

INVESTITOR:

Sila d.o.o. Stara Moravica
Pačirski put 67, 24340 Stara Moravica, Srbija

OBJEKAT:

SOLARNA ELEKTRANA – SILA
Stara Moravica

Katastarske parcele na kojim se vrše radovi:

Opština Bačka Topola

106/11, 107 K.O. Stara Moravica, Bačka Topola

**VRSTA TEHNIČKE
DOKUMENTACIJE:
OZNAKA I NAZIV:**

IDEJNO REŠENJE (IDR)

4: PROJEKAT ELEKTROENERGETSKIH INSTALACIJA

**ZA GRAĐENJE /
IZVOĐENJE RADOVA:
PROJEKTANT:**

Nova gradnja

ENERGLOBE SOLUTIONS DOO, Beograd
Vladimira Čorovića 49



**ODGOVORNO LICE
PROJEKTANTA:
POTPIS (mesto el. potpisa):**

Milan Vukovljak

POTPIS:

**GLAVNI PROJEKTANT:
BROJ LICENCE GLAVNOG
PROJEKTANTA
POTPIS (mesto el. potpisa):**

Srdjan Miletić, dipl.inž.el.

350 0015 15

POTPIS:

**OZNAKA TEHNIČKE
DOKUMENTACIJE:
MESTO I DATUM:**

24-PD-010-1

Beograd, septembar 2024.



4.2 SADRŽAJ PROJEKTA ELEKTROENERGETSKIH INSTALACIJA

4.0 OPŠTA DOKUMENTACIJA

4.1 Naslovna strana

4.2 Sadržaj Projekta elektroenergetskih instalacija str. 4.2-1

4.3 Rešenje o određivanju odgovornog projektanta str. 4.3-1

4.4 Izjava odgovornog projektanta str. 4.4-1

4.5 TEKSTUALNA DOKUMENTACIJA str. 4.5-1

4.5.1 Uvod str. 4.5-1

4.5.2 Tehnički opis str. 4.5-2

4.6 NUMERIČKA DOKUMENTACIJA str. 4.6-1

4.6.1 Proračuni str. 4.6-1

4.7 GRAFIČKA DOKUMENTACIJA str. 4.7-1

R.br.	Ime crteža	<i>Broj crteža</i>
1.	SITUACIJA	24-PD-010-1-D001 (listova - 1)
2.	BLOK ŠEMA SOLARNE ELEKTRANE NA ZEMLJI	24-PD-010-1-D002 (listova - 1)
3.	BLOK ŠEMA SOLARNE ELEKTRANE NA OBJEKTIMA	24-PD-010-1-D003 (listova - 2)



4.3 REŠENJE O ODREĐIVANJU ODGOVORNOG PROJEKTANTA

Na osnovu člana 128 Zakona o planiranju i izgradnji („Službeni glasnik RS“ br. 72/2009, 81/2009 - ispravka, 64/2010 – US, 24/2011, 121/2012, 42/2013 – US, 50/2013 – US, 98/2013 – US, 132/2014, 145/2014, 83/2018, 31/2019, 37/2019 – dr. zakon, 9/2020, 52/2021 i 62/2023) i odredaba Pravilnika o sadržini, načinu i postupku izrade i načinu vršenja kontrole tehničke dokumentacije prema klasi i nameni objekta („Službeni glasnik RS“ br. 96/23) kao

ODGOVORNI PROJEKTANT

za izradu **Projekta elektroenergetskih instalacija** koji je deo **Idejnog Rešenja solarne elektrane „SILA“, Stara Moravica**, koja će biti izgrađena na katastarskim parcelama:

Opština Bačka Topola

106/11, 107 K.O. Stara Moravica, Bačka Topola

određuje se:

Srdjan Miletić, dipl.inž.el.

Licenca br. 350 O015 15

PROJEKTANT:

**ENERGLOBE SOLUTIONS DOO, Beograd
Vladimira Ćorovića 49**

**ODGOVORNO LICE
PROJEKTANTA:
POTPIS:**

Milan Vukovljak

**OZNAKA TEHNIČKE
DOKUMENTACIJE:
MESTO I DATUM:**

24-PD-010-1

Beograd, septembar 2024.



4.4 IZJAVA ODGOVORNOG PROJEKTANTA

Odgovorni projektant za izradu **Projekta elektroenergetskih instalacija** koji je deo **Idejnog Rešenja solarne elektrane „SILA“**, Stara Moravica, koja će biti izgrađena na katastarskim parcelama:

Opština Bačka Topola

106/11, 107 K.O. Stara Moravica, Bačka Topola

Srdjan Miletić, 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 je projekat u svemu u skladu sa načinima za obezbeđenje ispunjenja osnovnih zahteva za objekat propisanih elaboratima i studijama.

ODGOVORNI PROJEKTANT (IDR):	Srdjan Miletić, dipl.inž.el.
BROJ LICENCE:	350 O015 15
POTPIS:	
OZNAKA TEHNIČKE DOKUMENTACIJE:	24-PD-010-1
MESTO I DATUM:	Beograd, septembar 2024.

4.5 TEKSTUALNA DOKUMENTACIJA

4.5.1. Uvod

Primena solarne energije za konverziju u električnu putem fotonaponskih solarnih elektrana predstavlja jednu od najsavremenijih tehnologija korišćenja obnovljivih izvora energije za delimičnu substituciju fosilnih goriva i smanjenje emisije štetnih gasova u atmosferu.

Kao takve, fotonaponske solarne elektrane predstavljaju adekvatno rešenje koje ima punu podršku kako u zakonima i pratećim aktima Republike Srbije, tako i u direktivama Evropske Unije.

Predmet ovog projekta je izrada Idejnog rešenja za potrebe izgradnje fotonaponske solarne elektrane „SILA”.

Solarna (fotonaponska) elektrana instalisane snage u panelima od oko 1,07 MWp, odnosno 930 kW na AC strani. Elektrana će biti pod nazivom SILVA, na zemlji na k.p. 107, odnosno na krovovima objekata na k.p. 106/11 K.O. Stara Moravica, Bačka Topola. Predviđeno rešenje je projekat koji se realizuje u dve faze u okviru razvoja proizvodnje električne energije iz obnovljivih izvora energije.

Ceo kompleks će se sastojati od fotonaponskih polja koja će biti sastavljena od oko 2088 solarnih modula, kao i od 8 invertora za priključak na AC distributivnu mrežu. Planira se priključak na montažno-betonsku trafostanicu 10/0,4 kV (TS-1) za deo solarne elektrane na zemlji i na glavne razvodne ormane u objektima za deo solarne elektrane na krovovima.

U postojećoj TS-1 (objekat 7) se nalaze dva transformatora 10/0,4 kV od 630 kVA, SN postrojenje, kao i NN razvodno postrojenje.

Proizvedena električna energija solarne elektrane će se koristiti za potrebe sopstvene potrošnje, čime se umanjuje količina preuzete električne energije iz distributivne mreže.

