

03 NASLOVNA STRAN NAČRTA

NAZIV GRADNJE: **MFE Osnovna šola Šentjanž - elektrarna B**

KRATEK OPIS GRADNJE: **Namestitev modulov in električne opreme na streho OŠ Šentjanž - elektrarna B**

INVESTITOR: **Občina Dravograd,
Trg 4. julija 7, 2370 Dravograd**

MESTO NAPRAVE: **MFE Osnovna šola Šentjanž,
Šentjanž pri Dravogradu 88, 2373 Šentjanž pri Dravogradu,
parcelna številka 196/2, k. o. 844 Šentjanž pri Dravogradu**

VRSTA DOKUMENTACIJE: **PZI**

VRSTA GRADNJE: **Vzdrževanje**

ŠTEVILKA PROJEKTA: **1509/2024-KS**

STROKOVNO PODROČJE NAČRTA: **Načrt s področja elektrotehnike**

ŠTEVILKA NAČRTA: **1509/2024-KS**

DATUM IZDELAVE NAČRTA: **september, 2024**

DATUM SPREMEMBE NAČRTA: **/**

IZDELOVALEC NAČRTA (Ime in priimek poobl. inž.): **dr. Klemen Stopar, univ.dipl.inž.el.**

Identifikacijska številka: **IZS PI E-1396**

Podpis: **Žig:**

dr. KLEMEN STOPAR
univ.dipl.inž.el.
IZS PI E-1396

PODATKI O PROJEKTANTU (Projektant): **SONCE energija d.o.o.
Šmartinska cesta 130, 1000 Ljubljana**

ODGOVORNA OSEBA PROJEKTANTA: **Roman Gregorn, univ.dipl.oec.**

Podpis: **Žig:**

KAZALO VSEBINE PROJEKTA

KAZALO NAČRTOV

PZI

Naziv načrta

Številka načrta

Načrt s področja elektrotehnike

1509/2024-KS

KAZALO IZKAZOV

PZI

Naziv izkaza IZJAVA PROJEKTANTA IN VODJE PROJEKTIRANJA V PZI

IZJAVA PROJEKTANTA IN VODJE PROJEKTIRANJA V PZI

PROJEKTANT

| | |
|-----------------------------|-----------------------------------|
| projektant (naziv družbe) | SONCE energija d.o.o. |
| sedež družbe | Šmartinska c. 130, 1000 Ljubljana |
| odgovorna oseba projektanta | Roman Gregorn |

IN VODJA PROJEKTIRANJA

| | |
|---------------------|--|
| vodja projektiranja | dr. Klemen Stopar, doktor znanosti s področja elektrotehnike |
|---------------------|--|



IZJAVLJAVA

da je projektna dokumentacija za izvedbo gradnje (PZI):

| | |
|-------------------|-----------------|
| Številka projekta | 1509 / 2024-KS |
| Datum izdelave | september, 2024 |

- skladna z zahtevami prostorskega izvedbenega akta;
- da so bili v izdelavo projektne dokumentacije vključeni ustrezni pooblaščen arhitekti, pooblaščen krajinski arhitekti in pooblaščen inženirji s področja gradbeništva, elektrotehnike, strojništva, tehnologije, požarne varnosti, geo-tehnologije in rudarstva, geodezije ali prometnega inženirstva ter strokovnjaki z drugih strokovnih področij, katerih strokovne rešitve so glede na namen in zahtevnost objekta ter namen izdelave projektne dokumentacije potrebni, tako da je ta izdelana celovito in medsebojno usklajena, in
- da je s projektno dokumentacijo v celoti zagotovljeno izpolnjevanje bistvenih in drugih zahtev objekta.

| | |
|----------------------------|--|
| vodja projektiranja | dr. Klemen Stopar, doktor znanosti s področja elektrotehnike |
| identifikacijska številka | E-1396 |
| podpis vodje projektiranja | |

| | |
|------------------------------------|---------------|
| odgovorna oseba projektanta | Roman Gregorn |
| podpis odgovorne osebe projektanta | |

KAZALO VSEBINE NAČRTA, št. 1509/2024-KS

| | |
|--------------|---|
| 3/1 | Naslovna stran načrta |
| | Kazalo vsebine projekta |
| | Izjava projektanta in vodje projekta v PZI |
| | Kazalo vsebine načrta |
| 3/1 1 | Tehnično poročilo |
| 3/1 1.1 | Splošni opis – projektna naloga |
| 3/1 1.2 | Seznam uporabljenih predpisov in standardov |
| 3/1 1.3 | Osnovni tehnični podatki foto-napetostne elektrarne MFE Osnovna šola Šentjanž - elektrarna A |
| 3/1 1.4 | Upravljanje z odpadki |
| 3/1 2 | Tehnični izračun |
| 3/1 2.1 | Določitev impedance in kratkostičnih tokov omrežja |
| 3/1 2.2 | Izračun in preverba izbranega varovalnega vložka v PMO MFE Osnovna šola Šentjanž - elektrarna A |
| 3/1 2.3 | Dimenzioniranje kablov po SIST IEC 60364-4-43:2009 |
| 3/1 2.4 | Kontrola padcev napetosti |
| 3/1 3 | Projektantski popis s pred-izmerami in stroškovno oceno |
| 3/1 4 | Grafični in tehnični prikazi |
| 3/1 4.1 | Naslovna stran s kazalom |
| 3/1 4.2 | Predvidena katastrska situacija v merilu 1:500 s predvideno namestitvijo opreme |
| 3/1 4.3 | Tlorisi strehe OŠ Šentjanž A (objekt 1) in B (objekt 2) z merami in razporeditvijo modulov |
| 3/1 4.4 | Prikaz povezav modulov in tvorba nizov foto-napetostnih polj |
| 3/1 4.5 | Enočrtna shema OŠ Šentjanž za merilno mesto A in B |
| 3/1 4.6 | Vezalna shema modulov, DC / AC omarice 2 in razsmernika 1 (merilno mesto B) |
| 3/1 4.7 | Notranji in zunanji izgled DC / AC omarice 2 s popisom materiala |
| 3/1 4.8 | Vezalna shema nove PS PMO MFE OŠ Šentjanž A in obstoječe PMO |
| 3/1 4.9 | Zunanji in notranji izgled obstoječe PMO OŠ Šentjanž s popisom materiala |
| 3/1 4.10 | Zunanji in notranji izgled predelane PMO OŠ Šentjanž z Mer. mestoma A in B ter popisom |
| | |
| | |
| | |
| | |
| 3/1 5 | Priloge |
| | |
| | |
| | |

3/1 1 TEHNIČNO POROČILO

3/1 1.1 Splošni opis – Projektna naloga

Za investitorja Občina Dravograd, Trg 4. julija 7, 2370 Dravograd, smo izdelali načrt umestitve in vključitve MFE Osnovna šola Šentjanž - elektrarna B (34 FN modulov vršne moči 14,96 kWp, in razsmernika SolaEdge SE17K s pripadajočo opremo) na streho osnovne šole Šentjanž, Šentjanž pri Dravogradu 88, 2373 Šentjanž pri Dravogradu, na parcelni številki 196/2, katastrska občina 844 Šentjanž pri Dravogradu. Izdelan projekt MFE Osnovna šola Šentjanž - elektrarna B ne posega in ne spreminja obstoječih napajalnih sistemov, saj se glede na zahtevo v izdanem soglasju za priključitev št. 1495061 proizvodne naprave MFE OŠ Šentjanž - elektrarna B priklaplja za merilno napravo z odklopnikom merilnega mesta 8107653 v obstoječi priključno merilni omari OŠ Šentjanž na obstoječ NN napajalni kablovod NAY2Y-J 4x 240 mm² izvoda I01 Šola v TP 20/0,4 kV ŠENTJANŽ: 117. Prav tako ne spreminja ozemljilne in načeloma strel vodne instalacije ter njih zaščitne funkcije, ne spreminja in ne posega v izvedene obstoječe umestitve merilno regulacijske opreme ter ostalih nizkonapetostnih instalacij. Projektna dokumentacija je izdelana v skladu z veljavnim Pravilnikom o projektni dokumentaciji in veljavnimi sistemskimi obratovalnimi navodili SONDSEE pri priključevanju in obratovanju proizvodnih naprav na distribucijsko omrežje.

Iz transformatorske postaje TP 20 / 0,4 kV ŠENTJANŽ: 117 in izvoda I01: OSNOVNA ŠOLA poteka kablovod NAY2Y-J 4 x 240 mm² (varovan s 160 A taljivim vložkom), položen po obstoječi kabelski kanalizaciji – v zaščitnih ceveh in skupni dolžini 135 m do obstoječe priključno merilne omare PMO Osnovna šola Šentjanž. V priključno merilni omari Osnovna šola Šentjanž – je trenutno izvedeno merilno mesto v pol-indirektni vezavi s pomočjo tokovnih merilnih transformatorjev 100/5 A in s trifaznim števcem (P2 merilno mesto 2177069) delovne in jalove energije.

Obstoječe merilno mesto 2177069 (merilno mesto A) v obstoječi PMO OŠ Šentjanž, se preuredi za zmanjšano priključno moč (za 12 kW iz 55 kW na 43 kW), izvede se varovanje merilnega mesta s 63A varovalnimi vložki in vgradi se nov Direktni trifazni dvosmerni števec delovne in jalove energije z notranjo uro razreda točnosti A za delovno energijo in 2 za jalovo energijo, z integrirano smerno zaščito in 2G/4G komunikacijskim vmesnikom. Za merilno napravo merilnega mesta 2177069 v obstoječi PMO OŠ Šentjanž bodo izvedena priključna mesta za napajanje porabnikov notranji instalaciji in izvedeno bo priključno mesto za samooskrbno elektrarno A nazivne moči 44,88 kWp.

V obstoječi priključno merilni omari OŠ Šentjanž bo izvedeno skladno s soglasjem 1495061 tudi merilno mesto 8107653 (merilno mesto B) ki bo varovano z varovalčnim ločilnikom 25A in izvedeno meritev z direktnim trifazni dvosmernim števcem delovne in jalove energije z notranjo uro razreda točnosti A za delovno energijo in 2 za jalovo energijo, z integrirano smerno zaščito in 2G/4G komunikacijskim vmesnikom. Tudi za merilnim mestom B bodo izvedena priključna mesta za napajanje porabnikov v notranji instalaciji in za samooskrbno elektrarno B nazivne moči 14,96 kWp. Razporeditev opreme v obstoječi priključno merilni omari OŠ Šentjanž, preurejeni za namestitve

dveh merilnih mest, priključitev porabnikov in dveh samooskrbnih sončnih elektrarn je razvidna iz grafičnega dela tega načrta na strani 4.10.

