INVESTITOR:	**DIB Stars d.o.o.** **Kralja Milutina 49/2, 11000 Beograd, Srbija**
OBJEKAT:	**SOLARNA ELEKTRANA – FB Solar Plant 1** **Vražogrnac**

Katastarska parcela na kojoj se vrše radovi:

Opština Zaječar

69, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 82 i 83 K.O. Vražogrnac, Zaječar

VRSTA TEHNIČKE DOKUMENTACIJE:	**IDEJNO REŠENJE (IDR)**
OZNAKA I NAZIV:	**4: PROJEKAT ELEKTROENERGETSKIH INSTALACIJA**
ZA GRAĐENJE / IZVOĐENJE RADOVA:	**Nova gradnja**
PROJEKTANT:	**ENERGLOBE SOLUTIONS DOO, Beograd** **Vladimira Ćorovića 49**
ODGOVORNO LICE PROJEKTANTA:	**Milan Vukovljak**
POTPIS (mesto el. potpisa):	**POTPIS:**
GLAVNI PROJEKTANT:	**Srdjan Miletić, dipl.inž.el.**
BROJ LICENCE GLAVNOG PROJEKTANTA	**350 O015 15**
POTPIS (mesto el. potpisa):	**POTPIS:**
СРЂАН МИЛЕТИЋ 010952423 Sign	Digitally signed by СРЂАН МИЛЕТИЋ 010952423 Sign Date: 2025.01.28 21:27:05 +01'00'
OZNAKA TEHNIČKE DOKUMENTACIJE:	**23-PD-006-2**
MESTO I DATUM:	**Beograd, januar 2025.**

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***	***Broj crteža***
1.	**SITUACIJA**	**23-PD-006-2-D001 (listova - 1)**
2.	**BLOK ŠEMA SOLARNE ELEKTRANE**	**23-PD-006-2-D002 (listova - 1)**
3.	**JEDNOPOLNA ŠEMA SN POSTROJENJA**	**23-PD-006-2-D003 (listova - 1)**

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

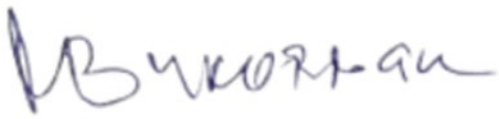
O D G O V O R N I P R O J E K T A N T

za izradu **Projekta elektroenergetskih instalacija** koji je deo **Idejnog Rešenja solarne elektrane „FB Solar Plant 1“, Vražogrnac**, koja će biti izgrađena na katastarskim parcelama:

Opština Zaječar

69, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 82 i 83 K.O. Vražogrnac, Zaječar

određuje se:

Srdjan Miletić, dipl.inž.el.	**Licenca br. 350 O015 15**
PROJEKTANT:	**ENERGLOBE SOLUTIONS DOO, Beograd Vladimira Ćorovića 49**
ODGOVORNO LICE PROJEKTANTA:	**Milan Vukovljak**
POTPIS:	
OZNAKA TEHNIČKE DOKUMENTACIJE:	**23-PD-006-2**
MESTO I DATUM:	**Beograd, januar 2025.**

4.4 IZJAVA ODGOVORNOG PROJEKTANTA

Odgovorni projektant za izradu **Projekta elektroenergetskih instalacija** koji je deo **Idejnog Rešenja solarne elektrane „FB SOLAR PLANT 1“, Vražogrnac**, koja će biti izgrađena na katastarskim parcelama:

Opština Zaječar

69, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 82 i 83 K.O. Vražogrnac, Zaječar

Srdjan Miletić, dipl.inž.el.

I Z J A V LJ U J E M

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:	**23-PD-006-2**
MESTO I DATUM:	**Beograd, januar 2025.**

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 „FB SOLAR PLANT 1".

Solarna (fotonaponska) elektrana je instalisane snage u panelima od oko 1,5 MWp, odnosno 999 kW na AC strani. Elektrana će biti na zemlji pod nazivom FB SOLAR PLANT 1, na katastarskim parcelama 69, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 82 i 83 K.O. Vražogrnac, Zaječar. Predviđeno rešenje je projekat koji se realizuje u okviru razvoja proizvodnje električne energije iz obnovljivih izvora energije.

Ceo kompleks će se sastojati od fotonaponskog polja koje će biti sastavljeno od oko 2268 solarnih modula, kao i od 10 invertora za priključak na AC distributivnu mrežu. Za potrebe predaje električne energije u distributivnu mrežu, planira se montaža prefabrikovane montažno-betonske trafostanice 35/0,4 kV TS-1.

U TS-1 će se nalaziti transformator 35/0,4 kV od 1250 kVA (ili 2 x 630 kVA), SN postrojenje, kao i NN razvodno postrojenje.

TS-1 će predstavljati razvodno (rasklopno) postrojenje elektrane odakle će se ukupna količina električne energije, 35 kV kablovskim vodom, isporučivati dalje do SN razvodnog postojenja, smeštenog u objektu mesta priključenja (OMP). Odakle će se 35 kV kablovskim vodom priključiti na postojeći stub trase dalekovoda 35 kV TS 110/35 kV „Zaječar 1" – TS 35/10 kV „Fabrika kablova" – HE „Sokolovica", odnosno isporučiti električnu energiju u distributivnu mrežu.

Projektom je obuhvaćena fotonaponska elektrana sa pripadajućom opremom fotonaponskog polja, kao i trafostanica, MBTS, sa pripadajućom opremom.

Trafostanice TS-2 i TS-3, kao i SN kablovi, zgrada OMP i priključak na DSEE (distributivni sistem električne energije) nisu predmet ovog projekta.