Projektom je obuhvaćena fotonaponska elektrana sa pripadajućom opremom fotonaponskog polja.

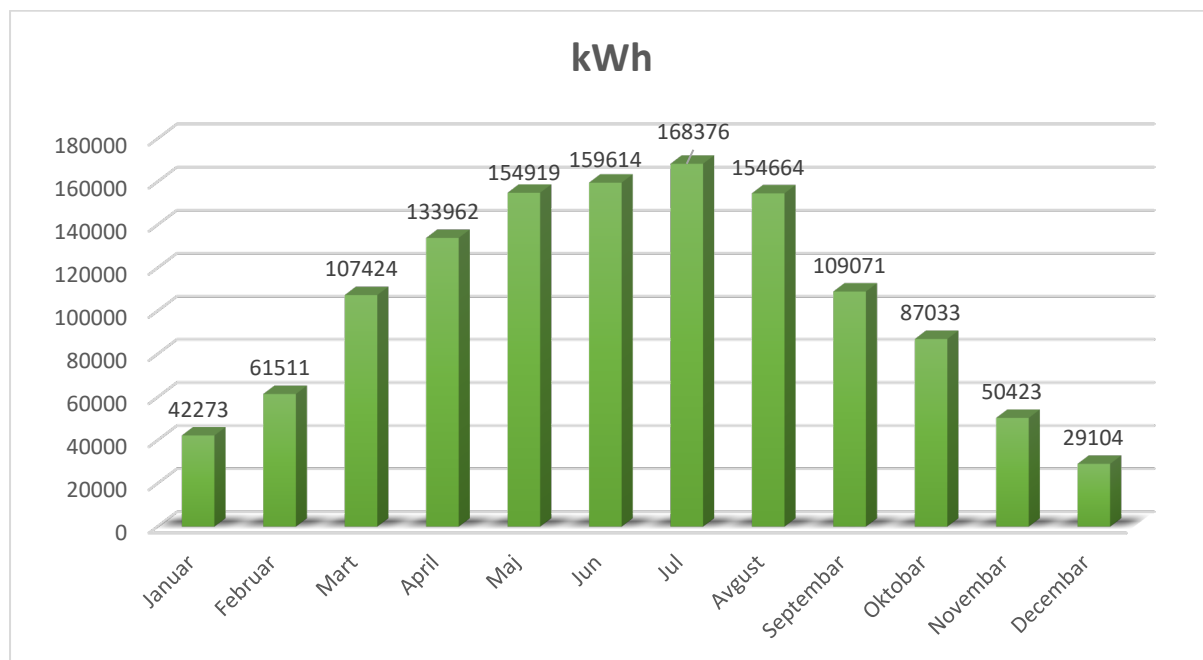
4.5.2. Tehnički opis

4.5.2.1. Opšti deo

Planirana predmetna fotonaponska solarna elektrana, snage 930 kW priključuje se na niskonaponske razvodne ormane, koji se dalje preko transformatora dižu na odgovarajući naponski nivo distributivne mreže.

Procenjena prosečna godišnja proizvodnja iznosi oko 1,26 GWh.

Na sledećem grafiku prikazana je proizvodnja električne energije po mesecima. Grafik je dobijen pomoću softverskog alata.



Slika 4.5.2.1-1: Prikaz proizvodnje solarne elektrane po mesecima

Meseci	kWh
Januar	42273
Februar	61511
Mart	107424
April	133962
Maj	154919
Jun	159614
Jul	168376
Avgust	154664
Septembar	109071
Oktobar	87033
Novembar	50423
Decembar	29104
Ukupno	1258373

4.5.2.2. Fotonaponski moduli

Za deo solarne elektrane na zemlji predviđeni PV moduli su nazivne snage od 550 W do maksimalno dostupne snage panela na tržištu. Za potrebe ovog idejnog rešenja usvajamo nazivnu snagu od 580 W, sa kojom su rađeni dalji proračuni i procene. **Do povećanja ili smanjenja snage modula koji će se koristiti može doći zbog intenzivnog razvoja tehnologije za proizvodnju solarnih panela, i raspoloživosti na tržištu usled velikog interesovanja potencijalnih investitora u ovoj oblasti.** Eventualno smanjenje/povećanje nominalne snage panela neće uticati na ukupnu snagu FNE na AC strani (strani predaje električne energije u distributivnu mrežu).

U pitanju je n-tip bifacijalni PV modul od monokristalnih ćelija. Dimenzije pojedinačnog PV modula su 2279 x 1134 x 30 mm, težine oko 32 kg. Koeficijent efikasnosti modula kreće se oko 22,44 %, slično tipu Lepton, LP182*182-M-72-NB (565-585).

Priključna kutija koja se nalazi na poleđini PV modula je izrađena u IP68 zaštiti.

PV moduli se montiraju i fiksiraju na noseću konstrukciju, na površini zemlje. Noseću konstrukciju predstavljaju metalni okviri koji se zabijaju u zemlju i drže solarne panele pod fiksnim uglom

Povezivanje PV modula u stringove vrši se putem odgovarajućih konektora i DC kablova. Zatim se odgovarajući broj stringova povezuje na inverter.

Električne karakteristike preliminarno izabranog PV modula:

- nazivna snaga:	$P_{max} = 580 \text{ W}$
- tolerancija nazivne snage:	ΔP od 0 do +5 W
- napon praznog hoda:	$V_{oc} = 51,09 \text{ V}$
- struja kratkog spoja:	$I_{sc} = 14,45 \text{ A}$
- napon pri maksimalnoj snazi:	$V_{mpp} = 42,42 \text{ V}$
- struja pri maksimalnoj snazi:	$I_{mpp} = 13,67 \text{ A}$
- koeficijent efikasnosti modula:	$\eta_m = 22,44 \%$

Termičke karakteristike:

- nominalna operativna temperatura ćelije:	$NMOT = 41 \pm 3 \text{ }^{\circ}\text{C}$
- temperaturni koeficijent pri P_{max} :	$\gamma = -0,30 \text{ } \%/^{\circ}\text{C}$
- temperaturni koeficijent pri V_{oc} :	$\beta V_{oc} = -0,250 \text{ } \%/^{\circ}\text{C}$
- temperaturni koeficijent pri I_{sc} :	$\alpha I_{sc} = +0,046 \text{ } \%/^{\circ}\text{C}$

Ove karakteristike važe pri STC testu, odnosno testu sa standardnim ispitnim uslovima: 1000 W/m² iradijacija, 25°C temperatura ćelije, AM 1.5g spektar prema EN 60904-3 i usklađenost sa standardom EN 60904-1.

Za PV module sličnih karakteristika proizvođači mogu da garantuju da performanse PV modula za slučaj degradacije usled starenja i nakon 30 godina konstantnog rada, mogu da zadrže i oko 87.4% svojih nazivnih performansi, ali nije obavezujuće. U zavisnosti od tipa PV modula, proizvođači daju različite garancije.

