3.2 KAZALO VSEBINE NAČRTA :

3.1 NASLOVNA STRAN NAČRTA – PRILOGA 1B 1

3.2 KAZALO VSEBINE NAČRTA 2

3.3 TEHNIČNO POROČILO 4

3.4 PREOJEKTANTSKI POPIS S PREDIZMERAMI 21

3.5 RISBE 22

3.5.1 Situacija – umestitev SE v prostor
3.5.2 Tloris strehe – načrt postavitve fotovoltaičnih panelov, stringov, kabelskih polic in izenačitve potencialov
3.5.3 Tloris pritličja – mesto postavitve izklopne tipke SE
3.5.4 Blokovna shema SE
3.5.5 Enopolna shema na DC strani
3.5.6 Vezalna shema na DC strani
3.5.7 Enopolna shema ločilne merilne omare R_LMO
3.5.8 Vezalna shema ločilne merilne omare R_LMO
3.5.9 Blokovna shema komunikacije razsmernikov - povezava na internet
3.5.10 Blokovna shema izenačevanja potenciala

3.3 TEHNIČNO POROČILO

Vsebina

3.3.1 SPLOŠNO 3
3.3.2 SPLOŠNI TEHNIČNI POGOJI 4
3.3.3 FOTOVOLTARIČNA ELEKTRARNA ČN MIRNA PEČ 6
3.3.4 IZENAČITVE POTENCIALA 11
3.3.5 STRELOVODNA INŠTALACIJA 11
3.3.6 PRENAPETOSTNA ZAŠČITA 12
3.3.7 IZRAČUN LOČILNE RAZDALJE 12
3.3.8 IZRAČUNI 13
3.3.8.1 Izračun inštalirane in konične moči ter koničnega toka stikalnih sestavov 13
3.3.8.2 Zaščita pred prevelikimi tokovi 14
3.3.8.3 Kontrola padcev napetosti 16
3.3.8.4 Enosmerni tokokrogi 17
3.3.8.5 Kontrola minimalnega preseka kablov 17
3.3.8.6 Zaščita pred električnim udarom 20

3.3.1. SPLOŠNO

Potrebno je izdelati PZI projektno dokumentacijo - načrt s področja elektrotehnike za projekt **Povečanje kapacitete čistilne naprave Mirna Peč, I. Faza (1990 EE), Fotovoltaična elektrarna ČN Mirna Peč,** nazivne moči 40kW, investitorja Občina Mirna Peč, Trg 2, 8216 Mirna Peč.

Načrt s področja elektrotehnike obsega izgradnjo fotovoltaične elektrarne ČN Mirna Peč na strehi objekta nove čistilne naprave.

Dokumentacija je izdelana v skladu z veljavnimi tehničnimi predpisi in normativi. Pri projektiranju so upoštevani naslednji predpisi, dokumenti in podatki:

- Pravilnik o zahtevah za NN električne inštalacije v stavbah (Ur.l. RS, št.1 40/21, 61/17, 72/17 – popr., 65/20, 15/21) s tehnično smernico TSG-N-002: 2021,
- pravilnik o zaščiti stavb pred delovanjem strele (Ur.l. RS, št. 140/21, 61/17, 72/17 – popr., 65/20, 15/21) s tehnično smernico TSG-N-003: 2021,
- pravilnik o požarni varnosti v stavbah (Ur.l. RS, št. 61/17, 12/13, 14/07, 83/05, 10/05, 31/04) s Tehnično smernico TSG-1-001:2019 – Požarna varnost v stavbah,
- pravilnik o učinkoviti rabi energije (Ur.l. RS, št. 158/20) s Tehnično smernico TSG-1-004:2022 – Učinkovita raba energije,
- Sistemska obratovalna navodila za distribucijski sistem električne energije (SONDSEE)

Projekt je izdelan skladno z veljavno zakonodajo, tehničnimi predpisi, normativi in standardi. Vsa vgrajena oprema mora biti certificirana. Projektirane električne naprave ne povzročajo škodljivih vplivov na okolico.

Obseg obdelave načrta s področja elektrotehnike obsega:

- inštalacije moči za potrebe fotovoltaične elektrarne
- izenačitve potencialov

Izvajalec elektroinštalacijskih del je dolžan uporabiti in vgraditi elektroinštalacijski material po veljavnih tehniških predpisih in standardih z upoštevanjem tipskega nabora opreme s strani naročnika. V kolikor se uporabi material, ki ni izdelan po standardih, je potrebno investitorju oziroma nadzornemu organu ter inšpekcijskim službam predložiti ustrezne certifikate oziroma ateste za tak material.

Investitor in izvajalec elektroinštalacijskih del sta dolžna pred pričetkom del preveriti usklajenost posameznih faz projektov, ter način izvedbe del.