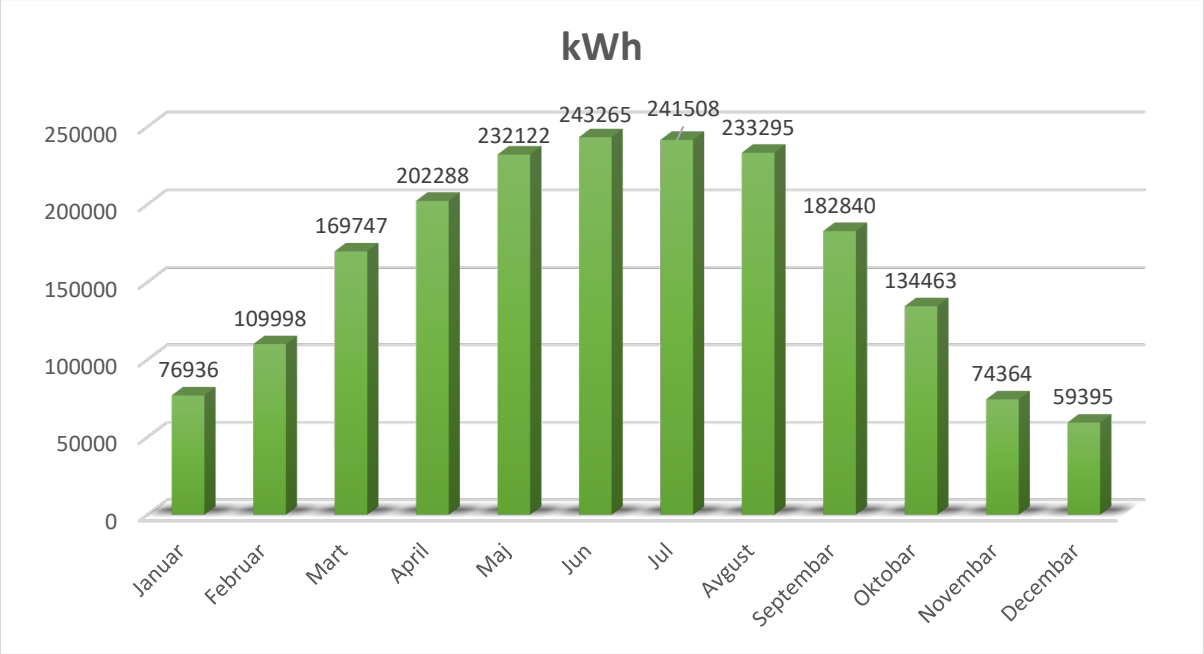
4.5.2. Tehnički opis

4.5.2.1. Opšti deo

Planirana predmetna fotonaponska solarna elektrana, snage 999 kW priključuje se na niskonaponske razvodne ormane, koji se dalje preko transformatora 35/0.4 kV dižu na odgovarajući naponski nivo distributivne mreže.

Procenjena prosečna godišnja proizvodnja iznosi oko 1,96 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	76936
Februar	109998
Mart	169747
April	202288
Maj	232122
Jun	243265
Jul	241508
Avgust	233295
Septembar	182840
Oktobar	134463
Novembar	74364
Decembar	59395
Ukupno	1960219

4.5.2.2. Fotonaponski moduli

Predviđeni bifacijalni PV moduli su nazivne snage od 640 W do maksimalno dostupne snage panela na tržištu. Za potrebe ovog Idejnog rešenja usvajamo nazivnu snagu od 660 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 bifacijalni PV modul od monokristalnih ćelija. Dimenzije pojedinačnog PV modula su 2384 x 1303 x 35 mm, težine oko 41 kg. Koeficijent efikasnosti modula kreće se oko 21,2 %, slično tipu Risen Energy, RSM132-8-640BMDG-665BMDG. Uobičajeno je da se kod modula nazivne snage od 650 W, efikasnost kreće od 21 % pa naviše.

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 invertor.

Električne karakteristike preliminarno izabranog PV modula (STC/NMOT):

- nazivna snaga:	P_{max} = 660 Wp / 500 Wp
- tolerancija nazivne snage:	ΔP od 0 do +3 %
- napon praznog hoda:	V_{oc} = 45,89 V / 42,68 V
- struja kratkog spoja:	I_{sc} = 18,28 A / 14,99 A
- napon pri maksimalnoj snazi:	V_{mpp} = 38,23 V / 35,48 V
- struja pri maksimalnoj snazi:	I_{mpp} = 17,27 A / 14,09 A
- koeficijent efikasnosti modula:	η_m = 21,2 %

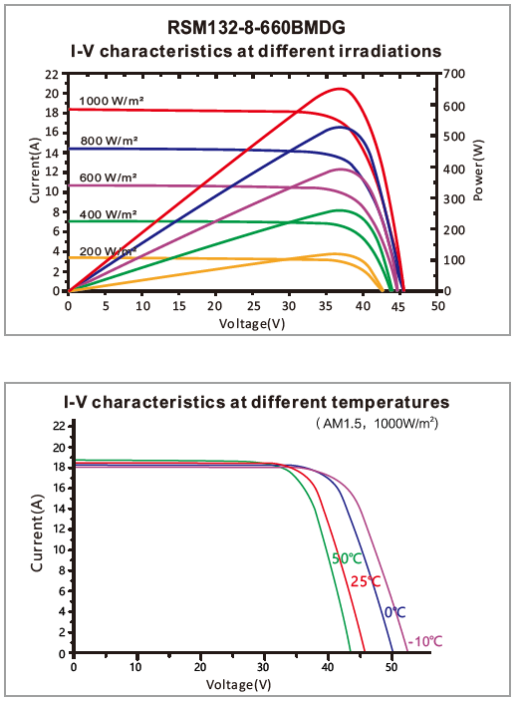
Termičke karakteristike:

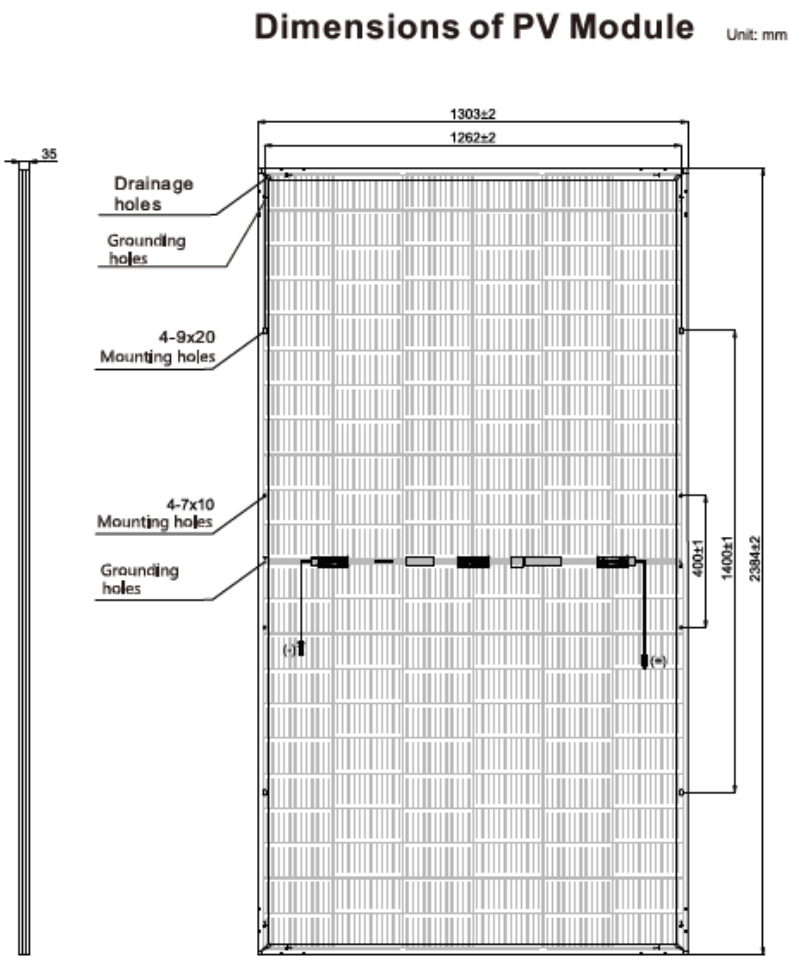
- nominalna operativna temperatura ćelije:	NMOT = 44±2 °C
- temperaturni koeficijent pri Pmax:	ϒ = -0,30+4 %/°C
- temperaturni koeficijent pri Voc:	βVoc = -0,25 %/°C
- temperaturni koeficijent pri Isc:	αIsc = +0,04 %/°C

Ove karakteristike važe pri STC testu, odnosno testu sa standardnim ispitnim uslovima: 1000 W/m^2 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 85 % 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 jednog PV modula sa svojim karakteristikama





Slika 4.5.2.2-1: Ilustrativni prikaz jednog 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 površine objekta „FB SOLAR PLANT 1" i broja mogućih PV modula koji se mogu postaviti, izabrani su invertori tipa SUN2000-100KTL-M1, proizvođača Huawei 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 deset (10) trofaznih invertora nominalne snage od 100 kW čije su karakteristike date u nastavku.

Tokom narednih faza projektovanja biće usvojen tip, snaga i ukupan broj invertora. To svakako neće uticati na ukupnu izlaznu snagu solarne elektrane od 999 kW. Invertori će biti podešeni softverski da bi se limitirala izlazna snaga, kako invertora tako i solarne elektrane.

Parametri invertora nominalne snage 100 kW:

- Apsolutni maksimalni ulazni DC napon: 1100 V
- MPP naponski opseg: 200 V – 1000 V
- Nominalni napon: 600 V
- Maksimalna DC ulazna struja za svaki MPP ulaz: 26 A
- Broj MPPT-ova: 10
- Broj DC ulaznih parova – stringova (poz/neg): 2
- AC mrežni tip konekcije: 3f, 3G + PE
- Nominalna AC snaga: 100 kW
- Nominalni mrežni napon: 400/230 V
- Maksimalna izlazna struja: 160,4 A
- Nominalna frekvencija: 50 Hz
- Faktor snage: +/- 0.8 do 1
- Totalno harmonijsko izobličenje: < 3%
- Maksimalna efikasnost: 98,8 %
- Dimenzije (V x Š x D): 1035 x 700 x 365 mm
- Težina: 90 kg

Pored navedenih, invertor u sebi ima integrisane sledeće zaštitne funkcije:

- Zaštita od ostrvskog rada (Monitoring mreže)
- Zaštita od obrnutog DC polariteta
- Izlazna AC prekostrujna zaštita
- Detekcija otpora izolacije
- Prenaponska zaštita
- Monitoring zemljospoja
- DC preklopka
- Detekcija kvara PV string-ova (nizova)

Kontrolni uređaj za monitoring diferencijalne struje (RCM)

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.