Za samooskrbno elektrarno B nazivne moči 14,96 kWp skladno s soglasjem 1495061 ni zahtevano neporazdeljeno ločilno mesto. Zato je v obstoječi priključno merilni omari OŠ Šentjanž za merilnim mestom nameščeno ročno ločilno stikalo in omogoča izklop samooskrbne elektrarne B z vsemi internimi porabniki, ki jih napaja merilno mesto 8107653. Samooskrbna elektrarna B je priključena direktno iz DC / AC omarice 2 na pripravljeno priključno merilno mesto v obstoječi priključno merilni omari OŠ Šentjanž.

Pri načrtovanju in izdelavi električnih instalacij je potrebno upoštevati vse veljavne tehniške predpise in normative, dovoljeno je vgrajevati le materiale in opremo, ki je izdelana skladno z veljavnimi standardi. Uporabljati se sme tudi izdelke, ki so skladni s tujimi standardi oziroma so skladni s priporočili Mednarodne elektrotehniške komisije (IEC). Električne instalacije morajo biti izvedene tako, da zaradi najrazličnejših vplivov ne bo ogrožena varnost ljudi, premoženja in obratovanja.

V obeh soglasjih za priključitev št. 1493724 (merilno mesto 2177069 – merilno mesto A za samooskrbno sončno elektrarno A, z omejevanjem toka 3 x 50 A) in soglasju št 1495061 (merilno mesto 8107653 – merilno mesto B za samooskrbno sončno elektrarno B z omejevanjem toka 3 x 25 A) proizvodne naprave je predpisana shema priključitve PS.3A. V točki priključitve je mogoč TN sistem napajanja, predpisan je A tip proizvodne naprave, karakteristika delovne moči D-1, proizvodna naprava mora glede na tip (A) izpolnjevati zahteve glede sposobnosti zagotavljanja jalove moči skladno z zahtevami iz poglavij XI.2, Priloge 5, SONDSEE. Vse te nastavitve so zajete v nastavitvah posameznega razsmernika kot regionalne nastavitve za Slovenijo in v zaščitnih napravah ločilnega mesta.

3/1 1.2 Seznam uporabljenih predpisov, standardov in normativov

Pri projektiranju so bili upoštevani naslednji zakoni, veljavni predpisi, normativi, standardi ter splošno priznani varstveni ukrepi:

- 1 Gradbeni zakon GZ-1, (Uradni list RS, št. 199/21 in 105/22 – ZZNŠPP)
- 2 Zakon o prostorskem načrtovanju ZPNačrt, (Uradni list RS, št. 33/07, 70/08 – ZVO-1B, 108/09, 80/10 – ZUPUDPP, 43/11 – ZKZ-C, 57/12, 57/12 – ZUPUDPP-A, 109/12, 76/14 – odl. US, 14/15 – ZUUIFO in 61/17 – ZUreP-2)
- 3 Zakon o urejanju prostora (Uradni list RS, št. 199/21 in 18/23 – ZDU-10)
- 4 Zakon o varnosti in zdravju pri delu ZVZD-1, (Ur. list RS, št. 43/11)
- 5 Energetski zakon, EZ-1, (Ur. list RS, št. 17/14, 81/15 in 43/19)
- 6 Zakon o učinkoviti rabi energije – ZURE (Uradni list RS, št. 158/20 z dne 2. 11. 2020)
- 7 Zakon o spodbujanju rabe obnovljivih virov energije – ZSROVE (Uradni list RS, št. 121/21 z dne 23. 7. 2021)
- 8 Zakon o standardizaciji, ZSta-1, (Ur. list RS, št. 59/99)
- 9 Zakon o meroslovju, ZMer-1-UPB1, (Ur. list RS, št. 26/05)

- 10 Zakon o varstvu pred požarom, ZVPoz-UPB1, (Ur. list RS, št. 3/07, 09/11, 83/12 in 61/17 - GZ)
- 11 Zakon o varstvu okolja, ZVO-1-UPB1, (Ur. list RS, št. 39/06, 70/08, 108/09, 48/12, 57/12, 92/13, 56/15, 102/15, 30/16, 61/17 – GZ, 21/18 – ZNOrg in 84/18 – ZIURKOE))
- 12 Pravilnik o zaščiti nizkonapetostnih omrežij in pripadajočih transformatorskih postaj, (Ur. list RS, št. 202/21)
- 13 Pravilnik o zaščiti stavb pred delovanjem strele, (Uradni list RS, št. 140/21 in 199/21 – GZ-1)
- 14 Pravilnik o mehanski odpornosti in stabilnosti objektov, (Ur. list RS, št. 101/05 in 61/17 - GZ)
- 15 Pravilnik o obratovanju elektroenergetskih postrojev (Uradni list RS, št. 56/16)
- 16 Pravilnik o vzdrževanju elektroenergetskih postrojev, (Ur. list RS, št. 98/2015)
- 17 Pravilnik o zahtevah za nizkonapetostne inštalacije v stavbah, (Uradni list RS, št. 140/21 in 199/21 – GZ-1)
- 18 Pravilnik o varstvu pri delu pred nevarnostjo električnega toka, (Ur. list RS, št. 29/92, 56/99 – ZVZD in 43/11 – ZVZD-1)
- 19 Pravilnik o podrobnejši vsebini dokumentacije in obrazcih, povezanih z graditvijo objektov (Uradni list RS, št. 36/18 in 51/18 – popr.) 25. Pravilnik o gradbiščih, (Ur. list RS, št. 55/08, 54/09)
- 20 Pravilnik o požarni varnosti v stavbah, (Ur. list RS, št. 31/04, 10/05, 83/05, 14/07, 12/13 in 61/17 – GZ in 199/21 – GZ-1)
- 21 Pravilnik o zasnovi in študiji požarne varnosti, (Ur. list RS, št. 12/13, 49/13 in 61/17 – GZ)
- 22 Uredba o razvrščanju objektov (Uradni list RS, št. 37/18)
- 23 Uredba o zagotavljanju varnosti in zdravja pri delu na začasnih in premičnih gradbiščih, (Ur. list RS, št. 83/05 in 43/11 – ZVZD-1)
- 24 Uredba o ravnanju z odpadki, ki nastanejo pri gradbenih delih, (Ur. list RS št.: 34/08 in 44/22 – ZVO-2)
- 25 Standard SIST EN 50160:2011/AC:2013/A1:2015, "Značilnosti napetosti v javnih razdelilnih omrežjih"
- 26 Standard SIST EN 62305-1:2011/AC:2016 - Zaščita pred delovanjem strele -1. del: Splošna načela,
- 27 Standard SIST EN 62305-2:2012 - Zaščita pred delovanjem strele -2. del: Vrednotenje tveganja,
- 28 Standard SIST EN 62305-3:2011 - Zaščita pred delovanjem strele -3. del: Fizična škoda na zgradbah in nevarnost za živa bitja
- 29 Standard SIST EN 62305-4:2011/AC:2016 - Zaščita pred delovanjem strele -4. del: Električni in elektronski sistemi v zgradbah
- 30 Standard SIST HD 60364-4-43:2011, "Nizkonapetostne električne inštalacije -4 -43. del: Zaščitni ukrepi -Zaščita pred nadtoki"
- 31 Sistemska obratovalna navodila za distribucijski sistem električne energije (SONDSEE) so izdana na podlagi petega odstavka 144. člena Energetskega zakona (Uradni list RS, št. 60/19 – uradno prečiščeno besedilo, 65/20 in 158/20 – ZURE) ter soglasja Agencije za energijo št. 73-1/2020-21/263 z dne 22. 10. 2020 in soglasja Vlade Republike Slovenije, št. 36001-1/2020/3 z dne 9. 12. 2020.
- 32 Pravilnik o tehničnih zahtevah za priključitev proizvodnih naprav električne energije na distribucijsko omrežje in o izvajanju 5. člena Uredbe Komisije (EU) št. 2016/631 o vzpostavitvi kodeksa omrežja za zahteve za priključitev proizvajalcev električne energije na omrežje (Uradni

list RS, št. 97/21)

- 33 Tehnična smernica TSG -1 -001: 2019 »Požarna varnost v stavbah«
- 34 Tehnična smernica TSG -N -002:2021 »Nizkonapetostne električne inštalacije«
- 35 Tehnična smernica TSG -N -003:2021 »Zaščita pred delovanjem strele«
- 36 Tehnična smernica GIZ TS -8 -6/2014 »Smernica za gradnjo podzemnih kabelskih vodov«
- 37 Tehnična smernica GIZ TS -2 -9/2013 »NN energetske kabli 1 kV«
- 38 Tehnična smernica GIZ TS -13 -9/2017 »Elektro kabelska kanalizacija«
- 39 Tipizacija merilnih mest (SODO 2015)

3/1 1.3 Osnovni tehnični podatki foto-napetostne elektrarne MFE Osnovna šola Šentjanž - elektrarna B

Foto-napetostni generator bo postavljen na streho osnovne šole Šentjanž, Šentjanž pri Dravogradu 88, 2373 Šentjanž pri Dravogradu, na parcelni številki 196/2, kat. ob. 844 Šentjanž pri Dravogradu. Streha na kateri bodo nameščeni moduli je prikazana na risbi 3/1 4.3 na načrtu PZI št. 1509/2024-KS, objekt ima kritino pločevina, moduli bodo nameščeni s pod konstrukcijo direktno na pločevinasto kritino. Število nameščenih modulov na objektu / strehi način tvorbe nizov in vezava nizov na posamezen razsmernik je razvidno iz grafičnega dela tega PZI.

Razsmernik in DC/AC omarica 2 bodo nameščeni v neposredni bližini obstoječe PMO OŠ Šentjanž tako, da bodo zaščiteni pred soncem in vplivom dežja. DC kabli niza bodo vodeni po pripravljeni kabelski trasi do DC / AC omarice 2, kjer bo priključen na prenapetostni odvodnik tipa T1/T2 namenjenega za foto-napetostne sisteme (izvedena zaščita pred prenapetostmi na DC strani) in nato na vhod razsmernika. Tudi na AC strani DC/AC omarice 2 bo nameščen prenapetostni odvodnik tipa T1/T2. Vsi kovinski elementi foto-napetostne elektrarne prenapetostni odvodniki DC in AC strani bodo povezani z GIP zbiralko ter s sistemom ozemljitve objekta. Po AC kablovodu pa bo s PEN vodnikom povezan razsmernik ter ozemljeni preko PEN zbiralke v obstoječi priključno merilni omarici Osnovna šola Šentjanž.

Od DC / AC omarice 2, bo potekala kabelska trasa po kabelski polici s povezovalnim kablovodom FG16OR16 4 x 16 mm² predelane obstoječe PMO Osnovna šola Šentjanž v skupni dolžini 30 m.