Na krovovima objekata 2, 11 i 12 biće korišćen drugi model FN panela manje snage i dimenzija.

U pitanju je n-tip bifacijalni PV modul od monokristalnih ćelija. Dimenzije pojedinačnog PV modula su 1762 x 1134 x 30 mm, težine oko 25 kg. Koeficijent efikasnosti modula kreće se oko 22,52 %, slično tipu Lepton, LP182*210-M-48-NB (435-455). Uobičajeno je da se kod modula nazivne snage od 450 W, efikasnost kreće od 21,2 % pa na više.

Priključna kutija koja se nalazi na poleđini PV modula je izrađena u IP68 zaštiti.

PV moduli se montiraju i fiksiraju na noseću konstrukciju, na krovovima objekata prateći njihov nagib.

Povezivanje PV modula u stringove vrši se putem odgovarajućih konektora i DC kablova. Zatim se odgovarajući broj stringova povezuje na inverter.

Električne karakteristike preliminarno izabranog PV modula:

- nazivna snaga:	$P_{max} = 450 \text{ W}$
- tolerancija nazivne snage:	ΔP od 0 do +5 W
- napon praznog hoda:	$V_{oc} = 35,88 \text{ V}$
- struja kratkog spoja:	$I_{sc} = 15,97 \text{ A}$
- napon pri maksimalnoj snazi:	$V_{mpp} = 29,78 \text{ V}$
- struja pri maksimalnoj snazi:	$I_{mpp} = 15,11 \text{ A}$
- koeficijent efikasnosti modula:	$\eta_m = 22,52 \%$

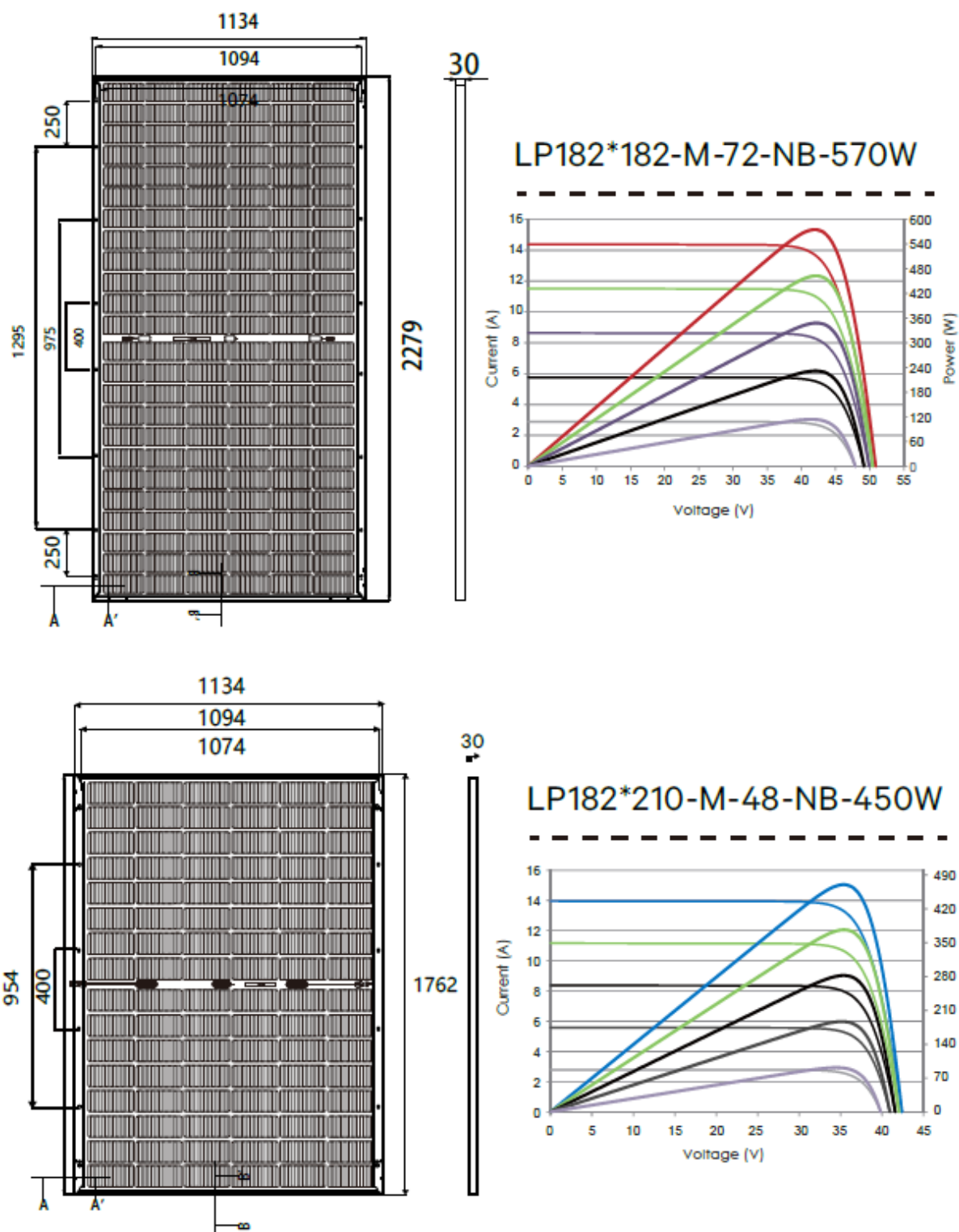
Termičke karakteristike:

- nominalna operativna temperatura ćelije:	$NMOT = 41 \pm 3 \text{ }^{\circ}\text{C}$
- temperaturni koeficijent pri Pmax:	$Y = -0,30 \text{ } \%/^{\circ}\text{C}$
- temperaturni koeficijent pri Voc:	$\beta V_{oc} = -0,250 \text{ } \%/^{\circ}\text{C}$
- temperaturni koeficijent pri Isc:	$\alpha I_{sc} = +0,046 \text{ } \%/^{\circ}\text{C}$

Ove karakteristike važe pri STC testu, odnosno testu sa standardnim ispitnim uslovima: 1000 W/m² iradijacija, 25°C temperatura ćelije, AM 1.5g spektar prema EN 60904-3 i usklađenost sa standardom EN 60904-1.

Za PV module sličnih karakteristika proizvođači mogu da garantuju da performanse PV modula za slučaj degradacije usled starenja i nakon 30 godina konstantnog rada, mogu da zadrže i oko 87.4% svojih nazivnih performansi, ali nije obavezujuće. U zavisnosti od tipa PV modula, proizvođači daju različite garancije.

Na slici 4.5.2.2-1 prikazan je informativno izgled PV modula sa njihovim karakteristikama



Slika 4.5.2.2-1: Ilustrativni prikaz PV modula

4.5.2.3. Invertori

Invertori su jedan od najvažnijih delova svakog fotonaponskog sistema. Njihova uloga je da DC napon sa izlaza PV modula transformišu u AC napon prilagođen potrošačima, odnosno mreži na koju se povezuju.