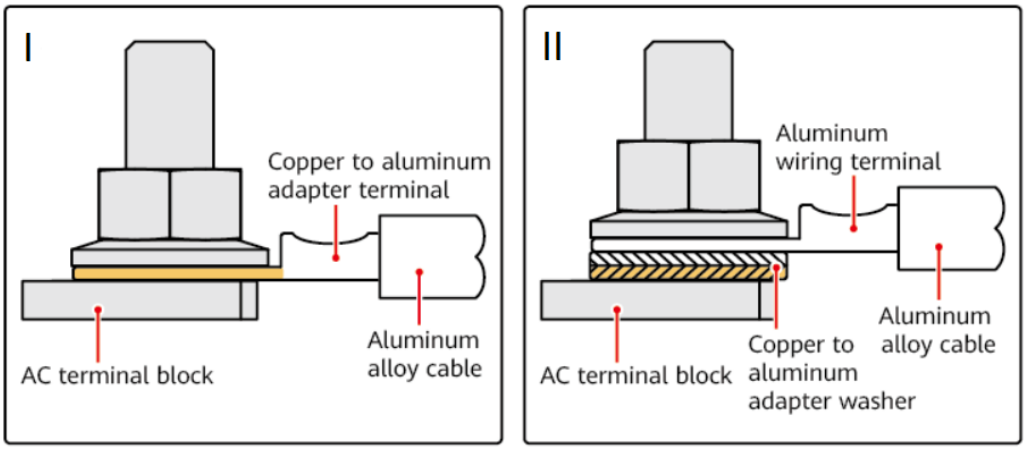
Proračunom koji je prikazan u okviru ovog projekta, dobijeno je da je preliminaran maksimalni broj PV modula (snage od 660 W) po stringu 18. Tokom narednih faza projektovanja može doći do povećanja ili smanjenja PV modula po stringu.

Izgled invertora prikazan je na slici 4.2.3-1.



Slika 4.5.2.3-1: Izgled invertora 100 kW

Predviđeno je priključenje Cu ili Al kablova na AC strani invertor. Stoga je neophodno ispuniti zahteve za aluminijumski kabl ukoliko se izabere Al kabl u narednim fazama projektovanja. Potrebno je koristiti priključni adapter-terminal bakar-aluminijum da bi se izbegao direktan kontakt između bakarne šine i aluminijumskog kabla. Primer povezivanja aluminijumskog kabla prikazan je na sledećoj slici.



Slika 4.5.2.3-2: Način povezivanja aluminijumskog kabla

4.5.2.4. Konfiguracija fotonaponske solarne elektrane

Kao pomoć pri konfigurisanju PV sistema korišćeni su kataloški podaci proizvođača PV modula, invertora, montažnog sistema i dostupni softveri (PV gis i sl.). 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. 23-PD-006-2-D001 prikazana je situacija sa pozicijom trafostanice i PV modula objekta „FB SOLAR PLANT 1".

PV moduli se postavljaju pod uglom od oko 20° (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.

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, uz poštovanje električnih karakteristika panela i invertora.

Invertori snage od 100 kW imaju mogućnost priključenja max. 20 nezavisnih ulaza. Na crtežu br. 23-PD-006-2-D002 prikazana je blok šema sa povezivanjem PV stringova grupisanih po invertoru, objekta „FB SOLAR PLANT 1".

Ukupan okvirni broj PV modula koji se postavlja na zemljanu površinu budućeg objekta „FB SOLAR PLANT 1" je oko 2268 PV modula, koje 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 skraćenju trasa DC kablova.

Fotonaponska elektrana snage oko 1,5 MWp na DC strani priključuje se na niskonaponsku razvodnu tablu u okviru objekta montažno-betonske trafostanice (MBTS). NN ormani su povezani sa NN stranom transformatora. U trafostanici će biti smešten jedan transformator nominalne snage 1250 kVA. Transformator diže napon tako da odgovara naponskom nivou distributivne mreže. SN strana transformatora je povezana sa SN postrojenjem koje je smešteno u trafostanici.

Jednopolna šema SN postrojenja prikazana je na crtežu br. 23-PD-006-2-D003.

Granica ovog projekta je SN postrojenje i izvodna (odvodna) ćelija u trafostanici 35/0,4 kV.

U blizini postojećeg 35 kV dalekovoda, nalaziće se objekat mesta priključenja (u daljem tekstu OMP) za smeštaj novog prefabrikovanog 35 kV razvodnog postrojenja za priključenje elektrane na DSEE, kao i antenski stub. OMP i antenski stub nisu deo ovog projekta.

TS-1 će sa zgradom OMP biti povezana novim 35 kV kablom. 35 kV kabl i njegova trasa nije predmet ovog projekta.

Iz odvodne ćelije (prekidačke) unutar SN postrojenja, u TS-1, se električna energija isporučuje do novog 35 kV razvodnog postrojenja u OMP-u. Ona se dalje isporučuje u distributivnu mrežu 35 kV dalekovodom TS 110/35 kV „Zaječar 1“ – TS 35/10 kV „Fabrika kablova“ – HE „Sokolovica“.

Od OMP-a do mesta vezivanja priključka na DSEE planiran je kablovski 35 kV vod XHE49-A 2x(3x(1x150)) mm^2 za povezivanje OMP na postojeći nadzemni 35 kV vod TS 35/10 kV „Fabrika kablova“ - HE „Sokolovica“ po principu „ulaz-izlaz“.

Preko katastarskih parcela koje su predmet ovog projekta prelazi dalekovod 10 kV, pri čemu su 3 stubna mesta na lokaciji same elektrane. U skladu sa uslovima koje je izdala Elektrodistribucija Zaječar, definisan je zaštitn pojas dalekovoda 10 kV u pojasu od 5 m od ose faznog provodnika, sa jedne i sa druge strane dalekovoda. Kako bi se izbegao međusobni uticaj dalekovoda i samih panela, planirano je postavljanje panela u ovoj zoni pri čemu će doći do izmeštanja stubova i trase dalekovoda van posmatrane lokacije ili će ovaj deo trase biti zamenjen kablovskim vodom 10 kV. U suprotnom FN paneli neće biti postavljeni u ovoj zoni, što neće uticati na izlaznu snagu elektrane od 999 kW i biće detaljno definisano u narednim fazama projekta kada bude definisana finalna dispozicija.

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

Konstrukcija za montažu PV modula 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 bizi u izvedbi slobodnostojeće konstrukcije. Neki od poznatih tipova noseće konstrukcije koji će biti primenjeni su tzv. I-grede, H-grede. Dubina ukopavanja će zavisiti od rezultata dobijenih u geotehničom 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 ovog projekta preliminarno usvojiti 20°.