Investitor mora pred pričetkom izvedbe pripraviti Varnostni načrt, ter z izvajalcem sprejeti dogovor o skupnih varstvenih ukrepih.

Pri montaži in obratovanju tehnološke opreme je potrebno dosledno upoštevati navodila proizvajalca posamezne opreme.

Pred predajo objekta je potrebno izvesti naslednje meritve :

- meritve neprekinjenosti zaščitnih vodnikov
- meritve izolacijske upornosti
- meritve o impedanci okvarnih zank
- meritve o impedanci kratkostičnih zank
- meritve strelovodne inštalacije
- meritve jalove energije

Vse meritve morajo biti izvedene v skladu z veljavnimi tehniškimi predpisi in standardi. Izvaja jih lahko le pooblaščena oseba, ki ima pridobljen certifikat o nacionalni poklicni kvalifikaciji za preglednika električnih inštalacij in inštalacij za zaščito pred delovanjem strele.

Sistem ozemljitve bo izveden v TN-C-S sistemu.

3.3.2. SPLOŠNI TEHNIČNI POGOJI

Ti pogoji so sestavni del tehniške dokumentacije in jih je izvajalec pri gradnji dolžan upoštevati.

- Pri izvajanju instalacijskih del morajo biti upoštevani veljavni predpisi, standardi, zakoni o varstvu in zdravju pri delu, kot tudi vse ostale zahteve in pogoji, ki so navedeni v tem projektu.

- Za vse spremembe v projektu, oziroma odstopanja od projektne dokumentacije mora izvajalec pridobil pismeno soglasje projektne organizacije, ki je ta projekt izdelala oziroma nadzornega organa investitorja.

- Pred pričetkom mora izvajalec detajlno pregledal projekt in vse morebitne pripombe pravočasno posredovati nadzornemu organu preko gradbenega dnevnika.

- Vse spremembe in odstopanja od projektne dokumentacije, ki bodo nastale v času izvajanja, mora izvajalec vrisati v en izvod grafične dokumentacije in po zaključku del izdelati projekt izvedenih del.

- Med izvajanjem mora izvajalec voditi gradbeni dnevnik z vsemi z zakonom predpisanimi podatki.

- Vse zahteve in obrazložitve, tako s strani izvajalca kot s strani nadzornega organa se rešujejo preko gradbenega dnevnika.

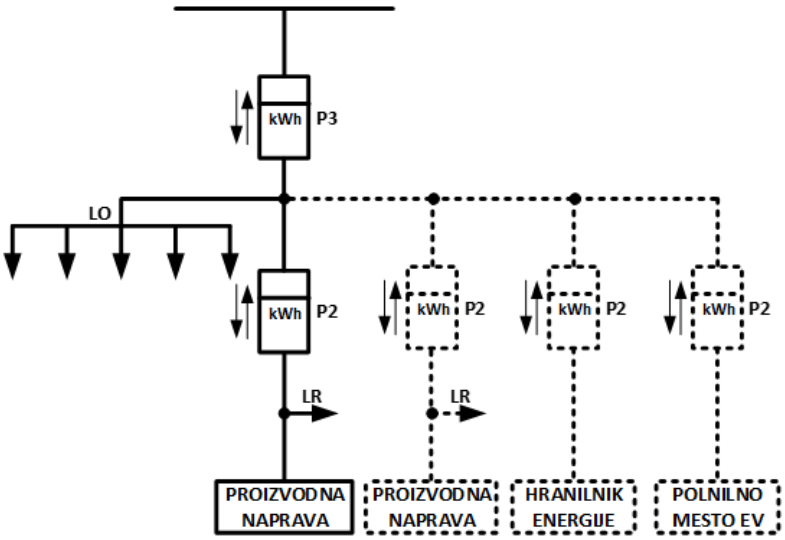
- Električne napeljave in naprave morajo biti izdelane oziroma vgrajene tako, da zaradi vlage, mehanskih, kemičnih, toplotnih ali električnih vplivov ne bo ogrožena varnost ljudi, predmetov in obratovanja.

- Pri izvajanju je potrebno paziti, da se ne poškodujejo druge izvedene instalacije. V kolikor je prišlo do poškodb jih mora izvajalec odpraviti na lastne stroške.

3.3.3. FOTOVOLTAIČNA ELEKTRARNA ČN MIRNA PEČ

Priključitev na omrežje

Na strehi novozgrajenega objekta Čistilna naprava Mirna Peč se bo postavila fotovoltaična elektrarna FE ČN Mirna Peč, nazivne moči 40kW, ki bo na nizkonapetostno distribucijsko omrežje priključena po PS.2 shemi priklopa.