Zbog prostorne specifičnosti objekta „SILA” i broja mogućih PV modula koji se mogu postaviti, izabrano je 7 invertora tipa SG125CX-P2 i 1 inverter tipa SG50CX, proizvođača Sungrow ili sličnog, na koje se povezuju stringovi PV modula. Invertori su izrađeni u IP66 i C5 antikorozivnoj zaštiti za spoljašnju montažu i smeštaju se na zemljanu površinu budućeg objekta, u neposrednoj blizini PV modula i u skladu sa preporukama proizvođača.

Predviđena je ugradnja sedam (7) trofaznih invertora nominalne snage od 125 kW čije su karakteristike date u nastavku.

Parametri invertora nominalne snage 125 kW:

- Apsolutni maksimalni ulazni DC napon:	1100 V
- MPP naponski opseg:	180 V – 1000 V
- Nominalni napon:	600 V
- Maksimalna DC ulazna struja za svaki MPP ulaz:	30 A
- Broj MPPT-ova:	12
- Broj DC ulaznih parova – stringova (poz/neg):	2
- AC mrežni tip konekcije:	3f, 3G + PE
- Nominalna AC snaga:	125 kW
- Nominalni mrežni napon:	400/230 V
- Maksimalna izlazna struja:	181.1 A
- Nominalna frekvencija:	50 Hz
- Faktor snage:	+/- 0.8 do 1
- Totalno harmonijsko izobličenje:	< 3%
- AC tip konekcije:	do 240 mm ²
- Maksimalna efikasnost:	98.5 %
- Dimenzije (V x Š x D):	1019 x 793 x 360 mm
- Težina:	87 kg

Izgled invertora prikazan je na slici 4.2.3-1.



Slika 4.5.2.3-1: Izgled invertora 125 kW

Predviđena je ugradnja i jednog (1) trofaznog invertora nominalne snage od 55 kW čije su karakteristike date u nastavku.

Parametri invertora nominalne snage 55 kW:

- Apsolutni maksimalni ulazni DC napon:	1100 V
- MPP naponski opseg:	200 V – 1000 V
- Nominalni napon:	585 V
- Maksimalna DC ulazna struja za svaki MPP ulaz:	30 A
- Broj MPPT-ova:	5
- Broj DC ulaznih parova – stringova (poz/neg):	2
- AC mrežni tip konekcije:	3f, 3G + PE
- Nominalna AC snaga:	55 kW
- Nominalni mrežni napon:	400/230 V
- Maksimalna izlazna struja:	83.6 A
- Nominalna frekvencija:	50 Hz
- Faktor snage:	+/- 0.8 do 1
- Totalno harmonijsko izobličenje:	< 3%
- AC tip konekcije:	do 70 mm ²
- Maksimalna efikasnost:	98.7 %
- Dimenzije (V x Š x D):	782 x 645 x 310 mm
- Težina:	62 kg

Izgled invertora prikazan je na slici 4.2.3-2.



Slika 4.5.2.3-2: Izgled invertora 55 kW

Ulazni pretvarači invertora poseduju funkciju praćenja tačke maksimalne snage (MPPT), kako bi u svakom trenutku PV moduli radili sa maksimalnom mogućom snagom.

Invertor beleži tekuće informacije i greške, obezbeđuje razna podešavanja parametara. Preko aplikacije ili platforme podešavaju se parametri da bi se promenili uslovi invertora i optimizovale njegove performanse.

Upravljanje radom fotonaponske solarne elektrane i praćenje rada-monitoring ostvaruje se povezivanje sistema solarne elektrane sa komunikacionim i mernim uređajem i platformom koja upravlja celim sistemom.

4.5.2.4. Konfiguracija fotonaponske solarne elektrane

Kao pomoć pri konfigurisanju PV sistema korišćeni su katalogski podaci proizvođača PV modula, invertora, montažnog sistema i dostupni softveri (PVcase i PVsyst). U obzir je uzeta lokacija i njena orijentacija, površina lokacije, električne karakteristike PV panela i invertora, uticaj senki, izvođenje radova (montaža, kabliranje, povezivanje) i koridori za održavanje, komunikaciju i kretanje.

Na crtežu br. 24-PD-010-1-D001 prikazana je situacija sa pozicijom trafostanice i PV modula objekta „SILA”.

PV moduli se na zemlji postavljaju pod uglom od oko 25° (tokom narednih faza projektovanja biće tačno definisano), orijentisani ka jugu. Konstrukcija za nošenje panela se pobija u zemlju i dubina ukopavanja će biti isprojektovana tokom narednih faza projektovanja.

PV moduli se na krovovima postavljaju pod uglom koji prati nagib krova, u opsegu od 6° do 22°. Krovovi su pogodni za smeštaj solarnih panela i poseduju male prepreke na samoj površini.

Radi lakšeg izvođenja radova (montaža, kabliranje, povezivanje) i kasnijeg održavanja sistema, dimenzionisanja noseće konstrukcije solarnih panela, izbegavanja uticaja senki, formirani su segmenti od po najviše 18 PV modula po stringu na zemlji, uz poštovanje električnih karakteristika panela i invertora, odnosno najviše 25 PV modula po stringu na krovovima. Tokom narednih faza projektovanja ili smanjenja može doći do povećanja PV modula po stringu.

Invertori snage od 125 kW imaju mogućnost priključenja max. 24 nezavisnih ulaza, odnosno stringa, dok invertori od 55 kW imaju mogućnost priključenja max. 10 nezavisnih ulaza. Na crtežima br. 24-PD-010-1-D002 i 24-PD-010-1-D003 prikazane su blok šeme sa povezivanjem PV stringova grupisanih po invertoru, objekta „SILA”. Invertori će biti smešteni na otvorenom prostoru, na zidu objekta, odnosno kraj nosećih konstrukcija na zemlji.

Ormani prikazani na crtežima direktno su povezani kablom sa trafostanicom. U njima ima dovoljno mesta za priključenje fotonaponske elektrane na korisničku instalaciju.

Ukupan okvirni broj PV modula koji se postavlja za potrebe budućeg objekta „SILA” je oko 1008 PV modula na zemljanoj površini i oko 1080 PV modula na krovovima, koji se može promeniti tokom narednih faza projektovanja.

U cilju lakšeg izvođenja radova, a zbog velikog broja PV kablova koje nakon formiranja stringova treba priključiti na invertore i kako bi dužine kablova bile kraće (i manji pad DC napona), predviđeno je postavljanje invertora u blizini postavljanja PV modula.

Pri razmatranju lokacije za postavljanje invertora težilo se skraćanju trasa DC kablova.

Fotonaponska elektrana snage oko 1,07 MWp na DC strani priključuje se na niskonaponske razvodne table u okviru objekata 2 i 11, kao i montažno-betonske trafostanice (MBTS – objekat 7). NN ormani su povezani sa NN stranom transformatora. U trafostanici su smeštena dva transformatora nominalne snage 630 kVA.