Montaža panela neće se vršiti u zoni prikazanoj na situaciji, odnosno oko 5 m od ivica katastarske parcele. Na ivici ove zone predviđena je izgradnja ograde, oko kompleksa solarne elektrane, kao i put oko kompleksa za potrebe održavanja.

4.5.2.5. Trafostanica

TS-1

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

Ukupno jedan (1) transformator biće montiran u montažno-betonskoj trafostanici (MBTS). Transformator (usvaja se snaga od 1250 kVA, za potrebe Idejnog rešenja) će biti postavljen unutar prefabrikovane MBTS. Karakteristike transformatora su sledeće:

- nominalni napon (SN strana): 35.000 V + 2x2,5% 50 Hz
- nominalni napon (NN strana): 400/230 V, 50 Hz
- nominalna snaga : 1250 kVA
- tip : uljni
- sprega : Dyn5
- učestanost : 50 Hz

U narednoj fazi projekta biće definisano da li će biti montiran jedan transformator snage 1250 kVA ili dva transformatora snage po 630 kVA.

SN postrojenje se nalazi u objektu trafostanice. Postrojenje će se sastojati od:

- jedne (1) trafo ćelija sa rastavljačem snage i visokoučinskim osiguračima
- jedne (1) odvodno-dovodne ćelije sa rastavljačem snage i visokoučinskim osiguračima

Nazivni napon SN postrojenja je 35 kV.

NN razvodno postrojenje će biti smešteno u NN razvodnoj prostoriji (tabli) objekta trafostanice. Kablovima će se od invertora doći do NN ormana u kojima će biti smešteni prekidači nominalnog AC napona 400 V i struje do 250 A. Niskonaponska strana transformatora će sa NN razvodnim postrojenjem biti povezana preko prekidača nominalnog AC napona 400 V i odgovarajuće nazivne struje.

Na crtežu broj 23-PD-006-2-D003 prikazana je jednopolna šema objekta trafostanice sa jednim transformatorom od 1250 kVA, NN razvodnim blokom i dve SN ćelije.

Maksimalne dimenzije objekta trafostanice iznose ŠxDxV=10x5x4,5 m. Tačne dimenzije prebrikovanih objekata, MBTS-a, biće usaglašene tokom narednih faza projektovanja sa isporučiocem prefabrikovanih trafostanica.

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 galvanski povezani, pri čemu je svaka grupa panela na početku i na kraju povezana sa mrežnim uzemljivam. 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 mm^2. Uzemljivačku mrežu formirati tako da se svi poprečni i podužni vodovi, koji stvaraju mrežu izvedu iz jednog komada. Spajanje i nastavljanje 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 mm^2 položenog direktno u zemlju sa spoljne ograde, na udaljenosti 1 m i dubini od 0,5 m.

Uzemljivači ograde i postrojenja se galvanski 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 mm^2 na koji su galvanski 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 spoljnog osvetljenja postavljaju u isti rov, uzemljivač se postavlja 20 cm ispod posteljice peska u sloju zemlje.

4.6. NUMERIČKA DOKUMENTACIJA

4.6.1. Proračuni

4.6.1.1. Instalisana snaga

Za građenje solarne elektrane biće upotrebljeno 2268 kom. fotonaponskih modula, instalisane snage 660 Wp.
Ukupna instalisana snaga objekta je:

2268x660 Wp= **1.496.880 kWp ≈ 1,49 MWp**

Odnosno prema NMOT, što više odgovara realnim uslovima:

2268x500 Wp= **1,134,000 kWp ≈ 1,14 MWp**

Planirana je ugradnja maksimalno 10 invertora snage 100 kW.

Prema preliminarnom rešenju, na invertor se najviše priključuje 234 PV modula, pa je instalisana snaga priključena na najopterećenijem invertoru:

234x500 Wp= **117.000 kWp**

Tipično je za invertore snage od 100 kW maksimalno preporučeno opterećenje od 120 kWp do 150 kWp. Smatramo da je zadovoljen uslov.

4.6.1.2. Proračun DC kabla, struja i napona i izbor zaštitnih komponenti

Pri projektovanju solarne elektrane primenjeni su PV paneli instalisane snage 660 Wp, struje pri maksimalnoj snazi Impp= 17,27 A, struje kratkog spoja Isc= 18,28 A, napona pri maksimalnoj snazi Vmpp= 38,23 V i napona praznog hoda Voc= 45,89 V.

Proizvođač invertora snage 100 kW definisao je preporučeni nivo ulaznog napona u invertore za nominalnu snagu, koji iznosi 200-1000 V, dok je maksimalno dozvoljeni 1100 V. U tom slučaju maksimalan broj PV modula koji se može priključiti u string je:

$$U = N \times Voc$$

gde je Voc - napon praznog hoda koji za izabrani PV modul iznosi Voc= 45,89 V, a N – broj modula u stringu.

$$Umax = 18 \cdot 45{,}89\ V = 826{,}02\ V < 1100V$$

$$Un = 18 \cdot 38{,}23\ V = 688{,}14\ V$$

tako da je zadovoljen uslov.

Maksimalna ulazna struja u invertor jednaka je struji kratkog spoja PV modula, obzirom da su invertori vezani na red.