Moduli SunContract SNC 108/440 BiF 440 Wp predvideni pri gradnji MFE Osnovna šola Šentjanž - elektrarna A imajo sledeče lastnosti:

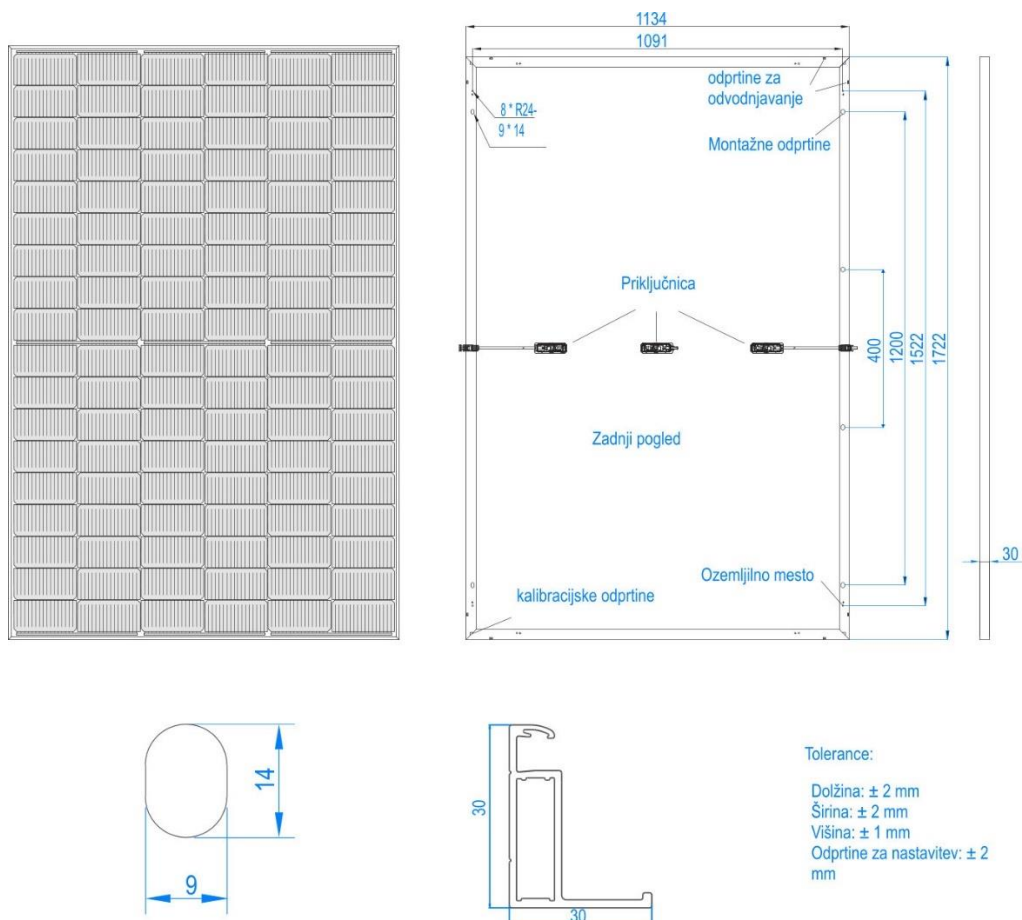
| Električni podatki modula | (STC) | (NOTC) |
|---|----------------|---------|
| Suncontract SNC 108/440BiF | | |
| Nazivna moč modula (P_{MAX}) | 440W | 329 W |
| Napetost v točki največje moči (U_{MP}) | 32,05 V | 29,77 V |
| Tok v točki največje moči (I_{MP}) | 13,73A | 11,05A |
| Napetost odprtih sponk (U_{OC}) | 38,72V | 36,92V |
| Kratkostični tok modula (I_{SC}) | 14,56 A | 11,62A |
| Izkoristek modula | 22,25% | |
| Delovna temperatura | -40°C ~ +85°C | |
| Največja dovoljena napetost | 1500V (IEC) | |
| Požarni razred modula | / | |
| Največji dovoljen tok varovalke | 25 A | |
| Razvrstitev naprave | / | |
| Odstopanje nazivne moči | 0 ~ ± 3 W | |
| Temperaturni koeficient I_{SC} | + 0,046 % / °C | |
| Temperaturni koeficient U_{OC} | - 0,25 % / °C | |
| Temperaturni koeficient P_{MAX} | - 0,30 % / °C | |

| Dvostranski sprejemnik sončne svetlobe | |
|--|--------|
| dodaten prispevek k moči iz zadnje strani: | |
| 10% prispevek zadnje strani (P_{MAX}) | 484 W |
| Izkoristek modula | 24,78% |
| 20% prispevek zadnje strani (P_{MAX}) | 528 W |
| Izkoristek modula | 27,03% |

| Mehanski podatki o modulu | |
|-------------------------------|------------------------------------|
| LASTNOST | PODATEK CELICE |
| Tip | N - tip monokristalna celica |
| Razporeditev | 108 (2 x 54) 182 x 91 mm |
| Dimenzija modula | 1722 X 1134 X 30 mm |
| Teža | 23,5 kg |
| Prednja šipa | 2 mm kaljeno steklo |
| Zadnja šipa | 2 mm kaljeno steklo |
| Okvir | Anodizirana aluminijeva zlitina |
| Priključno mesto | IP68, 3 bypass diode |
| Povezovalni vodnik | 4.0 mm ² (IEC) |
| Dolžina vodnika s konektorjem | Pokončno: 300 mm (+) / 300 mm (-); |
| Konektor | MC4 kompatibilni |
| Paleta | 36 kos |
| Kontejner (40' HQ) | 936 kos |

Standardni pogoji preizkušanja (STC): jakost obsevanja 1000 W/m², spekter zraka 1.5 temperatura celice 25°C.

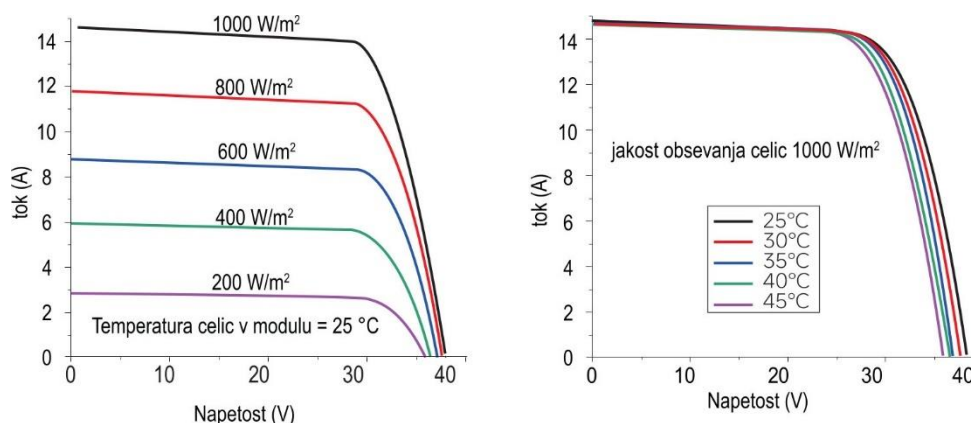
Pogoji preizkušanja pri nazivni temperaturi celice (NOCT): jakost obsevanja 800 W/m², spekter zraka 1.5, temperatura celice 20°C in hitrost vetra 1 m/s.



Slika 1: Podatki in izgled modula s pripadajočimi dimenzijami

Kaljeno steklo zagotavlja zaščito solarnega modula pred vplivi okolja, kot sta toča (odporno do velikosti zrna toče 25 mm in njegove hitrosti 23 m/s) in led, sneg (do obremenitve 5400 N/m²), hkrati pa odlično prepušča vpadlo svetlobo k sončnim celicam. Solarni modul je obdan z okvirjem iz eloksiranega aluminija. Predmetni solarni modul ima dvostranski sprejemnik sončne svetlobe, kar pomeni, da v osnovi prednjemu sevanju dodaja nek manjši odstotek moči kot posledica pretvorjenega sevanja, ki se je odbilo in zadelo zadnjo stran sprejemnika. Ker imajo steklo tudi na zadnji strani so požarno varnejši.

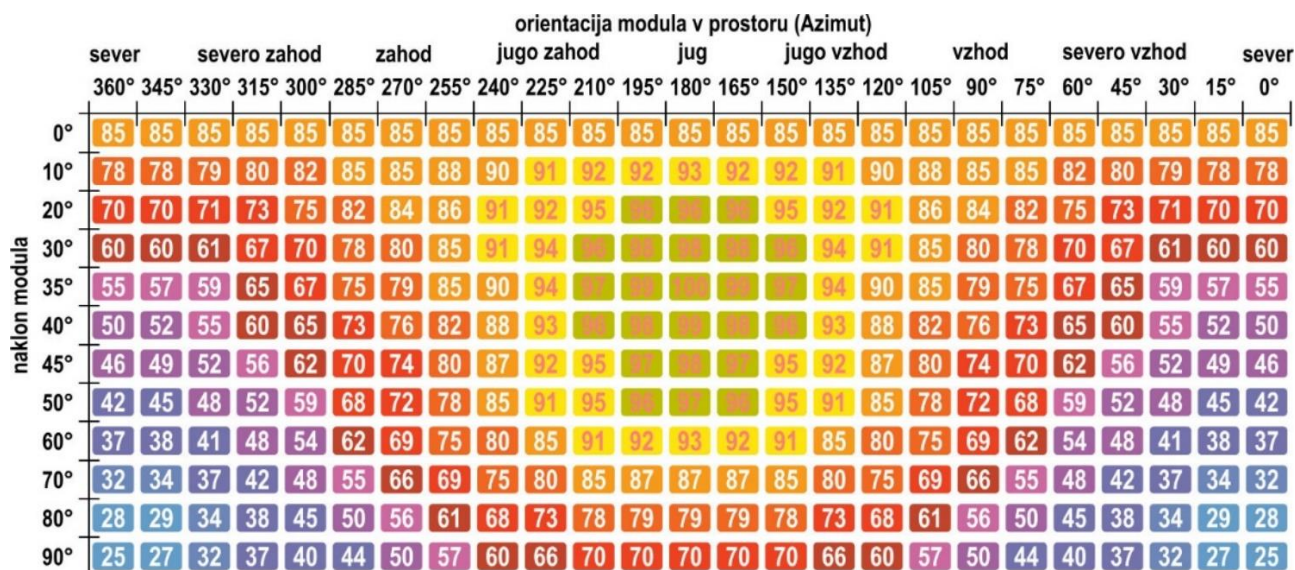
Delovanje modulov (polprevodniške mono-kristalne rezine silicija, ki so osnovni gradniki modula) je močno odvisno od gostote sončne obsevanosti in temperature celice same. V nadaljevanju so prikazane električne lastnosti modula (sposobnost pretvorbe sončne svetlobe v napetost in tok) v odvisnosti od jakosti sončnega obsevanja (je odvisna od naklona in orientacije modula v prostoru) ter temperature celic v modulu in s tem lastnosti poteka fotoefekta (generiranja enosmernega toka in napetosti), ki jo z razsmerniki pretvarjamo v izmenično napetost in tok. Za običajen obseg temperatur polprevodniških celic modula od 25 do 85 °C (25°C je temperatura izračuna, upoštevana v pogojih standardnega preizkušanja modula STC), so podane naslednje zakonitosti:



Slika 2: $U-I$ karakteristike modula v odvisnosti od jakosti sončnega obsevanja in temperature celice

Poleg temperature celice na električne parametre modula vpliva tudi jakost sončnega obsevanja, ki je predvsem odvisna od letnega časa (višine sonca na obzorju) in ure dneva, ko sonce potuje od vzhoda do zahoda. Jakost vpadnega sončnega obsevanja na modul je odvisna tudi od orientacije (azimut) modula v prostoru in naklona modula na strehi ali pod – konstrukciji. Orientacija – azimut je idealen, ko je modul obrnjen točno proti jugu, oziroma ko je azimut = 180°. Idealni naklon modula pa je odvisen od geografske širine, kje je modul nameščen, za naše kraje (geografsko širino) je idealni naklon (ko ima modul v obdobju enega leta največji izkoristek) med 30° do 35°.