Priključitev sončne elektrarne bo izvedena po shemi PS.2 (SONDSEE Ur. l. RS št. 7/21)

Tipska shema PS.2 za priključitev je namenjena za registracijo podpor za proizvodne naprave sistemskih storitev, ki jih uporabniki distribucijskega sistema nudijo distribucijskemu operaterju in posebnih storitev, ki jih uporabniki distribucijskega sistema nudijo sistemskemu operaterju, agregatorju, dobavitelju in drugim tretjim osebam.

Tipska shema priključitve PS.2 se uporabi:

- ko je ob postavitvi proizvodne naprave prisoten lasten odjem
- ko sta lastnik proizvodne naprave in lastnik lastnega odjema različni pravni ali/in fizični osebi, pri čemer mora lastnik lastnega odjema biti tudi lastnik merilnega mesta P3
- ko bo lastnik proizvodne naprave zaprosil za podporo proizvedeni električni energiji oziroma se ne strinja, da je osnova za določitev podpore izmerjena energija na števcu P3 oddana v javno omrežje
- ko se lastnik proizvodne naprave ne strinja, da bo prejemal potrdilo o izvoru za energijo na osnovi količin električne energije izmerjenih na števcu P3, ki je bila oddana v javno omrežje

Fotovoltarična elektrarna bo na nizkonapetostno distribucijsko omrežje priključena v novo transformatorski postaji TP ČN Mirna Peč izvodu 2. Od varovalčne letve z električno oznako –F2 pa do priključno – merilne omare PMO_SE, ki se jo postavi v neposredni bližini transformatorske postaje. Od omar PMO_SE se položi v predhodno izvedeno kabelsko kanalizacijo kabel tipa

FG16OR16 5x35mm2 do stikalnega sestava R_LO SE ČN Mirna Peč, ki bo postavljena v tehničnem prostoru objekta.

Splošno

Na strehi novozgrajenega objekta ČN Mirna Peč bo vgrajenih 96 PV modulov tipa JAM72S30 550W MR proizvajalca JA Solar, ki bodo vezani zaporedno v serije stringov preko optimizatorjev moči P650 proizvajalca Solar Edge na skupno dva razsmernika tipa SE25K proizvajalca Solar Edge. Predvidena moč fotovoltarične elektrarne na enosmernem delu bo 52,8kWp, na izmeničnem delu nazivne moči 40kW.

Stikalni sestavi

V neposredni bližini transformatorske postaje bo postavljena prostostoječa priključno merilna omarica PMO_SE. V omarici bo vgrajen polindirektni trifazni števec delovne in jalove energije po tipizaciji distributerja omrežja, merilna garnitura in stikalo z blokado vklopa.

Stikalni sestav SE ČN Mirna Peč, =R_LO, bo montiran v tehničnem prostoru objekta. Omarica stikalnega sestava bo dimenzij 600x1000x400mm iz prašno lakirane pločevine v zaščiti IP54 v kateri bodo vgrajeni glavni odklopnik (LM – ločilno mesto), tokovni transformatorji za potrebe internih meritev električne energije z merilnikom, ki bo vgrajeni na čelni plošči omarice, varovalčni ločilniki, prenapetostna zaščita razreda I+II, inštalacijski odklopniki, napetostno-frekvenčna zaščita, tipka z blokado vklopa, gobasta tipka za izklop elektrarne v sili, sponcne letve, oprema za prezračevanje, ogrevanje in osvetlitev omarice.

Razsmerniki

Razsmernik je sistemska komponenta za povezavo fotovoltaičnega sistema na nizkonapetostno električno omrežje. Razsmernik pretvarja enosmerno napetost, ki jo proizvaja fotonapetostni generator, v izmenično napetost električnega omrežja. Skrbi za sinhronizacijo z distribucijskim omrežjem in ščiti omrežje pred otočnim delovanjem elektrarne.

V sklopu fotovoltaične elektrarne SE ČN Mirna Peč bosta uporabljena razsmernika tipa SE25K proizvajalca Solar Edge, nazivne moči na izmeničnem delu 25kW.

Tehnični podatki uporabljenih razsmernikov

Tip	SE25K
Max. moč na DC strani P_{dcmax} /enoto	33,75 kW
Max. vhodna napetost U_{dcmax}	900 V
Območje vhodnih napetosti U_{mpp}	750 V
Max. vhodni tok I_{pvmax} /enoto	37 A
Št. vej na enoto (A/B/C)	3/3
Max. moč na AC strani P_{acmax} (@ cos fi 1)	25 kW
Nazivna moč na AC strani P_{ac}	25 kVA
Nazivna izhodna napetost U_{ac}	400 V
Max. izhodni tok I_{ac}	38 A
Nazivna frekvenca f_{ac}	50 Hz
Največji izkoristek	98,3%
EURO izkoristek	98%
Dimenzije (v × š × g)	540 x 315 x 260 mm
Teža	45kg
Temperaturno območje	-40°C - +60°C
Komunikacija	RS485, Ethernet, WiFi
Mehanska zaščita	IP 65
Hlajenje	prisilno hlajenje