Struja kratkog spoja je:

$$\boldsymbol{I_{scStringa} = I_{scpanela}}$$

$$\boldsymbol{I_{scStringa} = 18{,}28\ A}$$

Električne karakteristike modula u normalnom radnom režimu (NMOT – 800 W/m^2, T=20 ºC, brzina vetra 1 m/s):

- nazivna snaga: Pmax = 500 W
- napon praznog hoda: Voc = 42,68 V
- struja kratkog spoja: Isc = 14,99 A
- napon pri maksimalnoj snazi: Vmpp = 35,48 V
- struja pri maksimalnoj snazi: Impp = 14,09 A

U tom slučaju minimalan broj PV modula koji se može priključiti u string je:

$$N_{min} = \frac{U}{V_{mpp}} = \frac{200}{35,48} = 6$$

gde je

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

Za predviđen najmanji broj panela u stringu, odnosno string od 18 modula, ulazni napon invertora je:

$$U = 18 \cdot 35,48\ V = 368,64\ V > 200\ V$$

Na osnovu gore navedenog, vidi se da je ulazni napon invretora viši od minimalne dozvoljene vrednosti.

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

POPREČNI PRESEK PROVODNIKA	DOZVOLJENA STRUJNA NOSIVOST IEC 62930		
	JEDNOŽILNI KABL, SLOBODNO U VAZDUHU	JEDNOŽILNI KABL, POLOŽEN NA POVRŠINU	DVA OPTEREĆENA KABLA, POLOŽENA NA POVRŠINI
mm2	**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

Usvajamo da je presek PV provodnika između panela::

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

Za prikazanu struju u sistemu usvajamo presek PV kabla od 6 mm^2 koji prema katalоškim podacima zadovoljava. PV kabl 1x6 mm^2, položen na površinu konstrukcije može preneti 58 A, pri temperaturi od 30 ºC.

Broj redno vezanih PV modula koji se priključuje na ulaze invertora je 18 u najdužem stringu koje se povezuju na invertor.

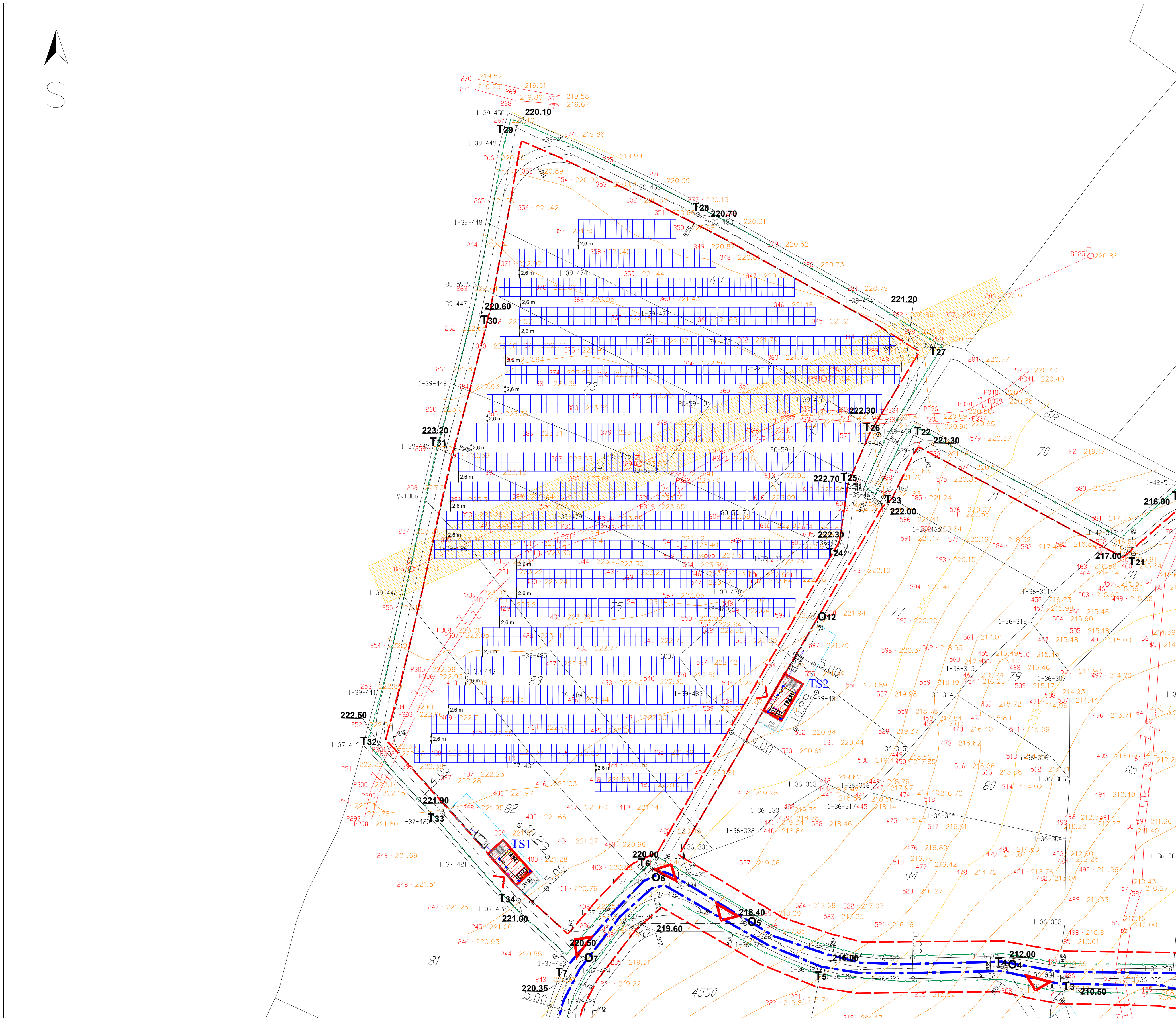
Proizvođač isporučuje invertor sa ugrađenim zaštitnim elementima i zaštitnim odvodnicima prenapona II nivoa zaštite.

4.6.1.4 Proračun AC kablova i izbor zaštitnih komponenti (od invertora do NN razvodnog postrojenja) kao i SN postrojenja

Proizvedena električna energija se od invertora do NN razvodnog postrojenja (table) isporučuje kablovima tipa PP ili XLPE. Proračunom u PGD-u će biti prikazan poprečni presek kabla koji će biti položen u kablovskim regalima i/ili kablovskim rovovima.