Splošno velja, jakost sončnega obsevanja je največja, ko sončni žarki vpadajo pravokotno na sprejemnik (slednje pomeni, da je pot sončnih žarkov skozi atmosfero zemlje najkrajša – ko je sonce v zenitu) pravokoten vpad žarkov lahko dosežemo tudi z ustreznim nagibom površine sprejemnika. Na ta način žarki, ki vpadajo na zaščitno steklo modula pravokotno prehajajo do celice s čim manj odboja in spremembe smeri, kar pomeni najmanjše izgube svetlobe zaradi refleksije in sipanja pri prehodu skozi zaščitno steklo modula.



Slika 3: Vpliv naklona in orientacije modula na izkoristek sončnega obsevanja

Ob upoštevanju vseh zapisanih zakonitosti lahko za dejansko pozicijo modulov na strehi osnovne šole Šentjanž - elektrarna B, Šentjanž pri Dravogradu 88, 2373 Šentjanž pri Dravogradu, na parcelni številki 196/2, kat. ob. 844 Šentjanž pri Dravogradu, predvidimo dejanski izkoristek razpoložljivega sončnega obsevanja po posameznih objektih oziroma tvorjenem nizu.

Niz bo tvorjen na naslednji način:

- Moduli so predvideni na območju streh, kjer ni senčenja,
- Vsi moduli v nizu naj imajo enak naklon in orientacijo, kot tudi usmerjenost (pokončno ali ležeče),
- Niz bo tvorjen z zaporedno vezanimi optimizatorji SolarEdge S1000 v vezavi 2 modulov na en optimizator,
- Na posamezen vhod razsmernika bo priključen po en niz modulov / optimizatorjev,
- V tehničnih podatkih je določeno največje in najmanjše število optimizatorjev v nizu.

Od izkoristka razpoložljivega sončnega obsevanja je odvisna tudi moč in proizvedena energija posameznega modula glede na navedene električne podatke modula pri standardnih pogojih testiranja.

| | | Azimut °, naklon ° | Število modulov | P _{INST} [kW] | Izkoristek lega | senčenje | P _{DEJANSKA} [kW] | W _{EL,LETO} [kWh] |
|--|---------|-----------------------|--------------------|---------------------------|--------------------|----------|-------------------------------|-------------------------------|
| Razs. 1 | Niz 1.1 | 135°/23° | 34 | 14,96 | 0,93 | 1 | 13,76 | 14560 |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| Pričakovana dejanska moč in proizvodnja Razsmernik 1 | | | | | | | 13,76 | 14560 |
| SKUPAJ | | | | | | | 13,76 | 14560 |

Iz izračunanega lahko razberemo, da bodo nameščeni moduli delovali z močjo 13,76 kW in na letnem nivoju proizvedli 14,56 MWh električne energije.

Električne in mehanske lastnosti uporabljenih optimizatorjev

Uporaba optimizatorjev v nizu modulov predvsem izboljša izkoristek posameznega niza v primerih pojava delnega senčenja posameznih modulov v nizu, izboljša nadzor in možnost vzdrževanja posameznega modula, saj se optimizacija delovanja modula izvaja na nivoju enega ali dveh zaporedno vezanih modulov, zagotavlja hiter izklop v primeru napake na nizu in zniža napetost niza na vsega 1 do 1,1 V po zaporedno vezanem optimizatorju v nizu. Optimizator zagotavlja varno posluževanje izklopljenih foto-napetostnih modulov v nizu, prav tako omogoča varno posredovanje gasilcev v primeru požara. Optimizatorji so grajeni za delovanje s SolarEdge razsmerniki in komunicirajo z razsmernikom po DC povezavi (PLC komunikacija). Za izgradnjo predmetne foto-napetostne elektrarne so predvideni optimizatorji SolarEdge S1000 ki so namenjeni za priključevanje dveh zaporedno vezanih modulov na en vhod optimizatorja. V posamezen niz mora biti nameščenih minimalno 14 zaporedno vezanih optimizatorjev (minimalno 27 modulov) in največ 30 (največ 60 modulov) zaporedno vezanih optimizatorjev in imajo sledeče el. lastnosti:

| | |
|---|-------------------|
| Tip | SOLAREEDGE S1000 |
| Nazivna vhodna moč P_{DC} | 1000 W |
| Maksimalna vhodna napetost U_{OCMAX} | 125 V |
| Območje izhodnih napetosti U_{MPP} | 12,5 – 105 V |
| Maksimalni kratkostični vhodni tok I_{SCMAX} | 15 A |
| Največji izkoristek | 99,5 % |
| Nazivna izhodna napetost U_{DC} | 80 V |
| Maksimalni izhodni tok I_{DC} | 18 A |
| Varnostna napetost, ko je optimizator izključen | $1 \pm 0,1$ V |
| Dimenzije (v × š × g) | 129 x 165 x 52 mm |
| Teža | 1,064 kg |
| Temperaturno območje delovanja | -40°C - +85°C |
| Stopnja zaščite pred vplivi okolja | IP 68 |
| Vhodni in izhodni konektorji | MC4 |
| Minimalna dolžina niza optimizatorjev | 14 |
| Največja dolžina niza optimizatorjev | 30 |
| Največja prenesena moč v enem nizu | 13500 W |

Glede na električne lastnosti optimizatorjev tvorba nizov, katerih moč modulov močno presega 13,5 kW, ni smiselna, ker zaporedno vezani optimizatorji lahko prenesejo le 18 A izhodnega toka, kar pomeni pri napetosti pretvorbe 750 V moč 13500W. Vse kar je več optimizatorji ne prenesejo generirane energije. Tega načela smo se držali tudi pri oblikovanju nizov pri MFE OŠ Šentjanž - elektrarna B, kjer smo tvorili nize z največ 17 optimizatorji (34 moduli) zaporedno. Moč takšnega niza pri uporabljenih moduli in izkoristku sončnega obsevanja znaša 13700W, kar pomeni, da niz praktično ne bo dosegel opisane omejitve moči optimizatorjev v nizu.

Električne in mehanske lastnosti uporabljenega razsmernika SolarEdge SE17K

Omrežni razsmernik pretvarja enosmerno napetost, ki jo proizvedejo solarni moduli v kombinaciji z optimizatorji v izmenično napetost sinusne oblike, ki je sinhronizirana z napetostjo javnega električnega omrežja. Razsmernik deluje popolnoma avtomatizirano. Takoj, ko je sončno obsevanje zadostno – optimizatorji zaznajo zadostno napetost na modulih, sporočijo kontrolni enoti razsmernika, da sproži sinhronizacijo izhodne napetosti razsmernika z omrežjem in prične s pošiljanjem energije vanj. Optimizatorji med delovanjem konstantno sledijo točki največje moči solarnega generatorja (MPPT - Maximum Power Point Tracking). Takoj ko ob mraku ni več zadostnega obsevanja solarnega generatorja, razsmernik avtomatsko prekine proces generiranja toka in preide v stanje mirovanja (>>night mode<<).



Slika 4: Razsmernik SolarEdge SE17K

Razsmernik zmore nadzorovati svoje delovanje s pomočjo notranjih temperaturnih senzorjev, ki v primeru pregrevanja dajo signal za znižanje delovne moči oziroma za izklop in s pomočjo zunanjih senzorjev (predvsem razsmerniku prilagojenih merilnikov električnih veličin), ki omogočajo znižanje delovne moči glede na zahtevo omrežja ali izklop zaradi signala ki ga pošlje nadzorni center distribucijskega operaterja. Razsmerniki so opremljeni tudi s senzorjem pojava obloka, ki v trenutku pojava obloka izklopi njegovo delovanje. V manager enoti so nameščeni tudi DC in AC prenapetostni odvodniki tipa 2, ki varujejo elektronske komponente razsmernika pred prenapetostmi različnih izvorov. Vsaka enota ima vgrajeno opcijo komunikacije bodisi preko RS485 ali Ethernet protokola.

Razsmernik se avtomatično odklopi od javnega električnega omrežja ko se:

- Pojavi previsoka ali prenizka napetost omrežja (napetost javnega električnega omrežja mora biti v mejah med 196 V in 253 V. V primeru, da napetost preseže 264,5V se razsmernik izpade v 0,2 s.).
- Pojavi previsoka ali prenizka omrežna frekvenca (nazivna frekvenca omrežja 50 Hz se lahko giba v območju med 47 Hz in 52 Hz. Če frekvenca pade iz tolerančnega območja, se razsmernik avtomatično izključi iz omrežja v 0,2 s).

- Izmeri prenizko upornost povezav na DC strani.
- Razsmernik se ne zažene, če je en izmed nizov modulov priključen z napačno polariteto.
- Razsmernik se izklopi, če nadzorna enota zazna napako na enem izmed nizov.
- Razsmernik se avtomatsko odklopi v primeru, ko AC ali DC komponenta diferenčnega toka preseže 300 mA, oziroma v kolikor zazna injiciranje enosmerne komponente toka v omrežje.

