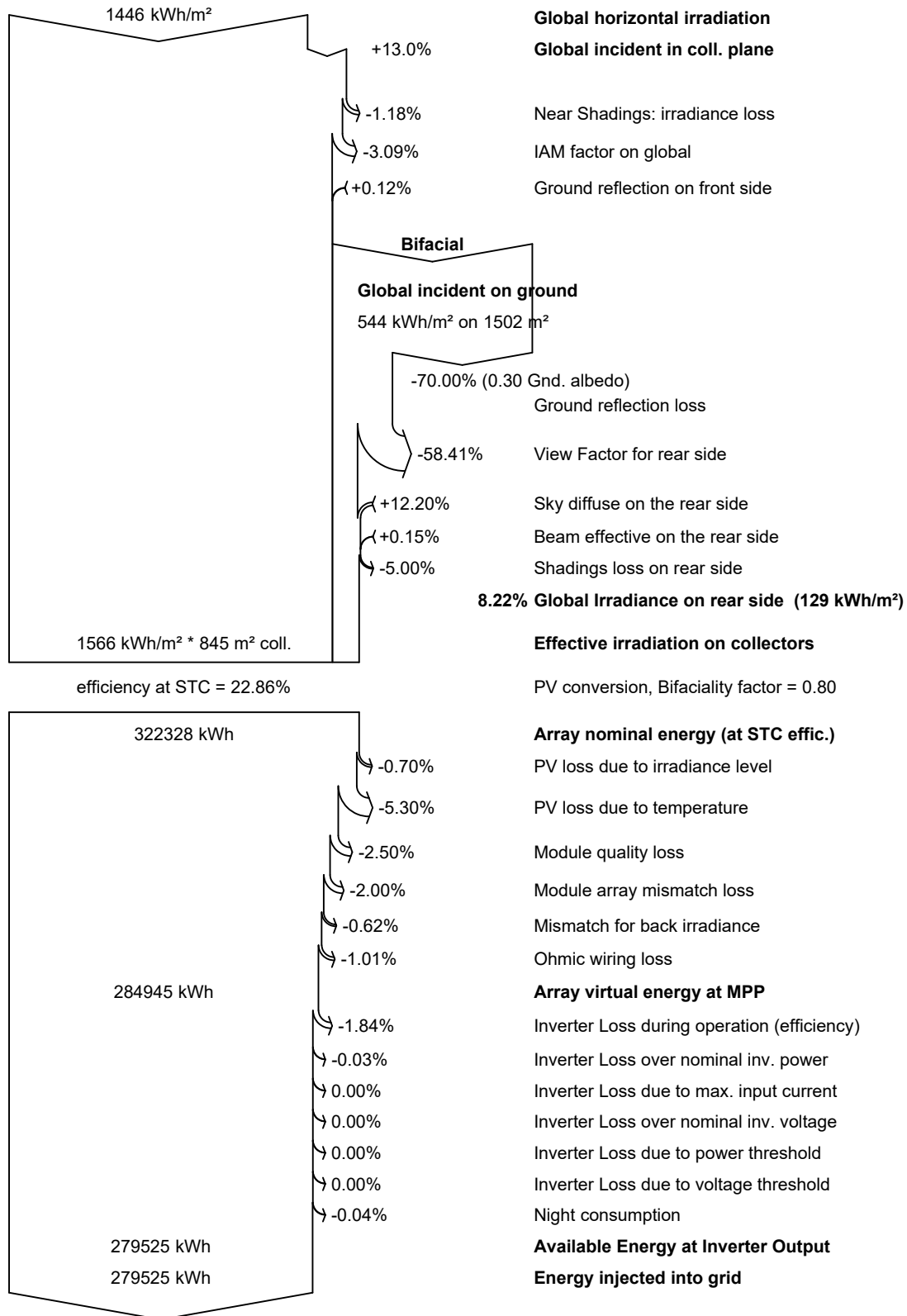
PR Performance Ratio



PVsyst V7.4.8

VC0, Simulation date:
03/08/25 21:14
with V7.4.8

Loss diagram