Razsmernik je pametna naprava in je izvedena v skladu s standardom SIST EN 50438, kar pomeni, da se naprava samodejno ustavi v primeru, da na javnem omrežju zmanjka napetosti oziroma takoj, ko frekvenca in napetost nista v predpisanih intervalih.
Prav tako podpira vse nastavitve v skladu s standardom EN 50549-1 (vključitev v nizkonapetostno omrežje) in EN50549-2 (vključitev v srednjenapetostno omrežje).

Razsmernika sta na stikalni sestav priključena s kabelskimi vodi tipa FG16OR16 4x16mm2, ki so položeni po perforiranih kabelskih policah.

Fotovoltaični moduli

Na strehi novozgrajenega objekta ČN Mirna Peč bo montiranih 96 modulov tipa JAM72S30 550W MR proizvajalca JA Solar. Fotonapetostni moduli bodo v stringe povezani preko optimizatorjev moči tipa P650 proizvajalca Solar Edge, ki bo uporabljen za vsak modul posebej. Fotonapetostni moduli bodo moči 550W.

Tehnični podatki o uporabljenih fotonapetostnih modulov

Tip	JAM72S30 550W MR
Tehnologija	Monokristalni silicij
Vršna moč P_{max}	550 kW
Max. napetost U_{mpp}	41,96 V
Max. tok I_{mpp}	13,11 A
Napetost odprtih sponk U_{oc}	49,90 V
Kratkostični tok I_{sc}	14,00 A
Dimenzije	2278x1134x35mm
Teža	28,6 kg
Največja sistemska napetost U_{sys}	1500 v
Temperaturni koeficient toka kratkega stika α	+0,045 %/°C
Temperaturni koeficient napetosti odprtih sponk β	-0,275 %/°C
Temperaturni koeficient moči γ	-0,350 %/°C
Temperaturno območje	-40 °C do +85 °C
Toleranca moči	0 do 5 W
Standardni testni pogoji	AM1.5G 1000 W/m^2

Optimizator moči

Optimizator moči je element sistema fotovoltaične elektrarne, ki uravnava delovanje fotovoltaičnih (PV) modulov in v vsakem trenutku maksimira njihov izkoristek. Optimizator moči je DC / DC pretvornik, ki se pri montaži poveže z vsakim PV modulom in s tem povečujejo energetski izplen fotonapetostnih sistemov z nenehnim sledenjem najvišji točki moči (MPPT) za vsak PV modul posebej. To nam omogoča maksimalno izkoriščanje dane površine, saj je v isti niz možno povezati PV module z različnimi orientacijami in nakloni, kakor tudi PV module različnih tipov in moči ter delno senčene PV module.

V sklopu SE ČN Mirna Peč bo uporabljenih 96 optimizatorjev moči, za vsak PV modul, tipa P650 proizvajalca Solar Edge.

Tehnični podatki upoabljenih optimizatorjev moči

Tip	P650
Naznačena vhodna moč	650 W
Max. Vhodna napetost	96 V
Spekte MPPT	12,5 – 80 V
Kratkostični tok	11 A
Max. izkoristek	99,5 %
Tip konektorja	MC4
Dimenzije	129x153x42,5mm
Teža	0,84 kg
Temperaturno območje	-40 °C do +85 °C
Mehanska zaščita	IP68

Kabelske trase

Od stikalnega sestava =R_LO pa do posameznega razsmernika bosta po kabelskih policah v objektu položena kabelska voda tipa FG16OR16 4x16mm2. Kabelske police v objektu niso predmet tega načrta in so obdelane v načrtu P22-024; 3/2. Načrt električnih inštalacij – splošne inštalacije in merilno – regulacijska oprema ČN Mirna Peč.

Kabelske trase od posameznega razsmernika pa do fotonapetostnih modulov bodo potekale po vroče cinkanih perforiranih kabelskih policah s pokrovom tipa KP60/100 in KP60/50 proizvajalca HERMI. Kabli string povezav bodo UV odporni, tipa H1Z2Z2-K 1x6mm2, ki bodo položeni na prehodih preko kabelskih polic oziroma na mestih, kjer bodo izpostavljeni uvlečeni v UV zaščitno cev.

Kabelske police bodo na strehi položene na tipske tlakovce, ki bodo podloženi s filcem za zaščito PVC strešne kritine, kabelske police pa bodo na tipske tlakovce privijačene. Kabelske police morajo biti ozemljene in povezane z zbiralko za dodatno izenačitev potenciala.