Granica ovog projekta je povezivanje solarne elektrane na postojeći sistem, odnosno veza sa NN blokom trafostanice.



TS-1 će sa delom solarne elektrane na zemlji biti povezana novim kablovima čija je trasa planirana uz postojeći put između elektrane i TS.

Priključenje invertora na NN mrežu je trofazno sa simetričnim sistemom napona, nazivnog napona i frekvencije na mestu priključenja $U_n=0,4$ kV i $f_n=50$ Hz. Električna energija proizvedena pomoću PV modula, koristiće se za distribuciju električne energije u distributivnoj mreži.

Paneli na objektima će biti montirani preko potkonstrukcije koja se direktno stavlja na krovnu površinu. Statički proračun nije predmet ove faze izrade tehničke dokumentacije.

Konstrukcija za montažu PV modula na zemlji će biti građevinski jednostavna. Koristiće se standardni nosači za zemlju. To su metalni okviri u vidu nosećih konstrukcija koji se zabijaju u zemlju i drže solarne panele pod fiksnim uglom. Noseće konstrukcije fotonaponskih sistema će se sastojati od čeličnih delova. Čelični delovi su zaštićeni od korozije u toku postupku izrade istih. Nosači će biti u izvedbi slobodnostojeće konstrukcije. Neki od poznatih tipova noseće konstrukcije koji će biti primenjeni su tzv. I-grede, H-grede. Dubina ukopavanja će zavisi od rezultata dobijenih u geotehničkom elaboratu. Dimenzije nosača biće proračunate tokom daljih faza projektovanja. Planirana udaljenost najniže tačke PV panela je oko 0,8 m od zemlje.

Nagib ovakvih konstrukcija je od 15° do 40° , dok će se za potrebe projekta preliminarno usvojiti 25° .

Montaža panela neće se vršiti u zoni od bar 4 m od ivica katastarske parcele. Predviđena je izgradnja ograde, koja će biti visoka oko 2,2 m, oko kompleksa solarne elektrane.



4.5.2.5. Trafostanica

TS-1

Trafostanica sastoji se od sledećih komponenti koje su neophodne za pozdan rad solarne elektrane.

Ukupno dva (2) transformatora su montirana u montažno-betonskoj trafostanici (MBTS). Transformatori snage 630 kVA postavljeni su unutar prefabrikovane MBTS. Karakteristike transformatora su sledeće:

- nominalni napon (SN strana): 10.000 V + 2x2,5% 50 Hz
- nominalni napon (NN strana): 400/230 V, 50 Hz
- nominalna snaga : 630 kVA
- tip : uljni
- sprega : Dy-5
- učestanost : 50 Hz

SN postrojenje se nalazi u objektu trafostanice. Nazivni napon SN postrojenja je 10 kV.

Kablovima će se od invertora doći do NN ormara u kojima će biti smešteni prekidači. Niskonaponska strana transformatora je sa NN razvodnim postrojenjem povezana preko prekidača nominalnog AC napona 400 V i odgovarajuće nazivne struje.

Maksimalne dimenzije objekta trafostanice ne prelaze $\text{ŠxDxV}=4,5\text{x}5\text{x}4,5$ m.

4.5.2.6. Uzemljenje i zaštita od atmosferskog pražnjenja

Uzemljivač kompleksa izvodi se kao zajednički uzemljivač za:

- zaštitno uzemljenje,
- radno uzemljenje,
- gromobransko uzemljenje.

Zajednički uzemljivač postavlja se u zemlju na dubini od 0,8 m. Uzemljivač kompleksa se formira polaganjem provodnika u blizini solarnih panela, na koje se vrši povezivanje jedne grupe solarnih panela. Unutar jedne grupe solarnih panela, svi paneli su međusobno galvaniski povezani, pri čemu je svaka grupa panela na početku i na kraju povezana sa mrežnim uzemljivom. Svi metalni delovi koji normalno ne pripadaju strujnom kolu, a mogu doći pod napon, povezuju se najkraćim putem na zajednički uzemljivač.

Usvaja se poprečni presek užeta zajedničkog uzemljivača od 50 mm². Uzemljivačku mrežu formirati tako da se svi poprečni i podužni vodovi, koji stvaraju mrežu izvedu iz jednog komada. Spajanje i nastavljajanje užeta vrši se pomoću kompresionih stezaljki sa po dve spojnice na svakom spoju. Na mestima ukrštanja, vodove povezati u zemlji.

Uzemljivač spoljne ograde izveden je kao zasebni uzemljivač, pomoću bakarnog užeta Cu 50 mm² položenog direktno u zemlju sa spoljne ograde, na udaljenosti 1 m i dubini od 0,5 m. Uzemljivači ograde i postrojenja se galvaniski ne povezuju. Sistem uzemljenja postrojenja sastoji se od zemljovoda i uzemljivačke mreže.

U okviru kompleksa solarne elektrane položen je osnovni mrežni uzemljivač izveden bakarnim užetom Cu 50 mm² na koji su galvaniski povezuje sledeće:

- zemljovodi nosećih konstrukcija solarnih panela, stubova osvetljenja itd.
- prstenasti uzemljivač objekta trafostanice

Osim pomenute opreme uzemljuju se i kablovski regali, kao i sve druge metalne konstrukcije u postrojenju koje nisu prikazane na crtežu, a na kojima se može pojaviti napon u slučaju zemljospoja.

Mreža se postavlja duž opreme tako da veze od mreže do opreme (zemljovodi) budu minimalne dužine. Na deonicama na kojima se uzemljivač i napojni kabl spolnog osvetljenja postavljaju u isti rov, uzemljivač se postavlja 20 cm ispod posteljice peska u sloju zemlje.

Predmetno fotonaponsko postrojenje na krovovima će se štititi sistemom uzemljenja i sistemom zaštite od atmosferskog pražnjenja objekta na kome se planira izgradnja solarnog postrojenja. Za svu metalnu opremu koja bude postavljena na krovnu površinu potrebno je obezbediti uzemljenje, odnosno za svu opremu i elemente koji su pozicionirani na krovnoj površini i izdižu se iznad ravni krova, bilo da su u pitanju termotehničke instalacije ili PV moduli i njihova konstrukcija, neizostavna je zaštita od atmosferskog pražnjenja. Objekat se od atmosferskih pražnjenja štiti postojećim sistemom atmosferskog pražnjenja, odnosno postojećim štapnim hvataljkama, a imajući u vidu da su solarni paneli raspoređeni na krovnoj površini skoro u ravni sa krovom, postojeći sistem zaštite od atmosferskog pražnjenja zadovoljava.

Sistem izjednačenja potencijala je ostvaren tako da su sve metalne konstrukcije solarne elektrane na istom potencijalu. Konstrukcije su postavljene tako da svako polje ima svoj sistem. Oni su međusobno povezani žuto-zelenim kablom. Kroz kablovski regal je taj provodnik spušten do SIP – sabirnice za izjednačavanje potencijala.

