

NAČRT IN ŠTEVILČNA OZNAKA NAČRTA:

**NAČRT ELEKTRIČNIH INŠTALACIJ IN ELEKTRIČNE OPREME
MAPA 4**

INVESTITOR:

**OBČINA RADENCI
RADGONSKA CESTA 9
9252 RADENCI**

OBJEKT:

SLAČILNICE S POKRITO TRIBUNO

VRSTA PROJEKTNE DOKUMENTACIJE IN NJENA ŠTEVILKA:

PROJEKT ZA IZVEDBO

ZA GRADNJO:

NOVA GRADNJA

PROJEKTANT:

**WEGO GREGOR WOLF s.p.
Partizanska 16
9250 GORNJA RADGONA**

podpis odgovorne osebe

WEGO
Gregor Wolf, univ. dipl. inž. el. s.p.
ELEKTROINSTALACIJSKI SERVIS
Partizanska c. 16, 9250 Gornja Radgona
GSM: 041/777-0219

ODGOVORNI PROJEKTANT:

**GREGOR WOLF, univ. dipl. inž. el.
Ident. štev.: E-1197**

podpis

GREGOR WOLF
univ. dipl. inž. el.
IZS E-1197
osebni žig

ODGOVORNI VODJA PROJEKTA:

MITJA ŽNIDARIČ, uni. dipl. ing. grad. G-2743

podpis

osebni žig

ŠTEVILKA, KRAJ IN DATUM IZDELAVE NAČRTA:

E11/20

GORNJA RADGONA

sep 2011

4.2. KAZALO VSEBINE NAČRTA ELEKTRIČNIH INŠTALACIJ IN ELEKTRIČNE OPREME ŠT. 4

4.1	NASLOVNA STRAN NAČRTA	1
4.2	KAZALO VSEBINE NAČRTA	2
4.3	IZJAVA ODGOVORNEGA PROJEKTANTA NAČRTA	3
4.4	TEHNIČNO POROČILO, IZRAČUNI	4
	1.1 Splošni opis in lokacija	4
	1.2 Izvedba instalacije	7
	1.3 Dimenzioniranje	14
	1.4 Zaščita	15
	1.5 Električni razdelilniki	20
	1.6 Posebni primeri električnih inštalacij	22
	1.7 Izvedba priključkov, polaganja kablov in križanj	23
	1.8 Preverjanje ustreznosti	24
4.5	RISBE	26

4.4 TEHNIČNO POROČILO

1.1 Splošni opis in lokacija

V Radencih namerava Občina Radenci izgraditi slačilnice z pokrito tribuno..

Načrt električnih inštalacij in električne opreme je izdelan na podlagi Pravilnika o zahtevah za nizkonapetostne električne inštalacije v stavbah (Ur.l. RS, št. 41/2009) in tehničnih smernic Nizkonapetostne električne inštalacije TSG-N-002:2009 in Zaščita pred delovanjem strele TSG-N-003:2009.

Objekt se bo priključil na el. instalacijo v sosednjem objektu, ki je v lasti investitorja
V objektu je predvidena:

$$\begin{aligned}P_i &= 16,0\text{kW} \\f_i &= 1 \\P_k &= 16000\text{W} \\ \cos \varphi &= 0,95 \\I &= 24,5\text{A}\end{aligned}$$

Glavna varovalka je obstoječa, za kar ni potrebno povečati el. moči (3x25A – 17kW)

Obravnavane električne inštalacije so v načrtu razdeljene na električne instalacije:

- razvod od merilne omarice PMO do stikalnega bloka R1
- razsvetljave in porabnikov male moči
- priklopa trajno priključenih porabnikov

Električna inštalacija je izvedena delno nadometno v PN ceveh s kabli tipa NYM ustreznega preseka delno podometno v zid objekta in števila žil, kar je razvidno iz priloženih inštalacijskih načrtov in enopolnih shem stikalnih blokov.

Pri projektiranju razsvetljave je potrebno upoštevati **Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah** (Ur. l. RS št. 93/2008) in **Uredbo o mejnih vrednostih svetlobnega onesnaževanja okolja** (Ur. l. RS št. 81/2007) ter vse veljavne predpise.

Predvideni so tudi tehnološki priključki glede na zahteve v posameznih prostorih (kuhinja, kotlovnica,)

Višina namestitve inštalacijskih naprav je:

- stikala na višini 1,2m od tal

1.1.1 Požarna varnost

Varnostna razsvetljava

Varnostna razsvetljava se uporablja za najnujnejšo osvetlitev prostorov ali nevarnejših delovnih mest ter izhodnih poti na prosto v primeru izpada splošne razsvetljave. Poleg navedenega mora osvetljevati tudi varnostne znake ter požarnovarnostno oz. varnostno opremo vzdolž izhodne poti, kot so hidranti, gasilniki in ročni javljalniki požara.

Varnostna razsvetljava se mora vgraditi na vseh evakuacijskih poteh in izhodih, v hodnike, v garderobah, nad izhodi iz igralnic in skupnih prostorov, v kuhinji.