Komunikacija fotovoltaične elektrarne

Razsmernika R1 in R2 bosta preko ETHERNET povezave povezana na komunikacijsko vozlišče v tehničnem prostoru objekta.

Beleženje in nadzor nad delovanjem elektrarne se bo izvajal preko nadzornega spletnega portala SolarEdge, kar omogoča stroškovno učinkovito vzdrževanje na ravni vsakega PV modula posebej. Spletni nadzorni portal je dostopen iz kateregakoli internetnega brskalnika preko PC-ja ali pametnega telefona oziroma tabličnega računalnika (popolna podpora za Android in iOS).
Razsmerniki dodatno opravljajo funkcijo podatkovnega vmesnika med optimizatorji moči in mrežnim strežnikom, ki obdeluje vse podatke o posameznih PV modulih, nizih, razsmernikih in celotnem sistemu ter generira pregled letne, mesečne, dnevne proizvodnje v 5 minutni resoluciji.

Podkonstrukcija

Fotonapetostni moduli na strehi objekta ČN Mirna Peč bodo montirani na tipsko podkonstrukcijo za ravne strehe proizvajalca K2.

PV moduli bodo na podkonsturkcijo s tipskimi elementi nameščeni po orientaciji VZHOD-ZAHOD v naklonu 15°. V sklopu podkonstrukcije bodo nameščeni vzdolžni profili, na katere bodo nameščeni distančni elementi preko katerih dosežemo naklon PV modula. Posamezen modul bo nato na distančnem elementu in vzdolžnem profilu pritrjen preko vijačne sponke. Za dodatno ojačitev podkonstrukcije bodo uporabljeni tudi prečni profili, ki bodo poskrbeli za stabilnost konstrukcije. Na profile podkonstrukcije se namestijo balast plošče za obtežitev.

3.3.4. IZENAČITVE POTENCIALA

Iz krožnega ozemljila se izvede izpust valjanca tipa RF 30x3,5mm direktno na glavno zbiralko izenačitve potenciala (GIP), ki bo montirana v neposredni bližini razsmernikov na katero bo z vodnikom tipa H07V-K 1x16mm2 povezana kovinska nosilna konstrukcija razsmernikov. Zbiralki dodatne izenačitve potenciala ZIP-1 in ZIP-2 bosta povezani na GIP z vodnikom tipa H07V-K 1x25mm2. Na zbiralki dodatne izenačitve potenciala bodo povezani prevodni elementi podkonstrukcije z vodnikom tipa H07V-K 1x16mm2 in kabelske police z vodnikom tipa H07V-K 1x6mm2.

3.3.5. STRELOVODNA INŠTALACIJA

Na objektu bo izveden izoliran strelovodni sistem inštalacije. Strelovodna inštalacija mora biti prilagojena III. zaščitnemu razredu s strelovodno mrežo z odvodi na maksimalni medsebojni razdalji 15m in lovilnim sistemom, ki je načrtovan po sistemu krogle z radijem 45m, kjer vsi elementi fotovoltaične elektrarne in ostali prevodni deli padejo znotraj strelovodne sence.

Strelovodna inštalacija ni predmet predmetne dokumentacije, ampak je obdelana v načrtu št. P22-024; 3/2. Načrt električnih inštalacij – splošne inštalacije in merilno – regulacijska oprema ČN Mirna Peč.

3.3.6. PRENAPETOSTNA ZAŠČITA

V stikalnem sestavu fotovoltaične elektrarne SE ČN Mirna Peč =RFE bo montirana prenapetostna zaščita zaščitnega razreda I+II s predvarovanjem.

Na enosmerni strani razsmernikov bosta montirana stikalna sestava =R-DC1 in =R-DC2, za vsak razsmernik posebej. V posamezni omarici bodo montirani dvopolni varovalčni ločilniki za DC tokokroge, za vsak string posebej ter prenapetostna zaščita razreda I+II.

Prenapetostna zaščita varuje ljudi in opremo pred:
- Direktnimi udari strele
- posledicami elektromagnetnih polj zaradi udara strele
- stikalnih manipulacij

3.3.7. IZRAČUN LOČILNE RAZDALJE

$$s = k_i x \frac{k_c}{k_m x} x\, l$$

kjer so:
k_i – je koeficient odvisen od izbranega zaščitnega nivoja
k_c – je koeficient razdelitve toka odvisen od toka strele
k_m – je koeficient odvisen od ločilnega materiala
l(m) – dolžina vzdolž odvodov, merjena od točke, kjer se ugotavlja bližina, do najbližje točke izenačitve potencialov