Za invertore od 100 kW, kao zaštitni uređaji biće primenjeni prekidači ili osigurači od 200 A.

4.7. GRAFIČKA DOKUMENTACIJA



L E G E N D A:

- PV string
- TS-1 — Trafostanica 35/0,4 kV
- Interna saobraćajnica
- Zaštitni pojas dalekovoda 10 kV
- Regulaciona linija
- Građevinske linije
- Prilaz objektu
- Kolski ulaz u kompleks

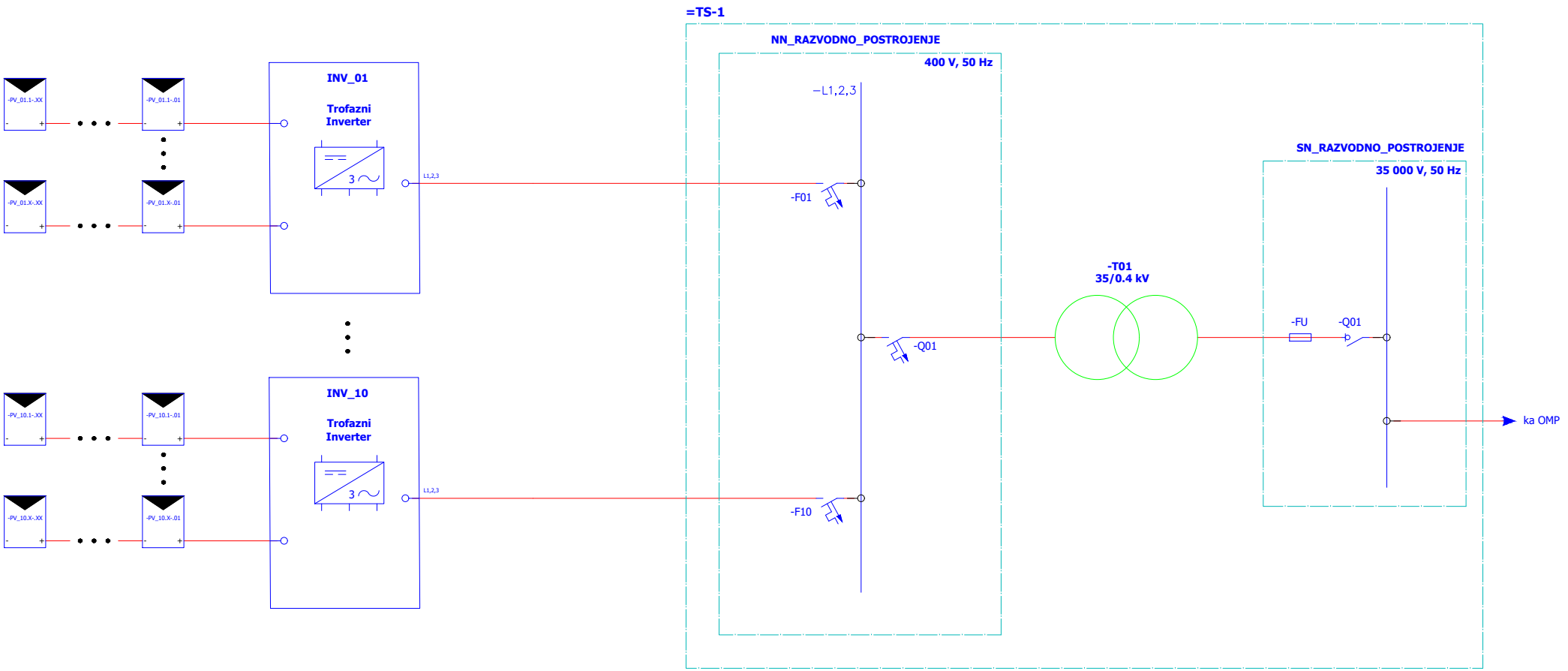
FB Solar Plant 1 - 1,5 MWp
2268 PV x 660 Wp