4.6. NUMERIČKA DOKUMENTACIJA

4.6.1. Proračuni

4.6.1.1. Instalirana snaga

Za građenje solarne elektrane biće upotrebljeno 2088 kom. Ukupna instalirana snaga objekta za svaku fazu je:

$$1008 \times 580 \text{ Wp} = \mathbf{584.640 \text{ kWp} \approx 0,58 \text{ MWp}}$$

$$1080 \times 450 \text{ Wp} = \mathbf{486.000 \text{ kWp} \approx 0,48 \text{ MWp}}$$

Planirana je ugradnja maksimalno 7 invertora snage 125 kW i 1 invertora snage 55 kW.

Prema preliminarnom rešenju, na inverter 125 kW se najviše priključuje 252 PV modula, pa je instalirana snaga priključena na najopterećenijem invertoru:

$$252 \times 580 \text{ Wp} = \mathbf{146.160 \text{ kWp}}$$

Na inverter je prema specifikaciji dozvoljeno da se priključi 175 kW, pa je izabrano rešenje odgovarajuće.

4.6.1.2. Proračun ulaza u invertore

Pri projektovanju solarne elektrane na zemlji primenjeni su PV paneli instalirane snage 580 Wp, struje pri maksimalnoj snazi $I_{mpp} = 13,67 \text{ A}$, struje kratkog spoja $I_{sc} = 14,45 \text{ A}$, napona pri maksimalnoj snazi $V_{mpp} = 42,42 \text{ V}$ i napona praznog hoda $V_{oc} = 51,09 \text{ V}$.

Proizvođač invertora definisao je preporučeni nivo ulaznog napona u invertore za nominalnu snagu, koji iznosi 180-1000 V za inverter snage 125 kW, odnosno 200-1000 V za inverter snage 55 kW. U tom slučaju maksimalan broj PV modula koji se može priključiti u string je:

$$N_{max} = \frac{U}{V_{oc}} = \frac{1000}{51,09} = 19$$

gde je

- V_{oc} - napon praznog hoda za izabrani PV modul,
- N_{max} - maksimalan broj modula u stringu,
- U - gornja granica preporučenog ulaznog DC napona invertora

Za stringove koji su sastavljeni od 18 modula, ulazni napon invertora je:

$$U = 18 \cdot 51,09 \text{ V} = 919,62 \text{ V} < 1100 \text{ V},$$

gde je 1100 V apsolutni maksimalni ulazni DC napon odabranih invertora.

Na osnovu gore navedenog, vidi se da je ulazni napon invertora niži od maksimalno dozvoljene vrednosti.

Sa druge strane, električne karakteristike modula u normalnom radnom režimu (NMOT – 800 W/m², ambijentalna temperatura 20 °C, AM 1,5, brzina vetra 1 m/s) su sledeće:

- nazivna snaga: $P_{max} = 436 \text{ W}$
- napon praznog hoda: $V_{oc} = 48,54 \text{ V}$
- struja kratkog spoja: $I_{sc} = 11,67 \text{ A}$
- napon pri maksimalnoj snazi: $V_{mpp} = 39,81 \text{ V}$
- struja pri maksimalnoj snazi: $I_{mpp} = 10,96 \text{ A}$

Za stringove koji su sastavljeni od 18 modula, ulazni napon invertora je:

$$U = 18 \cdot 39,81 \text{ V} = 716,58 \text{ V} > 180 \text{ V}$$

Na osnovu gore navedenog, stringovi će ispuniti uslove za minimalni napon potreban za rad invertora.

4.6.1.3. Proračun DC kablova

Na osnovu naredne tabele bazirane na standardu IEC 62930, za temperaturu ambijenta od 30 °C i maksimalnu temperaturu provodnika 90 °C

POPREČNI PRESEK PROVODNIKA	DOZVOLJENA STRUJNA NOSIVOST IEC 62930		
	JEDNOŽILNI KABL, SLOBODNO U VAZDUHU	JEDNOŽILNI KABL, POLOŽEN NA POVRŠINU	DVA OPTEREĆENA KABLA, POLOŽENA NA POVRŠINI
mm ²	A	A	A
1.5	31	30	24
2.5	42	40	33
4	57	54	45
6	72	69	58
10	98	96	80
16	132	130	107

Usvaja se da je presek PV provodnika između panela:

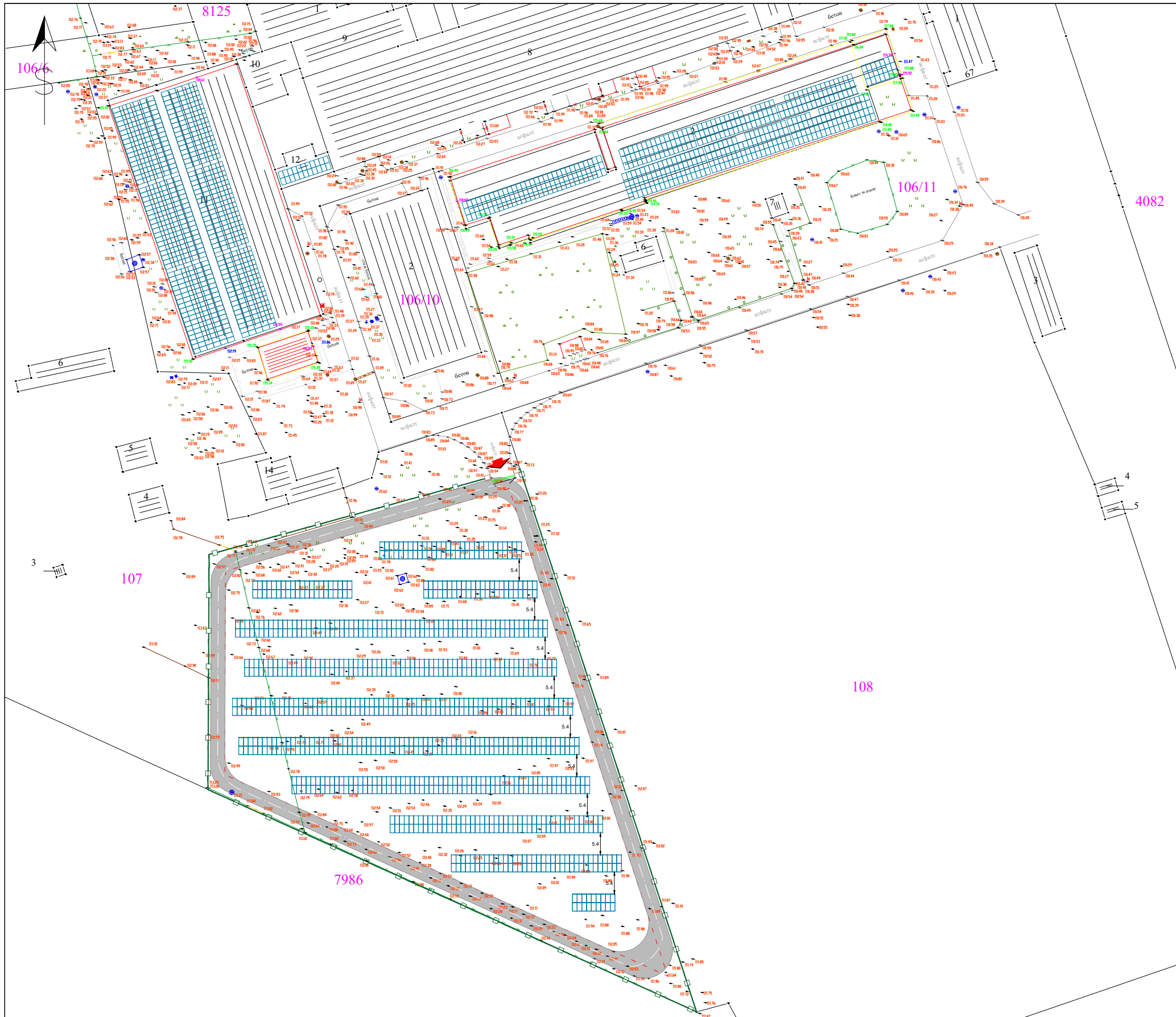
$$S_{min} = 6 \text{ mm}^2$$

Za prikazanu struju u sistemu usvaja se presek PV kabla od 6 mm² koji prema kataloškim podacima zadovoljava. PV kabl 1x6 mm², položen na površinu konstrukcije može preneti 58 A, pri temperaturi od 30 °C.

Proizvođač isporučuje invertor sa ugrađenim zaštitnim elementima i zaštitnim odvodnicima prenapona II nivoa zaštite.



4.7. GRAFIČKA DOKUMENTACIJA



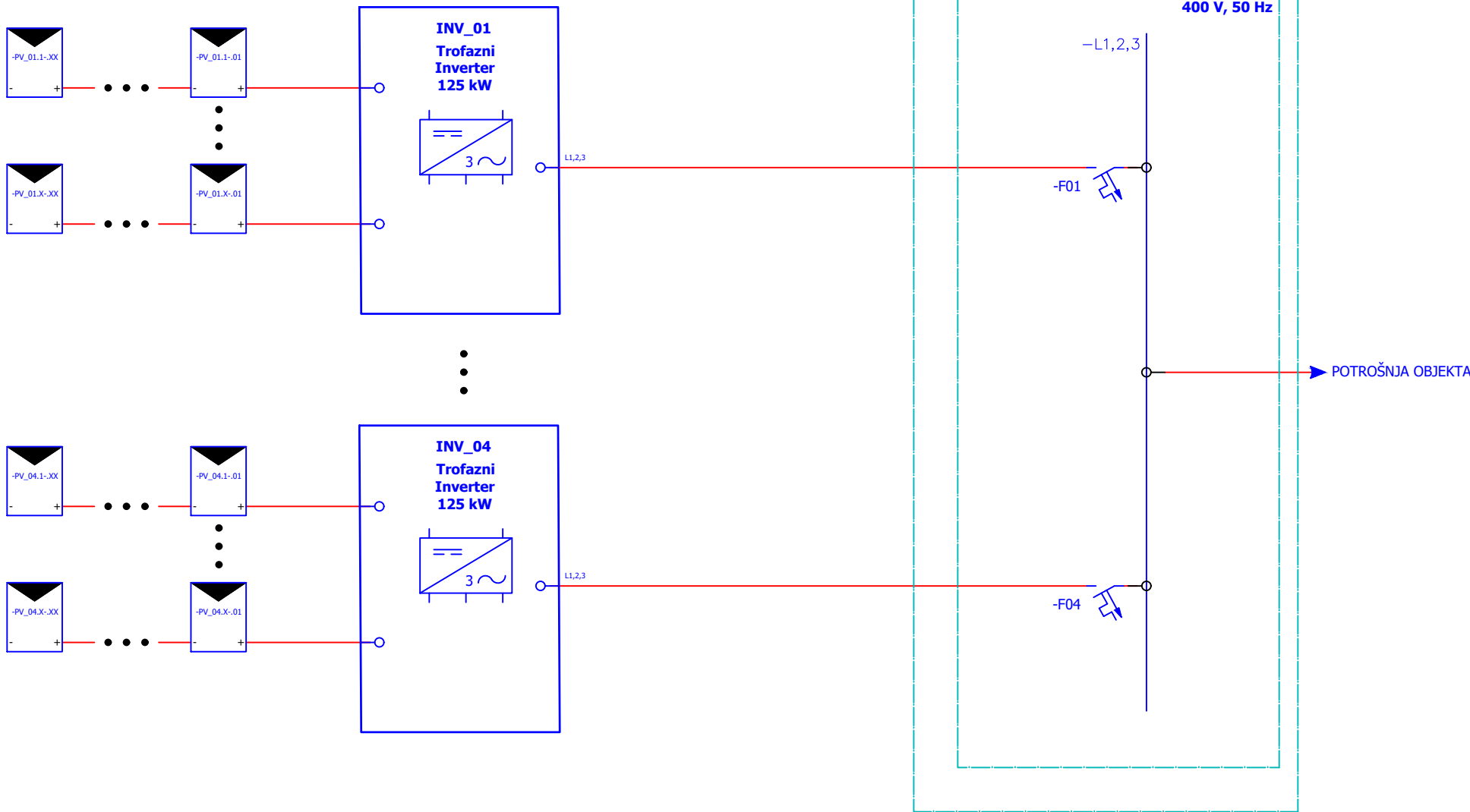
LEGENDA:

- GRANICE PARCELA
- GRAĐEVINSKA LINIJA
- 107 OZNAKA KATASTARSKE PARCELE
- SOLARNI PANELI (2088 kom.)
- PLANIRANA INTERNA SAOBRAĆAJNICA
- OGRADA
- ULAZNA KAPIJA
- ULAZ U KOMPLEKS