Zaščitni nivo	Koeficient k_i
I	0,08
II	0,06
III	0,04
IV	0,04

Tabela 1: Odvisnost koeficienta od izbire zaščitnega nivoja

Število odvodnih vodnikov	Ozemljilo tipa A	Ozemljilo tipa B
	Koeficient k_c	Koeficient k_c
1	1	1
2	0,66	0,5 – 1
3 ali več	0,44	0,25 – 0,5

Tabela 2: Odvisnost koeficienta od izbranega zaščitnega nivoja

Material	Koeficient k_m
zrak	1
beton, opeka	0,5

Tabela 3: Odvisnost koeficienta od materiala električne izolacije

$$s1 = k_i \; x \; \frac{k_c}{k_m} x \; l = 0{,}04 \; x \; \frac{0{,}44}{1} \; x \; 14m = 0{,}24m$$

Ločilna razdalja, izračunana za objekt ČN Mirna Peč znaša 24cm.

3.3.8. IZRAČUNI

3.3.8.1 Izračun inštalirane in konične moči ter koničnega toka stikalnih sestavov

Opozorilo: Ker sončna elektrarna spada med polprevodniške generatorje električne energije in tehnično ni možnosti delovanja v otočnem načinu, je kratkostična moč tovrstnega vira zanemarljiva v primerjavi z kratkostično močjo električnega omrežja.

Zaradi tega se pri postavitvi zaščite izvodov privzame elektrarno kot porabnik, saj bo v primeru okvare na inštalaciji celoten okvarni ali kratkostični tok stekel v zanki iz smeri omrežja.

Izračun je izveden na podlagi enačb:

$$P_i = \sum_{i=1}^{n} P_n[W] \qquad P_{kon} = f_i \cdot P_i \qquad I_{kon} = \frac{P_{kon}}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\varphi \cdot \eta}$$

$$\eta = \frac{\sum_{i=1}^{n} \eta_n}{n}$$

$$\cos\varphi = \frac{\sum_{i=1}^{n} \cos\varphi_n}{n}$$

kjer pomenijo:

$P_i[W]$	instalirana moč stikalnega sestava
$P_n[W]$	vsota posameznih instaliranih moči porabnikov
f_i	faktor istočasnosti
$P_{kon}[W]$	konična moč stikalnega sestava
$U[V]$	medfazna napetost 400V
$I_{kon}[A]$	konični tok

$cos\,\varphi$	faktor moči stikalnega sestava
$cos\,\varphi_n$	faktor moči posamezne naprave
n	število priključenih naprav
η	skupni izkoristek
η_n	izkoristek posamezne naprave

3.3.8.2 Zaščita pred prevelikimi tokovi

Upoštevane so zahteve:
- standard SIST IEC 60364-4-43 – Zaščita pred nadtoki
- standard SIST IEC 60364-5-52 – Izbira in namestitev električne opreme – Inštalacijski sistemi

Delovna karakteristika naprave, ki ščiti vod pred preobremenitvijo ustrezajo naslednjim pogojem:

$$I_b \le I_n \le I_z$$

$$I_2 \le 1{,}45 \cdot I_z \qquad \textbf{oz.} \qquad I_n \le \frac{1{,}45 \cdot I_z}{k}$$

$$I_b = \frac{P_n}{\sqrt{3} \cdot U \cdot cos\,\varphi \cdot \eta}$$ za trifazne porabnike; U=400V

$$I_b = \frac{P_n}{U \cdot cos\,\varphi \cdot \eta}$$ za enofazne porabnike; U=230V

kjer pomenijo:

$I_b[A]$ nazivni bremenski tok porabnika

$I_n[A]$ nazivni tok zaščitne naprave

$I_z[A]$ trajni zdržni tok kabla

$I_2[A]$ tok, ki zagotavlja zanesljivo delovanje zaščitne naprave

$P_n[W]$ nazivna moč porabnika

$cos\varphi$ faktor moči porabnika

η izkoristek porabnika

k faktor zaščitne naprave in znaša

- za talilne varovalke:

I_n = 2 in 4A	k = 2,1
I_n = 6 in 10A	k = 1,9
I_n ³ 16A	k = 1,6

- za instalacijske odklopnike:

I_n = za vsa območja k = 1,45

- za zaščitna stikala:

I_n = za vsa območja k = 1,2

Trajni zdržni tok posamezne vrste kabla oziroma vodnika določajo obratovalni pogoji:

- uporabljen tip instalacije
- vpliv paralelno položenih kablov
- vpliv temperature okolice

Rezultati so podani v tabeli dimenzioniranja kablov.