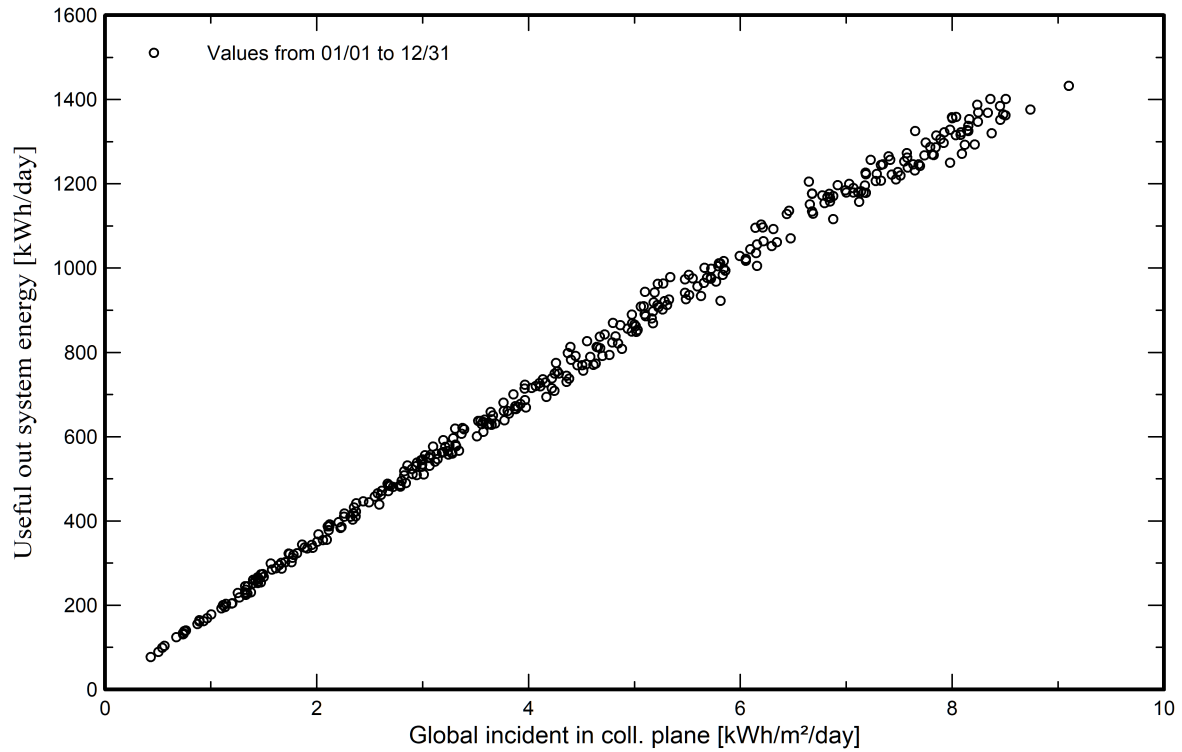


PVsyst V7.4.8

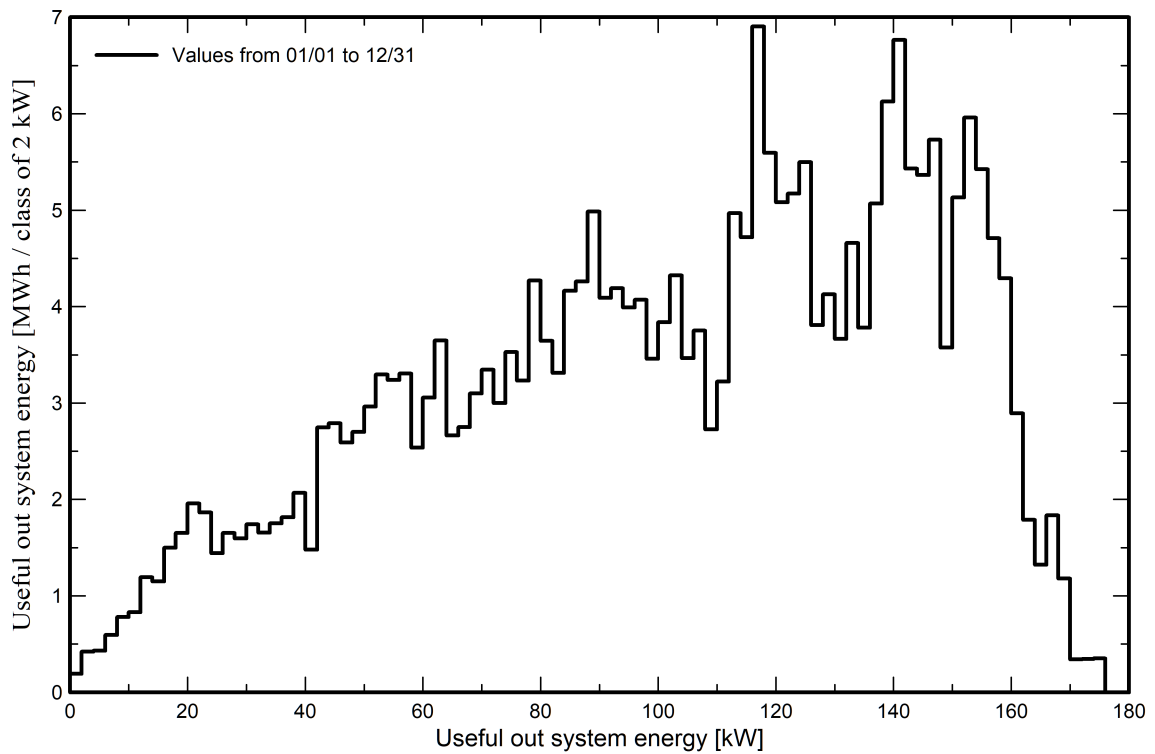
VC0, Simulation date:
03/08/25 21:14
with V7.4.8