Tehnični podatki razsmernikov:

| Tip | SolarEdge SE17K |
|--|---|
| Nazivna moč na DC strani P_{DC} | 22,95 kW |
| Maksimalna vhodna napetost U_{DCMAX} | 1000 V |
| Območje vhodnih napetosti U_{MPP} | 750 V |
| Max. vhodni tok I_{DCMAX} | 23 A |
| Število vhodov (MPP) | 2 |
| Število vej na MPP vhod | 2 |
| Maksimalna navidezna moč na AC strani S_{AC} | 17 kVA |
| Nazivna delovna moč na AC strani P_{AC} | 17 kW |
| Nazivna izhodna napetost U_{AC} | 3 x 400 V |
| Maks. izhodni tok I_{AC} | 26 A |
| Nazivna frekvenca f_{AC} | 50 Hz (60Hz) |
| Največji izkoristek | 98,3% |
| EURO izkoristek | 98% |
| Dimenzije (v x š x g) | 549 x 317 x 264 mm |
| Teža | 30,7 kg |
| Temperaturno območje | -40°C - +60°C |
| Topologija | brez transformatorja |
| Komunikacija | RS485 / Ethernet / WiFi / mobilno omrežje |
| Število faz | 3 |
| Stopnja zaščite pred vplivi okolja | IP 65 |
| Hlajenje | prisilno hlajenje |

Razsmernik mora skladno s SONDSEE zagotavljati še sledeče funkcionalnosti, glede na napetostne in frekvenčne razmere v omrežju. V pogojih paralelnega obratovanja z omrežjem za proizvodne naprave, ki niso sistemsko vodene proizvodne naprave, ni primerno, da se odzivajo na spremembe frekvence, dokler je frekvenca znotraj meja od 49,8 do 50,2 Hz, saj to lahko vodi v neželeno otočno obratovanje posameznih delov elektroenergetskega sistema.

Frekvenčno odvisna karakteristika moči generatorja pa je (v skladu z RfG) obvezna , če frekvenca preide izven območja od 49,8 do 50,2 Hz ali je zahtevano otočno obratovanje za napajanje porabnikov znotraj proizvodne naprave.

V veljavnih sistemskih obratovalnih navodilih SONSEE je podana zahteva o frekvenčni stabilnosti proizvodne naprave med obratovanjem, doseg tega omogoča karakteristika delovne moči proizvodne

naprave, ki se deli na 4 tipe. Karakteristika delovne moči tipa A in B, ki se uporablja za proizvodne naprave do 5MW priključne moči, karakteristika delovne moči tipa C od 5 MW do 20 MW priključne moči in karakteristika delovne moči tipa D, za naprave nad 20 MW priključne moči.

Proizvodni napravi se lahko omeji proizvodnja moči zaradi več razlogov, kar mora omogočati tudi razsmernik priključen v distribucijsko omrežje:

- Omejitve zaradi zahtev obratovanja prenosnega omrežja,
- Omejitve zaradi zahtev obratovanja distribucijskega omrežja,
- Avtomatsko omejevanje pri nadfrekvenci.

Ko se v omrežju zgodi dogodek oziroma okvara, ga zaščitni sistem v omrežju omeji in odpravi. V času dogodka se velikokrat pojavijo napetostni upadi, ki pa ob normalnem delovanju zaščitnih sistemov ne smejo povzročiti izpadov proizvodne naprave, ki niso neposredno v okvarjenem delu omrežja. Tako morajo biti elektro energijski moduli sposobni preživeti okvaro in po okvari obratovati naprej v omrežju (to pomeni robustnost proizvodne naprave). Tej sposobnosti pravimo "FRT (Fault Ride Through) karakteristika". Tudi to karakteristiko mora zagotavljati razsmernik.

Zagotavljanje JALOVE MOČI v skladu z zahtevami SONDSEE se ne šteje kot sistemska storitev ampak kot pogoj za paralelno obratovanje elektrarne z omrežjem. Obratovanje elektrarne v skladu s karakteristiko jalove moči omogoča:

- Uravnava napetostni profil v omrežju
- Zmanjšuje izgube v omrežju
- Omogoča priključitev več elektrarn v omrežje
- Omogoča boljši izplen delovne moči iz NN v SN omrežje

Karakteristika jalove moči proizvodne naprave se preverja z meritvami. Za proizvodne naprave moči večje od 150 kW se zahteva karakteristika jalove moči J-N2 ali J-N3, slednja je tudi predpisana v Soglasju za priključitev 1493724. Vse zgoraj opisane lastnosti proizvajalec razsmernika jamči z izdajo certifikata o skladnosti naprave z zahtevami podanimi v SONDSEE in skladnostjo naprav glede EMC zahtev.

Funkcija ločilnega mesta:

(LM) je skupek naprav, ki s svojim delovanjem ščiti omrežje pred škodljivimi vplivi elektrarne in ščiti elektrarno pred škodljivimi vplivi iz omrežja. Namen ločilnega mesta je, zanesljiva ločitev elektrarne od distribucijskega omrežja predvsem v naslednjih primerih:

- izpad izvoda (kratek stik, zemeljski stik),
- nezmožnost omrežja, da sprejme energijo,
- odstopanj v višini oziroma frekvenci napetosti v omrežju ter
- vzdrževanje in popravila na distribucijskem omrežju dodatni ukrepi za varno delo.

Skladno s SONDSEE je za proizvodne naprave moči večje od 30 kW zahtevano ločilno mesto, kjer so združene vse zaščitne funkcije, tako je ločilno mesto opremljeno s pretokovno in kratkostično zaščito (nameščene so NV varovalke in odklopno stikalo z možnostjo nastavitve pretokovne in kratkostične karakteristike, ti elementi ščitijo opremo pred preobremenitvijo in pred kratkimi stiki), nameščen je napetostno frekvenčni rele (deluje na izklopno tuljavo odklopnika, ki izklopi elektrarno v zahtevanem času ob pojavu nedovoljenih vrednosti napetosti ali frekvence). V primeru

predmetne MFE Osnovna šola Šentjanž - elektrarna B neporazdeljeno ločilno mesto ni potrebno.

3/1 1.4 Upravljanje z odpadki

Z gradbenimi odpadki, ki nastanejo z gradbenimi deli, se ravna v skladu z Uredbo o odpadkih (Uradni list RS, št. 37/15, 69/15 in 129/20) in Uredbo o ravnanju z odpadki, ki nastanejo pri gradbenih delih (Uradni list RS, št. 34/08), ki v 3. členu navaja v katerih primerih se ta NE uporablja.

- odpadke, ki pri gradbenih delih ne nastanejo neposredno kot posledica postopkov izvajanja gradbenih del, kot so odpadna embalaža, ki ovija gradbeni material ali gradbene izdelke, ali komunalni odpadki, ki jih povzročajo zaposleni na gradbišču;
- zemeljski izkop, ki nastaja pri gradbenih delih, če ni onesnažen z nevarnimi snovmi tako, da bi se v skladu s predpisom, ki ureja ravnanje z odpadki, uvrstil med nevarne gradbene odpadke, in se ravna z njim v skladu s predpisom, ki ureja obremenjevanje tal z vnašanjem odpadkov.

Uredba v 4. členu določa, kdaj izkop zemljine NI onesnažen z nevarnimi snovmi in se NE uvršča med nevarne gradbene odpadke če:

- prostornina izkopa manj kot 30.000 m³ in med izkopavanjem ni opažena onesnaženost z oljem, bitumenskimi mešanici ali odpadki, ki niso iz naravnega mineralnega materiala, ali
- iz podatkov o sestavi zemeljskega izkopa ali iz analize zemeljskega izkopa s preskusnimi metodami v skladu s predpisom, ki ureja ravnanje z odpadki, razvidno, da zemeljski izkop ni onesnažen z nevarnimi snovmi

Uredba v 5. členu določa, da če je za gradbeni poseg predpisana pridobitev gradbenega dovoljenja v skladu s predpisi, ki urejajo graditev, mora investitor k projektu za pridobitev gradbenega dovoljenja priložiti načrt gospodarjenja z gradbenimi odpadki. Ne glede na to določbo, načrt gospodarjenja z gradbenimi odpadki ni potrebno priložiti k projektu za pridobitev gradbenega dovoljenja, če je investitor fizična oseba ali če NE gre za gradnjo ali rekonstrukcijo zahtevnega objekta v skladu s predpisi, ki urejajo graditev objektov. Načrt gospodarjenja z gradbenimi odpadki je potrebno priložiti za gradnjo ali rekonstrukcijo objekta ko je prostornina zemeljskega izkopa 1000 m³ ali več in je zemeljski izkop tako onesnažen z nevarnimi snovmi, da ga je potrebno uvrstiti med nevarne gradbene odpadke v skladu s predpisom, ki ureja ravnanje z odpadki.

Iz zgoraj zapisanega sledi, da za projektirano izgradnjo MFE Osnovna šola Šentjanž - elektrarna B NE veljajo določila te uredbe, izdelava načrta gospodarjenja z odpadki pa ni potreben, ker načrtovana dela ne spadajo med gradbeno zahtevne objekte v skladu s predpisi o graditvi objektov. Za odpadno embalažo pa morajo biti nameščeni kontejnerji, ki omogočajo primerno ločevanje embalažnih odpadkov.

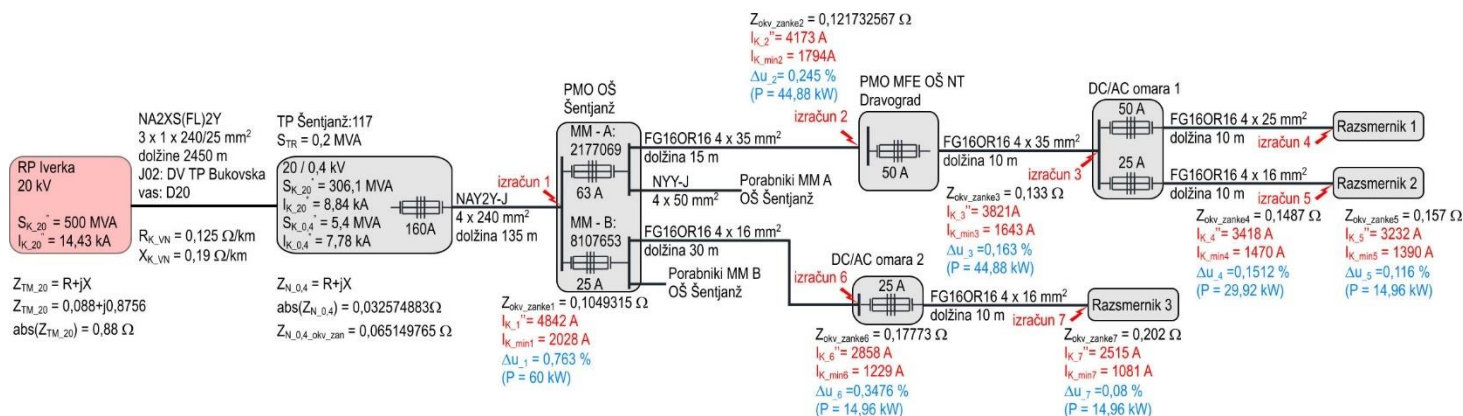
3/1 2 Tehnični izračun

Osnovni podatki o transformatorski postaji in porabnikih:

- Naziv TP: TP 20 / 0,4 kV ŠENTJANŽ: 117
- Primarna napetost: 20 kV
- Sekundarna napetost: 400/230 V
- Frekvenca: 50Hz
- Moč: 200 kVA
- Impedanca v točki priključitve JE podana, njena vrednost je $0,09 \Omega$ izračunana vrednost pa znaša $0,1049315 \Omega$.
- V točki priključitve je omogočen: TN sistem napajanja.
- Največja obremenitev predvidenega kablovoda (za določitev padcev napetosti):
 - Odjem: MFE Osnovna šola Šentjanž: mer. m. 2177069 + mer. m. 8107653: (43 + 17) kW
 - Proizvodnja: MFE Osnovna šola Šentjanž - mer. m. 2177069 + mer. m. 8107653: (34,4 + 13,6) kW

Največje obremenitve distribucijskega omrežja bodo prisotne, ko bo največji odjem in praktično nič proizvodnje, zato za izračun padcev napetosti in tokovne obremenitve kablov vzamemo moč odjema: 60 kW.