Ukupna snaga 1,07 MWp
1080 PV x 450 Wp
1008 PV x 580 Wp

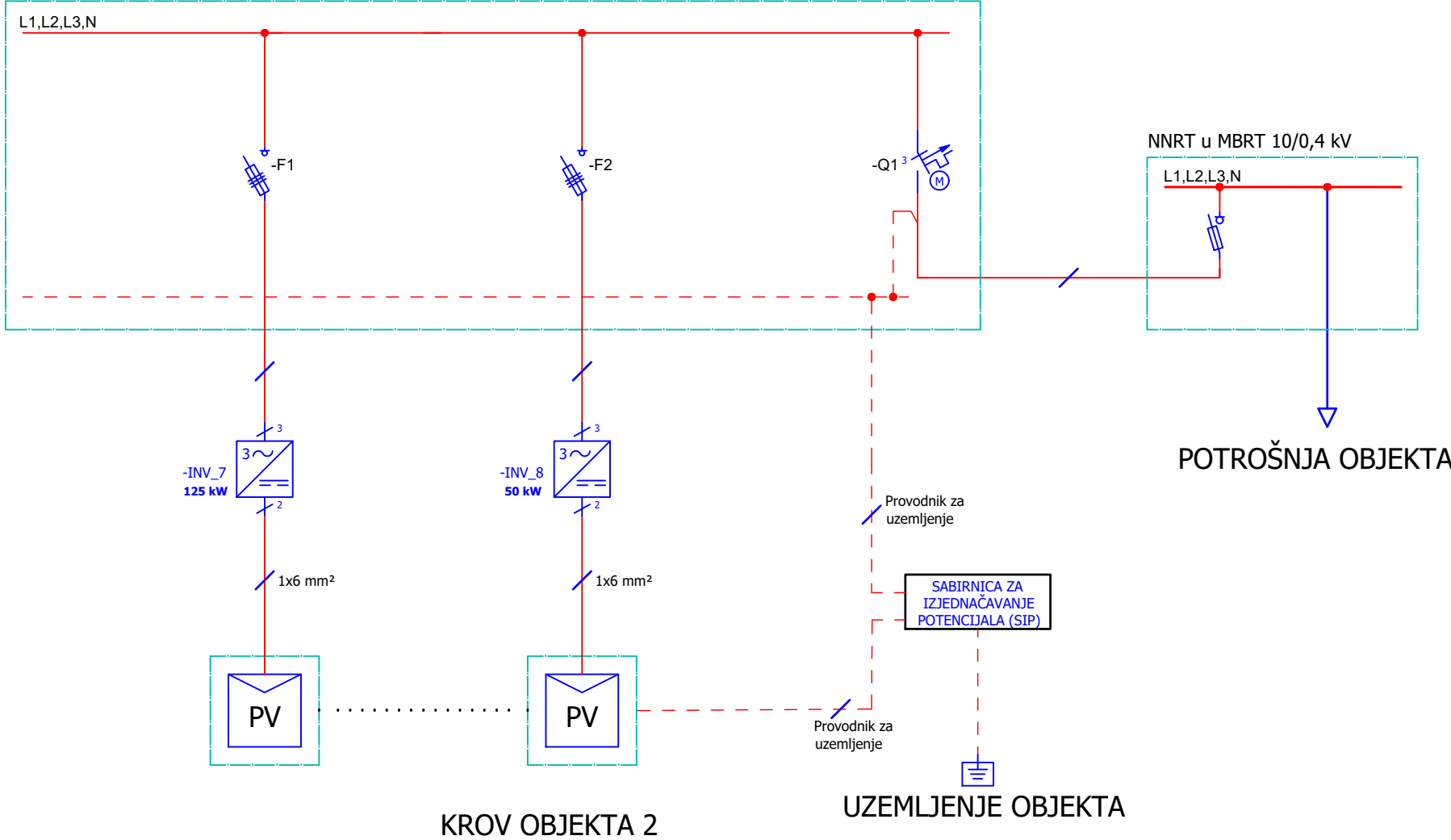
INSTALISANE SNAGE 930 kW
7 INV x 125 kW
1 INV x 55 kW

BOOK NUMBER: OZNAKA SVESKE:	24-PD-010-1	OBJECT OBJEKAT SILA Stara Moravica, Srbija			PROJECT PROJEKAT PROJEKAT EL.ENERGETSKIH INSTALACIJA - Sveska 4 -								
APPROVER NAME ODGOVORNI PROJEKTANT	S. MILETIĆ												
LICENSE No. BROJ LICENCE	350 0015 15												
EDITOR OBRADIO	S. MILETIĆ	CONTRACTOR NAME PROJEKTNJA ORGANIZACIJA 	EMPLOYER INVESTITOR Sila d.o.o. Stara Moravica Pačirski put 67 Stara Moravica, Srbija	DRAWING NAME IME CRTEŽA			SITUACIJA		SCALE RAZMERA		1:1000		
DATE DATUM	SEPTEMBAR, 2024.			DRAWING No. BROJ CRTEŽA			24-PD-010-1-D001		SHEET No. BROJ LISTA		01	OF OD	01
PERMIT DOC. TYPE VRSTA PROJEKTA	IDEJNO REŠENJE										REV.	0	



BOOK NUMBER: OZNAKA SVESKE:	24-PD-010-1	<div>OBJECT OBJEKAT</div> <div>SILA Stara Moravica, Srbija</div>		<div>PROJECT PROJEKAT</div> <div>PROJEKAT EL.ENERGETSKIH INSTALACIJA - Sveska 4 -</div>			
APPROVER NAME ODGOVORNI PROJEKTANT	S. MILETIĆ						
LICENSE No. BROJ LICENCE	350 0015 15						
EDITOR OBRADIO	S. MILETIĆ	<div>CONTRACTOR NAME PROJEKTNJA ORGANIZACIJA</div> <div></div>	<div>EMPLOYER INVESTITOR</div> <div>Sila d.o.o. Stara Moravica Pačirski put 67 Stara Moravica, Srbija</div>	<div>DRAWING NAME IME CRTEŽA</div> <div>BLOK ŠEMA SOLARNE ELEKTRANE NA ZEMLJI</div>			<div>SCALE RAZMERA</div>
DATE DATUM	SEPTEMBAR, 2024.			<div>DRAWING No. BROJ CRTEŽA</div> <div>24-PD-010-1-D002</div>			<div>SHEET No. BROJ LISTA</div> <div>01</div> <div>OF OD</div> <div>01</div> <div>REV.</div> <div>0</div>
PERMIT DOC. TYPE VRSTA PROJEKTA	IDEJNO REŠENJE						

+GRO SE objekta 2



BOOK NUMBER: OZNAKA SVESKE:	24-PD-010-1	OBJECT OBJEKAT SILA Stara Moravica, Srbija		PROJECT PROJEKAT PROJEKAT EL.ENERGETSKIH INSTALACIJA - Sveska 4 -			
APPROVER NAME ODGOVORNI PROJEKTANT	S. MILETIĆ			DRAWING NAME IME CRTEŽA BLOK ŠEMA SOLARNE ELEKTRANE NA OBJEKTIMA			
LICENSE No. BROJ LICENCE	350 0015 15						
EDITOR OBRADIO	S. MILETIĆ	CONTRACTOR NAME PROJEKATNA ORGANIZACIJA 	EMPLOYER INVESTITOR Sila d.o.o. Stara Moravica Pačirski put 67 Stara Moravica, Srbija	DRAWING No. BROJ CRTEŽA			SCALE RAZMERA
DATE DATUM	SEPTEMBAR, 2024.			24-PD-010-1-D003			REV. 0
PERMIT DOC. TYPE VRSTA PROJEKTA	IDEJNO REŠENJE			SHEET No. BROJ LISTA			02 OF 02