Predef. graphs

Daily Input/Output diagram



System Output Power Distribution

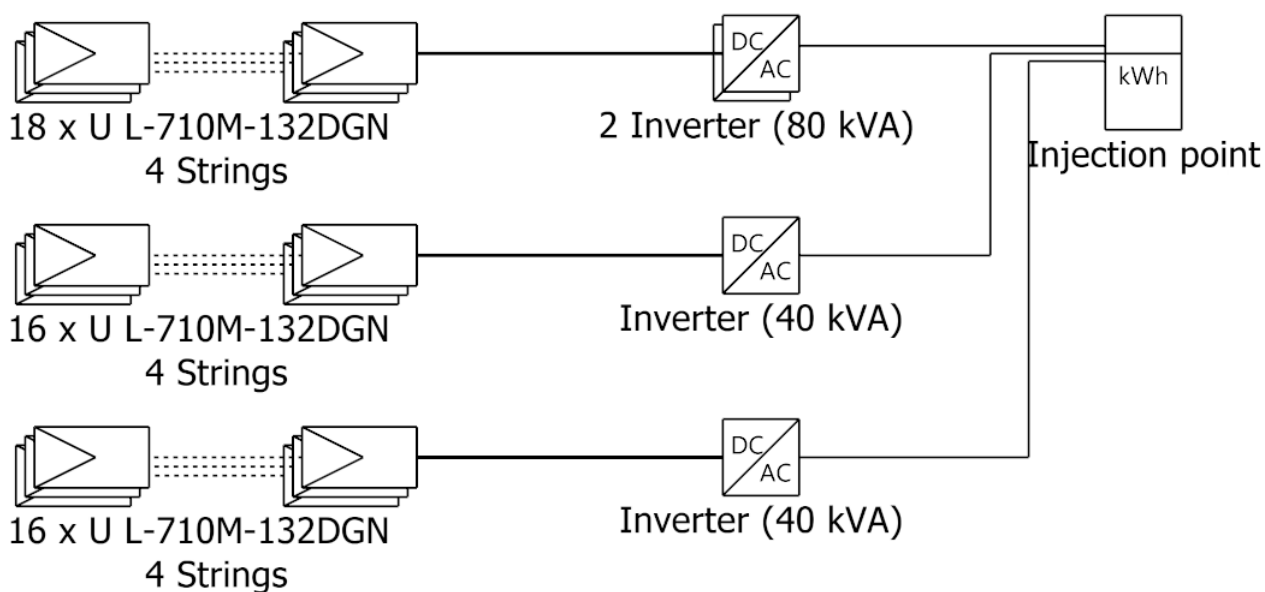




PVsyst V7.4.8

VC0, Simulation date:
03/08/25 21:14
with V7.4.8

Single-line diagram



PV module	U L-710M-132DGN
Inverter	SUN2000-40KTL-M3-400V
String 1	18 x U L-710M-132DGN
String 2	16 x U L-710M-132DGN



SUNRISE

VC0 : New simulation variant

03/08/25