3/1 2.1 Določitev impedanc in kratkostičnih tokov omrežja



Slika 5: Impedance omrežja in kratkostični tokovi v napajalni zanki Osnovne šole Šentjanž

Temeljni pogoj zaščite s samodejnim odklopom za TN sistem napajanja je, da je tok okvare, ki nastane pri popolnem kratkem stiku faznega vodnika z nevtralnim vodnikom, večji ali vsaj enak izklopnemu toku pripadajoče varovalke. Nazivni tok varovalke mora biti enak ali večji od (bremenskega) toka izvoda.

3/1 2.2 Izračun in preverba izbranega varovalnih0 vložkov v napajalni zanki Osnovne šole Šentjanž

Največja tokovna obremenitev kablovoda NAY2Y-J 4 x 240 mm² (dovoljena tokovna obremenitev kablovoda po GIZ TS-2 09/2013 je $I_Z = 364$ A položen direktno v zemljo oziroma $I_Z = 338$ A položen v zraku) je določena glede na največjo moč nameščenih razsmernikov, ki znaša $P_{ODJEM} = 60$ kW kar pomeni da lahko največji AC tok določimo po formuli:

$$I_b = \frac{P_{ODJEM}}{U_n \sqrt{3}} = \frac{60}{400 \sqrt{3}} = 86,6 \text{ A}$$

kjer pomenijo:

| | |
|-------|---|
| I_b | izračunana nazivna tokovna obremenitev – omejeno z največjo močjo [A] |
| P_m | izračunana največja moč [W] |
| U_n | nazivna napetost [V] |

Prvi pogoj: $I_{nv} \geq I_b$ $160 \text{ A} \geq 86,6 \text{ A}$ JE izpolnjen.

$$I_{k_min} = \frac{0,95 \times U_{nf}}{2 \times Z_{okv_zanke_1}} = \frac{0,95 \times 230}{0,1049315} = 2028 \text{ A}$$

Kjer je:

| | |
|------------------|---|
| I_{k_min} | izračunani minimalni tok enopolnega kratkega stika [A] |
| U_{nf} | nazivna fazna napetost [V] |
| Z_{okv_zanke} | impedanca okvarne zanke (dvakratna vrednost impedance faznega vodnika, ker tok potuje nazaj po PEN vodniku enakega preseka) |

Izklopilni tok varovalke:

$$I_i = k \cdot I_{nv} = 1,6 \cdot 160 = 256 \text{ A}$$

Kjer je:

| | |
|----------|--|
| I_{nv} | nazivni tok varovalke (A) |
| I_i | izklopni tok varovalke (A) |
| k | faktor za varovalke ($k = 1,6$ za varovalke nad 16 A) |

Drugi pogoj: $I_{k_min} \geq I_i$ $2028 \text{ A} \geq 256 \text{ A}$ Je izpolnjen.

3/2.4 Dimenzioniranje kablov po SIST IEC 60364-4-43:2009

Zaščitne naprave morajo zagotoviti odklop vodnika v katerem se iz kakršnega koli razloga pojavi prevelik tok v tokokrogu, preden bi tak tok lahko povzročil nevarnost ali poškodbe zaradi toplotnih ali mehanskih učinkov. Poškodbe se lahko pojavijo na električnih vodnikih, napravah ali v njihovi okolici. Lastnost naprave, ki ščiti kablovod in postrojenje pred preobremenitvijo, mora ustrezati naslednjima pogojema:

1. $I_b \leq I_{nv} \leq I_z$ za izračun: **$86,6 \text{ A} \leq 160 \text{ A} \leq 309,4 \text{ A} \dots$ pogoj izpolnjen**

$$2. \quad I_i \leq 1,45 I_z \quad \text{za izračun:} \quad 256A \leq 1,45 \cdot 309,4 A \quad (448,63 A) \dots \text{pogoj izpolnjen}$$

Kjer je:

- I_b obratovalni tok za tokokrog v (86,6 A),
- I_{nv} naznačeni tok zaščitne naprave – varovalke v (160 A) varovanje V obstoječi PMO,
- I_{nv_max} največji dopustni tok zaščitne naprave – varovalke (280 A),
- I_z trajni dopustni tok vodnika ali kabla v (A), $I_z = 364 A \cdot f_1 \cdot f_2 \cdot f_3 = 309,4 A$
- I_i tok, ki zagotavlja zanesljivo delovanje zaščitne naprave v (A); v praksi se vzame, da je I_i enak toku, ki v določenem času sproži delovanje zaščitne naprave – varovalke ($I_i = k \cdot I_{nv}$),
- k faktor 2,5 za varovalke ($k = 1,6$ za varovalke nad 16 A)
- I_{dop} dovoljen I kablovoda pri nazivnih pogojih polaganja – po GIZ TS-2 – 9/2013 $I_{dop} = 364 A$
- f_1 korekcijski faktor specifične toplotne upornosti zemljišča, SIST HD 603 S1:1998, + A1:2001, +A2:2004.+A3:2007 ... $f_1 = 1$ (struktura zemljišča ni znana)
- f_2 korekcijski faktor glede na število vodnikov v isti kabelski trasi, SIST HD 603 S1:1998,+A1:2001,+A2:2004.+A3:2007 ... $f_2 = 1$ (ni paralelnih kablov).
- f_3 korekcijski faktor za polaganje kablov v cevi, po GIS TS-2 – 9/2013 ... $f_3 = 0,85$ (kablovod položen delno v zaščitno cev).

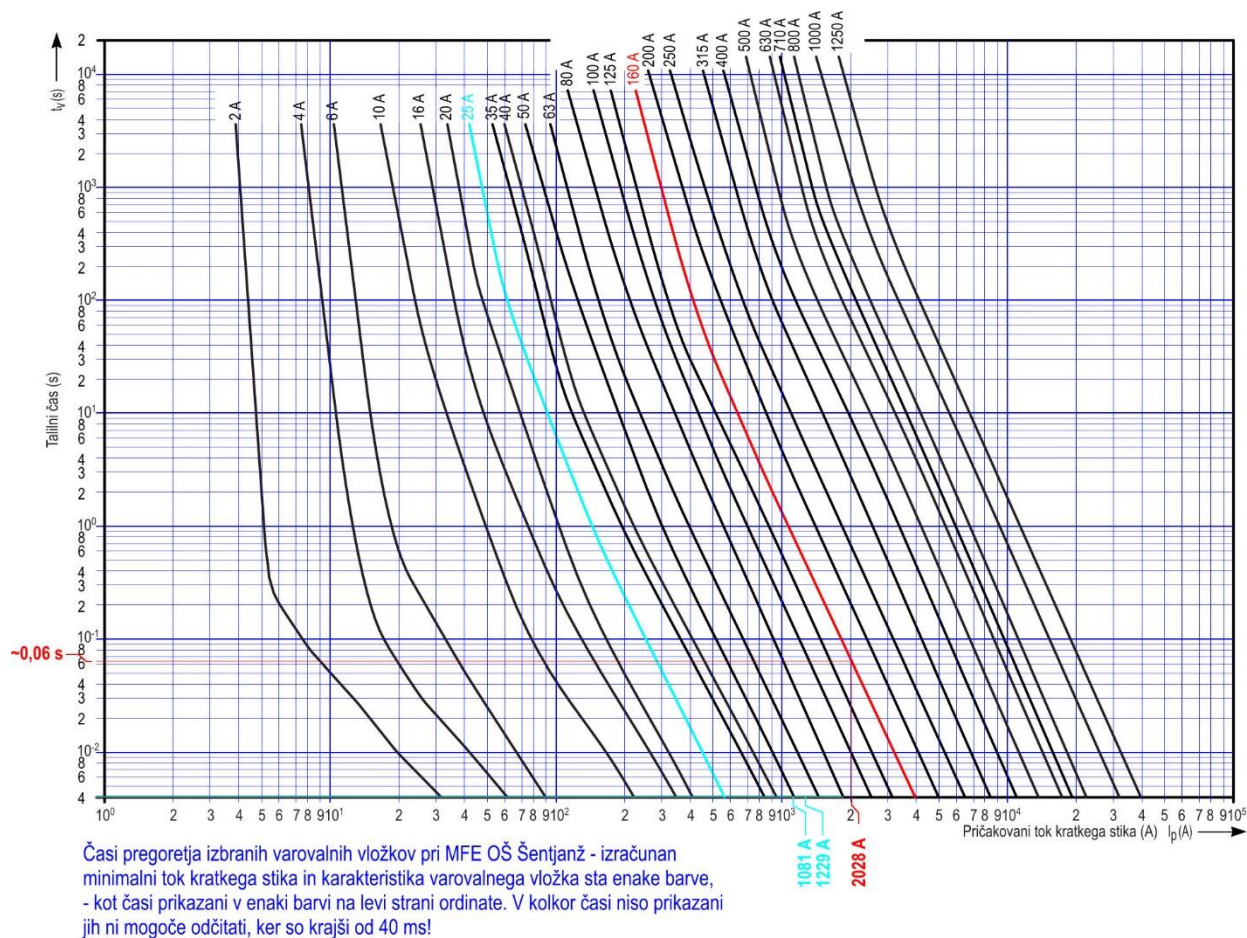
$$I_{nv_max} \leq \frac{1,45 \cdot I_z}{k} \quad I_{nv_max} \leq \frac{1,45 \cdot 309,64}{1,6} = 280,39 A$$

Največji dopustni tok varovalnega vložka v tokokrogu lahko ima nazivni tok $I_{nv_max} = 280 A$.