INSTALISANE SNAGE 999 kW

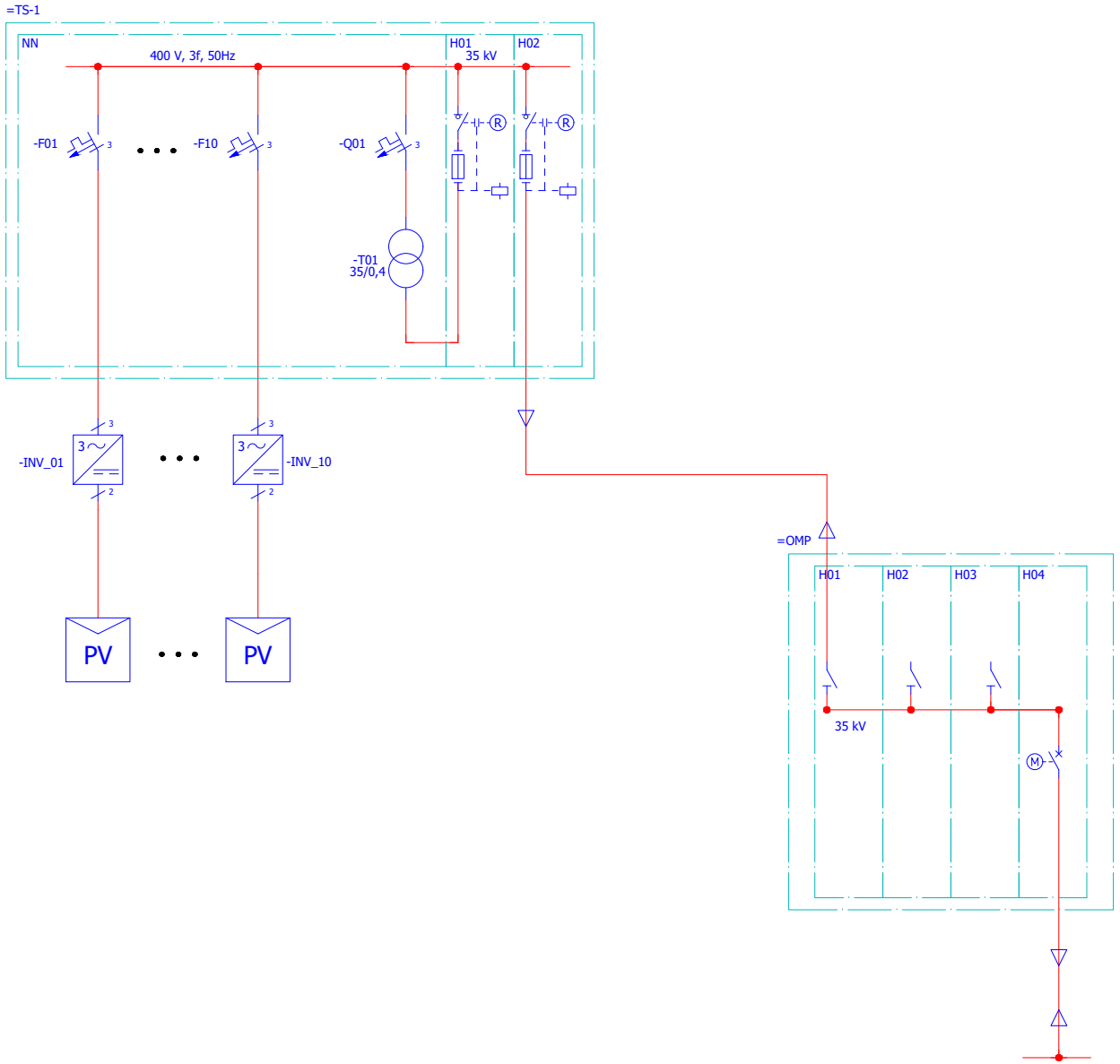
TS-1 35/0,4 kV
1 x 1250 kVA

NAPOMENA: **TS-2, TS-3, SN kablovi, zgrada OMP i priključak na DSEE nisu predmet ovog projekta.**

BOOK NUMBER: OZNAKA SVESKE:	23-PD-006-2	OBJECT OBJEKAT	**FB Solar Plant 1 Vražogrnac, Srbija**
APPROVER NAME ODGOVORNI PROJEKTANT	S. MILETIĆ	PROJECT PROJEKAT	**PROJEKAT EL.ENERGETSKIH INSTALACIJA - Sveska 4 -**
LICENSE No. BROJ LICENCE	350 O015 15		
EDITOR OBRADIO	S. MILETIĆ	CONTRACTOR NAME PROJEKTNA ORGANIZACIJA: ENERGLOBE SOLUTIONS	EMPLOYER INVESTITOR: **DIB Stars d.o.o.** Kralja Milutina 49/2 Beograd, Srbija
DATE DATUM	JANUAR, 2025.	DRAWING NAME IME CRTEŽA: SITUACIJA	SCALE RAZMERA: 1:1000
PERMIT DOC. TYPE VRSTA PROJEKTA	IDEJNO REŠENJE	DRAWING No. BROJ CRTEŽA: 23-PD-006-2-D001; SHEET No. BROJ LISTA: 01 OF OD 01	REV. 1



BOOK NUMBER: OZNAKA SVESKE:	23-PD-006-2	OBJECT OBJEKAT	**FB Solar Plant 1 Vražogrnac, Srbija**	PROJECT PROJEKAT	**PROJEKAT EL.ENERGETSKIH INSTALACIJA - Sveska 4 -**			
APPROVER NAME ODGOVORNI PROJEKTANT	S. MILETIĆ							
LICENSE No. BROJ LICENCE	350 O015 15							
EDITOR OBRADIO	S. MILETIĆ	CONTRACTOR NAME PROJEKTNA ORGANIZACIJA	EMPLOYER INVESTITOR	**DIB Stars d.o.o.** Kralja Milutina 49/2 Beograd, Srbija	DRAWING NAME IME CRTEŽA	BLOK ŠEMA SOLARNE ELEKTRANE		SCALE RAZMERA
DATE DATUM	JANUAR, 2025.				DRAWING No. BROJ CRTEŽA	23-PD-006-2-D002	SHEET No. BROJ LISTA 01 OF OD 01	REV. 1
PERMIT DOC. TYPE VRSTA PROJEKTA	IDEJNO REŠENJE							



BOOK NUMBER: OZNAKA SVESKE:	23-PD-006-2	OBJECT OBJEKAT	**FB Solar Plant 1 Vražogrnac, Srbija**	PROJECT PROJEKAT	**PROJEKAT EL.ENERGETSKIH INSTALACIJA - Sveska 4 -**			
APPROVER NAME ODGOVORNI PROJEKTANT	S. MILETIĆ							
LICENSE No. BROJ LICENCE	350 O015 15							
EDITOR OBRADIO	S. MILETIĆ	CONTRACTOR NAME PROJEKTNA ORGANIZACIJA	EMPLOYER INVESTITOR	DRAWING NAME IME CRTEŽA	JEDNOPOLNA ŠEMA SN POSTROJENJA			SCALE RAZMERA
DATE DATUM	JANUAR, 2025.	ENERGLOBE SOLUTIONS	**DIB Stars d.o.o.** Kralja Milutina 49/2 Beograd, Srbija	DRAWING No. BROJ CRTEŽA	23-PD-006-2-D003	SHEET No. BROJ LISTA 01	OF OD 01	REV. 1
PERMIT DOC. TYPE VRSTA PROJEKTA	IDEJNO REŠENJE							