3.3.8.3 Kontrola padcev napetosti

Porabniki se napajajo iz nizkonapetostnega omrežja, zato dovoljeni padec napetosti med napajalno točko električne instalacije in katerokoli drugo točko ne sme biti, glede na nazivno napetost električne napetosti večji od naslednjih vrednosti (Po TSG-N-002:2021, 3.1. člen):

- 3% za tokokroge razsvetljave, če se instalacija napaja iz nizkonapetostnega omrežja
- 5% za tokokroge drugih porabnikov, če se instalacija napaja iz nizkonapetostnega omrežja
- 5% za tokokroge razsvetljave, če se inštalacija napaja neposredno iz transformatorske
- postaje, ki je priključena na visoko napetost
- 8% za tokokroge drugih porabnikov, če se instalacija napaja neposredno iz
- transformatorske postaje, ki je priključena na visoko napetost
- 1,5%, za tokokroge med generatorjem in razsmernikom
- 1,5%, za tokokroge med razsmernikom in omrežjem
- 2,5%, za skupni padec napetosti med moduli in NN poljem

Za električne instalacije, ki so daljše od 100m, se dovoljeni padec napetosti poveča za 0,005% na vsak dolžinski meter nad 100m, vendar ne več kot 0,5%.

Kontrola je narejena po enačbah:

$$u = \frac{100 \cdot P_n \cdot l}{\lambda \cdot S \cdot U^2}$$ za trifazne porabnike; U=400V

$$u = \frac{200 \cdot P_n \cdot l}{\lambda \cdot S \cdot U^2}$$ za enofazne porabnike; U=230V

kjer pomenijo:

$u[\%]$	padec napetosti
$P_n[W]$	nazivna moč porabnika
$l[m]$	dolžina kabla oz. vodnika
$S[mm^2]$	presek kabla oz. vodnika
$\lambda[Sm/mm^2]$	specifična prevodnost vodnikove kovine in znaša - za Cu vodnike 56 - za Al vodnike 37

3.3.8.4 Enosmerni tokokrogi

Potreben minimalni prerez za dosego dopustnega padca napetosti v enosmernih tokokrogih se določa z enačbo:

$$S_{min} = \frac{200 \cdot l_v \cdot P_{mpp-v}}{u\% \cdot U^2_{mpp-v} \cdot \lambda}$$

pri čemer izberemo prerez višji od izračunane vrednosti. Padec napetosti oziroma izgube v enosmernih tokokrogih se določijo z enačbo

$$u\% = \frac{200 \cdot l_v \cdot P_{mpp-v}}{S \cdot U^2_{mpp-v} \cdot \lambda}$$

kjer je:
Smin – minimalni prerez kabla (mm^2)
S – izbran prerez kabla (mm^2)
lv – dolžina kabla niza v eni smeri (m)
Pmpp-v – moč niza pri STC (W)
Umpp-v – napetost vršne moči niza (V)
u% - padec napetosti (%)
λ – specifična prevodnost (Sm/ mm^2) – 56 Sm/ mm^2 za Cu, 35 Sm/ mm^2 za Al
Pri dimenzioniranju vodnikov za enosmerni tok velja še zahteva, da mora vodnik trajno prenašati 1,25 kratni tok kratkega stika generatorja.

Rezultati so podani v tabeli dimenzioniranja kablov.

3.3.8.5 Kontrola minimalnega preseka kablov

Upoštevane so zahteve:
- standard SIST IEC 60364-4-43 – Zaščita pred nadtoki

Kontrola je izvedena ustrezno zgoraj navedenemu standardu in sicer po enačbi:

$$S_{min} = \frac{I}{k} I_k \sqrt{t} \qquad I_k = \frac{U}{Z} \qquad Z = \frac{l}{\lambda \cdot S_f} + \frac{l}{\lambda \cdot S_0}$$

kjer pomenijo:

$S_0[mm^2]$	presek zaščitnega vodnika
$S_f[mm^2]$	presek faznega vodnika
$\lambda[Sm/mm^2]$	specifična prevodnost vodnikove kovine
$Z[\Omega]$	impedanca okvarne zanke – kratkostična impedanca, vključujoč vir, fazni vodnik od izvora do mesta okvare in zaščitni vodnik od okvare do vira
$l[m]$	dolžina kabla oz. vodnika
$U[V]$	napetost proti zemlji
$I_k[A]$	pričakovani tok kratkega stika (tok okvare)
$t[s]$ izklopni čas zaščitne	izklopni čas zaščitne naprave (odčitan iz izklopilne karakteristike naprave)
k	konstanta, odvisna od materiala vodnika in izolacije kabla in znaša

k = 115	Cu + PVC
k = 141	Cu + guma, polietilen
k = 76	Al + PVC
k = 93	Al + guma, polietilen

Zgoraj omenjena formula za S_{min} velja le za preseke 10mm^2 ali več, za manjše preseke pa kontrole S_{min} ne izvajamo.