Vgrajene zaščitne naprave morajo zanesljivo prekiniti tok okvare, preden bi povzročil nevarnost ali poškodbe zaradi toplotnih in mehanskih učinkov v kablovodu ali napravah na mestu okvare. Tok okvare, ki se pojavi kjerkoli v tokokrogu, mora zaščitna naprava prekiniti v tolikšnem času, da vodniki tokokroga dosežejo največ dopustno temperaturo. Za okvare (kratkostična stanja), ki trajajo od 0,1 do 5 s, lahko določimo čas t_{KB} v katerem tok okvare poveča temperaturo prevodnega dela in izolacije vodnikov do najvišje dovoljene temperature vodnikov in za posamezen tip izolacije mejne temperature, pri kateri še ohranja svoje električne in mehanske lastnosti.

Na sliki 6 so prikazane karakteristike talilnih vložkov. Izračunan minimalni kratkostični tok med faznim in PEN vodnikom, ki prekinja določen varovalni element je na sliki prikazan v isti barvi, kar pomeni varovalni vložek 160A prekinja tok 2028 A in oba sta prikazana v rdeči barvi.

Zaradi moči transformatorske postaje 0,2 MVA in kratkih dolžin povezovalnih kablovodov, so z izračuni dobljene impedance relativno majhne, tokovi pa posledično veliki, kar pomeni, da bodo taljivi vložki praviloma ne glede na velikost, ob pojavu napake, pregoreli v manj kot 40 mili sekundah. Pri pojavu velikih tokov enopolnih kratkih stikov zato časa ni mogoče odčitati iz diagrama na sliki 6.



Slika 6: Čas prekinitve 160 A vložka TP Šentjanž:117, ki bo varoval izvod IO1: Šola ob pojavu minimalnega kratkostičnega toka na sponkah kablovoda pred obstoječo PMO Osnovna šola, glede na karakteristike talilnih vložkov proizvajalca ETI. Prikazani so tudi ostali talilni vložki s kratkostičnimi tokovi, ki jih prekinjajo, glede na nadomestno vezje na sliki 5.

Izračun časa v katerem vodnik napajalnega kablovoda NAY2Y-J 4 x 240 mm² pri minimalnem toku kratkega stika doseže največjo dovoljeno temperaturo:

$$t_{KB} = \frac{(k_1 \cdot S)^2}{I_{k_min}^2} \quad \text{za izračun :} \quad t_{KB} = 76,72 \text{ s}$$

Kjer je:

- t_{KB} čas v katerem računani tok kratkega stika segreje vodnike do najvišje dovoljene temperature
 - I_{k_min} efektivna vrednost dejanskega kratkostičnega toka v (A)
 - S presek vodnika v (mm²)
 - k_1 f faktor, ki je odvisen od materiala uporabljenega za vodnik (specifične upornosti, temperaturnega koeficienta, toplotne kapacitete materiala, začetne PVC – 70°C oziroma XLPE – 90°C in končne PVC – 160° oziroma XLPE – 250°C temperature vodnika).
- Za skupno XLPE izolacijo vodnikov je vrednost k_1 za (Al=94; Cu=143) in za skupno PVC izolacijo vodnikov je vrednost k_1 za (Al=76; Cu=115) podatki so prikazani v SIST IEC

60364-4-43:2009, preglednici 43A.

Za kratke stike, ki trajajo manj kot 0,1 s mora biti izpolnjen naslednji pogoj. Naprava skozi katero teče okvarni (kratkostični) tok mora imeti $(k_1 \cdot S)^2 > I_{k_min}^2 \cdot t$ večjo vrednost od prepuščene energije zaščitne naprave, ki jo navede proizvajalec zaščitne naprave.

Preglednica 1: Rezultati dimenzioniranja kablovodov od TP Šentjanž:117 do samooskrbne MFE B

| | Tip kabla | I _{DOF} (A) | f ₁ x f ₂ x f ₃ | I _{IZ} (A) | I _B (A) | I _{NV} (A) | u _% (%) | t _{KB} (s) | $(k_1 \cdot S)^2 > I_{k_min}^2 \cdot t$ |
|--|---------------------------------|----------------------|--|---------------------|--------------------|---------------------|--------------------|---------------------|--|
| Od TP Šentjanž:117 do obstoječe PMO OŠ Šentjanž | NAY2Y-J 4x240 mm ² | 364 | 1x1x0,85 | 309,4 | 86,6 | 160 | 0,763 | 76,72 | 332*10 ⁶ > 4,3*10 ⁶ |
| Od obstoječe PMO OŠ Šentjanž do do DC / AC omarice 2 | FG16OR16 4 x 16 mm ² | 100 | 1x0,92x1 | 92 | 21,6 | 25 | 0,3476 | 2,24 | 3,3*10 ⁶ > 1,5*10 ⁶ |
| Od DC / AC omarice 2 do razsmernika | FG16OR16 4 x 16 mm ² | 100 | 1x0,92x1 | 92 | 21,6 | 25 | 0,08 | 2,89 | 3,3*10 ⁶ > 1,17*10 ⁶ |

3/1 2.4 Kontrola padcev napetosti

Padci napetosti v nizkonapetostnem omrežju ali DC povezavah povzročajo izgube pri prenosu energije in druge različne težave, zato jih je potrebno ovrednotiti.

Padec napetosti v DC povezovalnih vodih so odvisni predvsem od oddaljenosti niza modulov od razsmernika in tokovne obremenitve vodnikov. Pri MFE Osnovna šola Šentjanž - elektrarna B je izveden in priključen en niz optimizatorjev. Iz tega sledi, da je tudi največja tokovna obremenitev določena z največjo močjo, ki znaša za optimizatorje v najdaljšem nizu N1.1 14,96 kW pri skupni dolžini 42 m.

Največji padec napetosti bo torej imel tokovno najbolj obremenjen niz in oddaljen niz. Vsi nizi so povezani s Cu solarnim kablom H1Z2Z2-K 1 x 6 mm² odpornim na UV in IR sevanje. Položeni so v kabelskih kanalih, plus vodnik in minus vodnik posebej. Padec napetosti niza (niz 1.1, dolžina 42 m) je določen:

$$\Delta u\% = \frac{200 \cdot l \cdot P}{\lambda \cdot S \cdot U^2} = \frac{200 \cdot 54 \cdot 14960}{56 \cdot 6 \cdot 750^2} \quad \Delta u\% = 0,665\% \quad \text{oziroma absolutna vrednost } \Delta U = 5 \text{ V}$$

Kjer pomeni:

- Faktor 200 ... dvojna dolžina (+ in - vodnik) vodnika,
- l ... dolžina vodnika v [m], dolžina najdaljšega niza: l = 42 m
- P ... moč niza [W] P niza 1.1: P_{NIZ} = 14,96 kW
- λ ... specifična električna prevodnost za Cu znaša λ = 56 [Sm/mm²]
- S ... presek vodnika v [mm²] Presek vodnikov S = 6 mm²
- U ... napetost [V] Napetost niza 1.1: U_{NIZ} = 750 V

Padec napetosti vedno kontroliramo od točke priključitve v interno omrežje do najbolj oddaljenega razsmernika od točke priključitve. Padec napetosti je odvisen od obremenitve, dolžine, preseka in specifične upornosti, določimo ga po sledeči enačbi:

$$u_{\%} = P \cdot l \cdot k \quad \text{kjer je} \quad k = \frac{R_s \cdot \left(1 + tg\varphi \cdot \frac{X_s}{R_s}\right)}{10 \cdot U^2}$$

| | | |
|----------|-------------|---|
| Kjer so: | R_s | ohmska upornost kablovoda (Ω/km) |
| | X_s | induktivna upornost kablovoda (Ω/km) |
| | $tg\varphi$ | faktor izgube (za predpisan $\cos\varphi = 0,95$ je $tg\varphi = 0,329$) |
| | U | nazivna napetost (kV) |
| | P | prenosna moč (kW) |
| | l | dolžina voda (km) |

Nizkonapetostno omrežje do obstoječe priključno merilne omare Osnovna šola Šentjanž je položen aluminij kablovod preseka NAY2Y 4 x 240 mm² v skupni dolžini 135 m ob največji mogoči obremenitvi kablovoda 60 kW, znaša padec napetosti na trasi 0,763%. Od obstoječe PMO do DC/AC omarice 2 znaša padec napetosti 0,3476% in do razsmernika 0,08%.

Skupen padec napetosti do porabnikov v interni instalaciji tako **znaša 1,1906% in ustreza.**

3/1 3 Projektantski popis s pred-izmerami in popis stroškovne ocene

[illegible]

Popis montažnih del:

| Opis vgrajenega materiala | Enota | Količina |
|---|-------|----------|
| Izdelava podkonstrukcije, pritrditev in povezovanje optimizatorjev | kpl | 1 |
| Pritrditev modulov | kpl | 1 |
| Povezovanje modulov in izdelava ožičenja za izenačitev potencialov | kpl | 1 |
| Položitev kabelskih kanalov in izdelava tras z ureditvijo premostitev strelovodnih instalacij | kpl | 1 |
| Montaža razsmernikov in DC opreme | kpl | 1 |
| Polaganje DC in AC kablov | kpl | 1 |
| Izdelava DC / AC omarice in PMO omare | kpl | 1 |
| Namestitev DC / AC omarice in PMO omare | kpl | 1 |
| Izvedba priklopov razsmernikov in PMO omare | kpl | 1 |
| Izvedba povezav med PMO in DC / AC omarami | kpl | 1 |
| Izvedba ozemljilnih povezav in povezav izenačitve potencialov | kpl | 1 |
| Pregled in nastavitve zaščitnih elementov | kpl | 1 |
| Izvedba meritev ter stikalne manipulacije | kpl | 1 |
| | | |
| SKUPAJ | | |