Kontrola presekov zaščitnih oz. ozemljitvenih vodnikov in vodnikov za izenačevanje potencialov je izvedena ustrezno standardu SIST IEC 60364-5-54 točka 543, ki določa, da mora biti presek zaščitnega vodnika S dimenzioniran skladno s tabelo 54.3:

Presek faznega vodnika S (mm^2)	Minimalni prerez zaščitnega vodnika (mm^2)	
	Zaščitni vodnik je iz istega materiala kot fazni vodnik	Zaščitni vodnik ni iz istega materiala kot fazni vodnik
S ≤ 16	S	$\frac{k_1}{k_2} \times S$
16 < S ≤ 35	16[a]	$\frac{k_1}{k_2} \times 16$
S > 35	$\frac{S^a}{2}$	$\frac{k_1}{k_2} \times \frac{S}{2}$
Kjer je : k_1 vrednost k za fazni vodnik, izbran iz tabele A.53.1 (SIST IEC 60364-5-54) ali iz tabel v standardu SIST IEC 60364-4-43, glede na material vodnika in izolacije k_2 vrednost k za zaščitni vodnik, izbran iz tabel A.54.2 do A.54.6		
[a] za PEN vodnik je redukcija preseka dovoljena samo v soglasju s pravili za dimenzioniranje nevtralnega vodnika (SIST IEC 60364-5-52, točka 524)		

V primeru, da zaščitni vodnik ni del kabla ali vodnika, mora imeti najmanjši prerez (SIST IEC 60364-5-54, točka 543.1.3):

- 2,5mm^2 za Cu ali 16mm^2 za Al, če je vodnik mehansko zaščiten
- 4mm^2 za Cu ali 16mm^2, če vodnik ni mehansko zaščiten

Standard določa, da morajo biti preseki vodnikov za povezavo na glavno zbiralko za izenačevanje potencialov (SIST IEC 60364-5-54, točka 543.1.1):

- najmanj 6mm^2 če je bakren
- najmanj 16mm^2 če je iz aluminija
- najmanj 50mm^2 če je jeklen

Dodatni vodnik za izenačevanje potencialov ima ustrezen presek glede na prerez najmanjšega zaščitnega vodnika, vezanega na te prevodne dele.

3.3.8.6 Zaščita pred električnim udarom

Zaščita pred neposrednim dotikom

Deli, ki so pod napetostjo so izolirani z materiali, ki trajno zdržijo vse predvidene obremenitve. Električne instalacije so do višine dveh metrov dodatno zaščitene pred mehanskimi poškodbami. Električne naprave in spoji so v oklopljenih omarah minimalne stopnje mehanske zaščite IP20. Vsi okrovi so spojeni v sistem izenačitve potenciala.

Zaščita pred posrednim dotikom

Poleg že omenjenega sistema za izenačitev potencialov je kot glavni zaščitni ukrep uporabljena zaščita s samodejnim odklopom napajanja. Uporabljen je TN-C-S sistem instalacij.

Pogoj za uspešno delovanje zaščite je :

$$Z_s \cdot I_a \leq U_0$$

kjer pomenijo :

$Z_s[\Omega]$ skupna impedanca tokokroga, ki vsebuje izvor, vodnik pod napetostjo do točke okvare in zaščitni vodnik od izvora do točke okvare.

$U_0[V]$ nazivna napetost proti zemlji

$I_a[A]$ tok, ki zagotavlja delovanje zaščitne naprave za avtomatski izklop v času določenim po standardu

Izklopilni časi po TSG-N-002:2021 oz. SIST IEC 60364-4-41:

- za fiksno priključene porabnike skladno s točko 4.5 (TSG-N-002:2021), $T_{izk} = 5s$
- za vtičnice in tokokroge, ki napajajo ročne aparate, katerih dostopni prevodni deli so povezani na zaščitni vodnik ali prenosne aparate, ki se med uporabo ročno premikajo po tabeli

U_0(V)	t(s)
Od 50 do 120	0,8
Od 121 do 230	0,4
Od 231 do 400	0,2
nad 400	0,1
Ex	0,1

Rezultati so podani v tabeli dimenzioniranja kablov.

3.4 PROJEKTANSKI POPIS S PREDIZMERAMI

3.5 RISBE

3.5.1 Situacija – umestitev SE v prostor
3.5.2 Tloris strehe – načrt postavitve fotovoltaičnih panelov, stringov, kabelskih polic in izenačitve potencialov
3.5.3 Tloris pritličja – mesto postavitve izklopne tipke SE
3.5.4 Blokovna shema SE
3.5.5 Enopolna shema na DC strani
3.5.6 Vezalna shema na DC strani
3.5.7 Enopolna shema ločilne merilne omare R_LMO
3.5.8 Vezalna shema ločilne merilne omare R_LMO
3.5.9 Blokovna shema komunikacije razsmernikov - povezava na internet
3.5.10 Blokovna shema izenačevanja potenciala