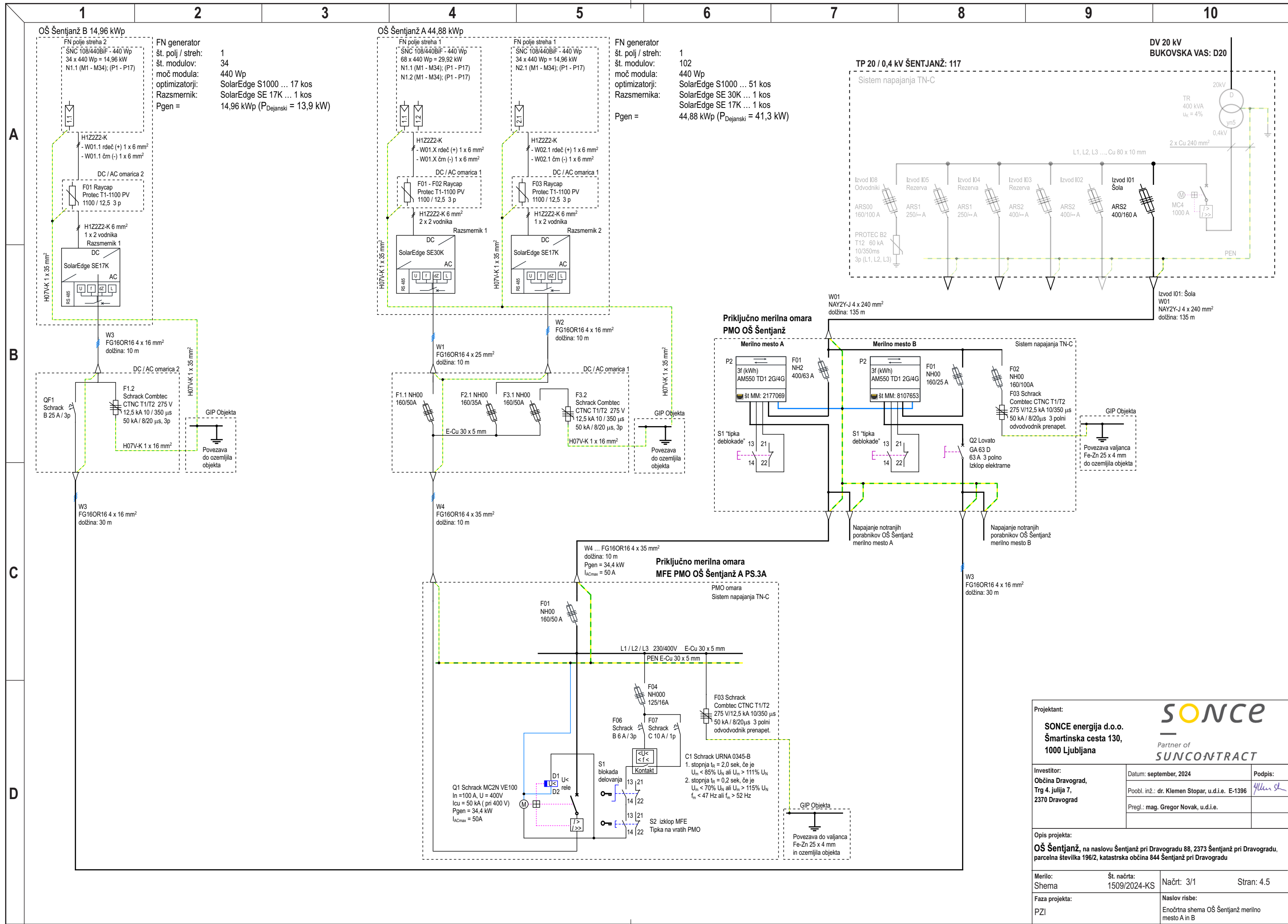
3/1 4 Grafični in tehnični prikazi





| | |
|----------|--|
| 3/1 4.1 | Naslovna stran s kazalom |
| 3/1 4.2 | Predvidena katastrska situacija v merilu 1:500 s predvideno namestitvijo opreme |
| 3/1 4.3 | Tlorisi strehe OŠ Šentjanž A (objekt 1) in B (objekt 2) z merami in razporeditvijo modulov |
| 3/1 4.4 | Prikaz povezav modulov in tvorba nizov foto-napetostnih polj |
| 3/1 4.5 | Enočrtna shema OŠ Šentjanž za merilno mesto A in B |
| 3/1 4.6 | Vežalna shema modulov, DC / AC omarice 2 in razsmernika 1 (merilno mesto B) |
| 3/1 4.7 | Notranji in zunanji izgled DC / AC omarice 2 s popisom materiala |
| 3/1 4.8 | Vežalna shema nove PS PMO MFE OŠ Šentjanž A in obstoječe PMO |
| 3/1 4.9 | Zunanji in notranji izgled obstoječe PMO OŠ Šentjanž s popisom materiala |
| 3/1 4.10 | Zunanji in notranji izgled predelane PMO OŠ Šentjanž z Mer. mestoma A in B ter popisom |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |

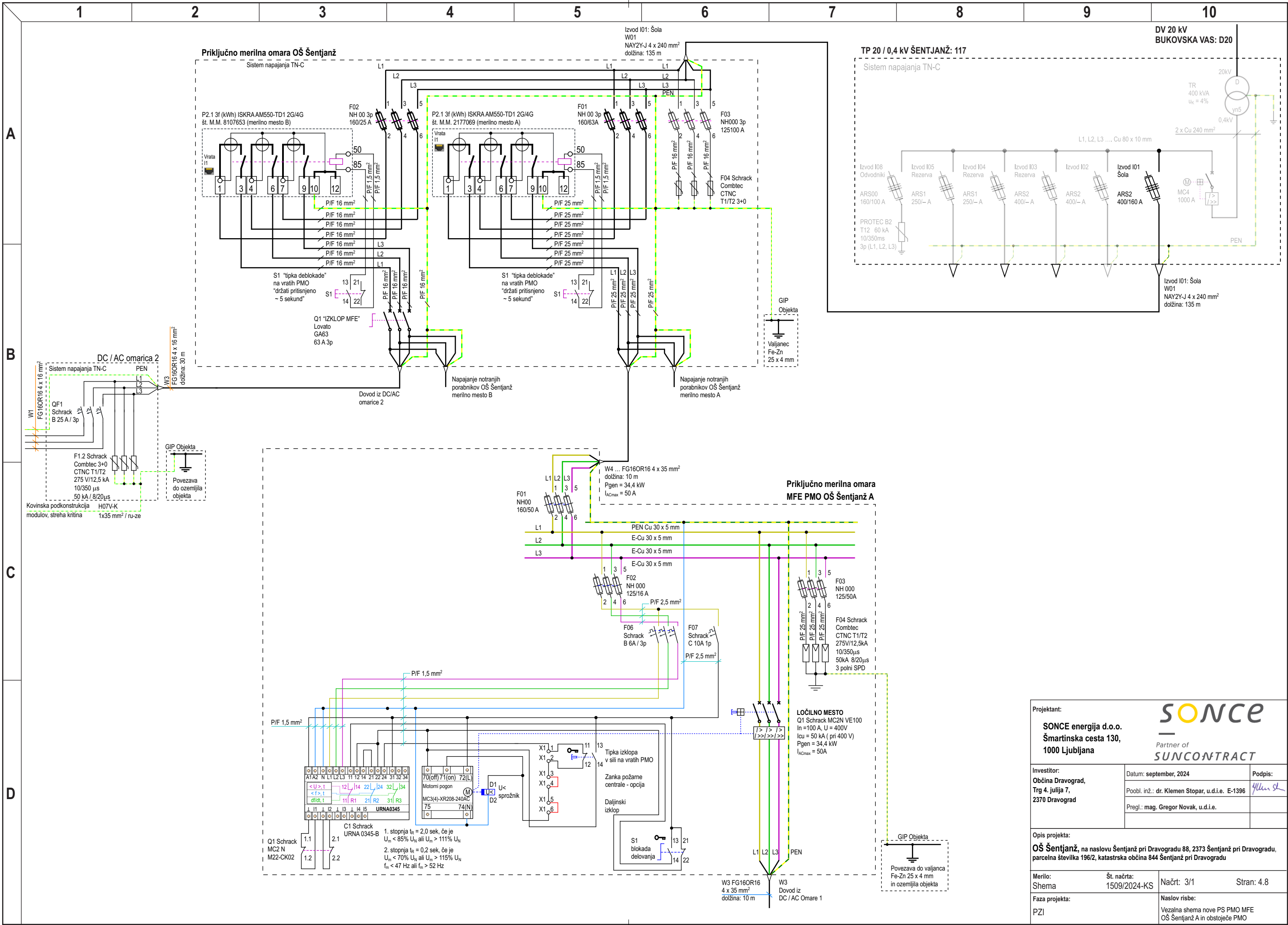
3/1 5 Priloge


| | |
|-------|--|
| 3/5.1 | |
|-------|--|

[illegible]



| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|--|-----------------------------|------------|---|---|-------------------------------------|--|--|--|
| Projektant: SONCE energija d.o.o. Šmartinska cesta 130, 1000 Ljubljana | |  Partner of SUNCONTRACT | | | | | | | | | |
| Investitor: Občina Dravograd, Trg 4. julija 7, 2370 Dravograd | | <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 5px;">Datum: september, 2024</td> <td style="padding: 5px;">Podpis:</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">Poobl. inž.: dr. Klemen Stopar, u.d.i.e. E-1396</td> <td style="padding: 5px; text-align: center;">  </td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">Pregl.: mag. Gregor Novak, u.d.i.e.</td> <td style="padding: 5px;"></td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;"></td> <td style="padding: 5px;"></td> </tr> </table> | | Datum: september, 2024 | Podpis: | Poobl. inž.: dr. Klemen Stopar, u.d.i.e. E-1396 |  | Pregl.: mag. Gregor Novak, u.d.i.e. | | | |
| Datum: september, 2024 | Podpis: | | | | | | | | | | |
| Poobl. inž.: dr. Klemen Stopar, u.d.i.e. E-1396 |  | | | | | | | | | | |
| Pregl.: mag. Gregor Novak, u.d.i.e. | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| Opis projekta: OŠ Šentjanž , na naslovu Šentjanž pri Dravogradu 88, 2373 Šentjanž pri Dravogradu, parcela številka 196/2, katastrska občina 844 Šentjanž pri Dravogradu | | | | | | | | | | | |
| Merilo: 1:5 | | <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 5px;">Št. načrta: 1509/2024-KS</td> <td style="padding: 5px;">Načrt: 3/1</td> <td style="padding: 5px;">Stran: 4.7</td> </tr> </table> | | Št. načrta: 1509/2024-KS | Načrt: 3/1 | Stran: 4.7 | | | | | |
| Št. načrta: 1509/2024-KS | Načrt: 3/1 | Stran: 4.7 | | | | | | | | | |
| Faza projekta: PZI | | Naslov risbe: Notranji in zunanji izgled DC / AC omarice 2 s popisom materiala | | | | | | | | | |



| | | | |
|---|--|--|---|
| Projektant: | | SONCE Partner of SUNCONTRACT | |
| Investitor: | | Datum: september, 2024 | Podpis: |
| Občina Dravograd, Trg 4. julija 7, 2370 Dravograd | | Poobl. inž.: dr. Klemen Stopar, u.d.i.e. E-1396 |  |
| Opis projekta: | | OŠ Šentjanž, na naslovu Šentjanž pri Dravogradu 88, 2373 Šentjanž pri Dravogradu, parcelna številka 196/2, katastrska občina 844 Šentjanž pri Dravogradu | |
| Merilo: | Št. načrta: | Načrt: 3/1 | Stran: 4.8 |
| Shema | 1509/2024-KS | | |
| Faza projekta: | Naslov risbe: | | |
| PZI | Vezalna shema nove PS PMO MFE OŠ Šentjanž A in obstoječe PMO | | |