Zahteve za varnostno razsvetljavo :

V obravnavanem objektu je potrebno izvesti sledečo varnostno razsvetljavo (po SIST EN 1838) :

- varnostna razsvetljava vzdolž poti umika (evakuacijskih poti) (minimalno 1 lx merjeno na tleh)
- Pri ročnih javljalnikih požara, mestih z gasilniki in hidranti izven evakuacijskih poti in površin mora biti 5 lx.
- Zaradi staranja svetil mora biti ta vrednost za 25 % večja od predpisanih vrednosti (čez čas se na svetilu nabere prah in oddaja manj svetlobe).
- Najkrajši obratovalni čas varnostne razsvetljave je 1 ure (oz. večji v skladu s prEN 50172)
- Svetilke naj bodo označene s številko tokokroga in zaporedno številko svetilke v tokokrogu in naj bodo rdeče

barve

Zahteve za varnostne znake :

Varnostni znaki morajo biti izvedeni v skladu s *SIST 1013* v barvi po *SIST ISO 3864* in sicer kot :

- varnostni znaki za umik
- varnostni znaki za požarnovarnostne naprave in opremo

Znaki za označitev izhodov in smeri evakuacijskih poti morajo biti vidno nameščeni na vseh glavnih in zasilnih izhodih ter na vseh mestih spremembe nivoja, kot npr. stopnice, rampe in podobno. Nameščeni morajo biti na dobro vidnih mestih na steni ali obešeni iz stropa pravokotno na smer gibanja. Spodnji rob znaka naj bo na višini 2,0 do 2,5m od tal.

Pri projektiranju je upoštevano priporočilo *prEN 1838* in *prEN 50172*.

Priporočene velikosti označb:

<i>Razdalja prepoznavnosti</i>	<i>Velikost znaka – osvetljen</i>	<i>Velikost znaka – svetleč</i>
5m	100 x 50 mm	50 x 25 mm
10m	200 x 100 mm	100 x 50 mm
25m	500 x 250 mm	250 x 125 mm

Za sisteme varnostne razsvetljave za javne objekte in objekte kjer se zadržuje večje število ljudi, si mora investitor ali uporabnik pridobiti od pooblaščenega podjetja potrdilo o brezhibnem delovanju, ki ga predloži ob tehničnem pregledu objekta.

Odvod dima in toplote

Naprave za odvod dima in toplote niso predvidene.

Na delih, kjer elektro in cevne inštalacije prehajajo skozi požarni zid in strop (med požarnimi sektorji in požarnimi celicami), se morajo prehodna mesta na predpisan način obdelati z požarno odpornim materialom (material in sistem ščitenja urediti v skladu *SIST 13501-2* in *SIST EN 1366-3*).

Ob tehničnem pregledu mora izvajalec tesnenja predložiti ustrezen certifikat za vgrajeni material in podati pisno izjavo, da je delo opravil v skladu z navodili proizvajalca materiala.

1.2 Izvedba inštalacije

Inštalacija je razdeljena na več tokokrogov zaradi omejevanja škodljivih posledic ob okvari, olajšanja preverjanja, preizkušanja in vzdrževanja ter zaradi nevarnosti, ki lahko nastanejo ob odpovedi enega od tokokrogov, kot je npr. tokokrog razsvetljave. Za dele inštalacij, ki se krmilijo posebej, so predvideni posebni tokokrogi tako, da niso ogroženi zaradi okvar ali izpada ostalih tokokrogov.

El. inštalacija je izvedena podometno, po stropovih pa nadometno.

Med električnimi in drugimi inštalacijami mora biti razmik najmanj 30 mm, oziroma najmanj tolikšen, da vzdrževanje ene inštalacije ne ogroža druge.

Sistem električnih inštalacij ne sme biti pod ne-električnim sistemom, na katerem se lahko nabira kondenzat.

1.2.1 Zaščita vodov

Izolirani vodniki in kabli morajo biti zaščiteni pred mehanskimi, termičnimi, kemičnimi in drugimi zunanji vplivi, ki jih določa standard *SIST IEC 60364-5-51*.

Izolirani vodniki in kabli se smejo spajati samo v inštalacijskih dozah, kabelskih spojkah ali razdelilnikih. Ob spojih vodniki ne smejo biti izpostavljeni nateznim ali upogibnim silam.

Vodniki inštalacijskega sistema morajo biti na izhodih in vseh v/ali iz sten trajno zatesnjeni, na prehodih pa je potrebna tudi dodatna mehanska zaščita (tulec, cev), katere robovi morajo biti zaobljeni.

1.2.2 Način napeljave/položitve vodov

Električna inštalacija praviloma ne sme biti v istem kanalu z drugimi ne-električnimi inštalacijami.

Sistem nizkonapetostnih inštalacij ne sme biti položen v isti plašč ali cev in tudi ne blizu inštalacijskega sistema višje napetosti, razen če je vmes izolacijska pregrada, ki zdrži preizkusno napetost višje napetostnega sistema.

V eni inštalacijski cevi ali kanalu, oziroma v enem kabelskem plašču večžilnega kabla, so lahko samo vodniki enega tokokroga ter krmilni in pomožni tokokrogi.

Če se inštalacijski vodnik polaga na steno, mora biti najmanjši odmik od stene 5 mm.

Vodniki v električnih inštalacijah morajo biti napeljeni vzporedno z robovi prostora (vodoravno ali navpično); vodoravno: 30 do 110 cm od tal in 200 cm od tal do stropa, navpično pa najmanj 15 cm od robov oken in vrat.

Kabli se lahko polagajo nadzemno, prosto napeti ali pritrjeni (nosilne kljuke, objemke) ali položeni na kabelske police. Pri navpičnem polaganju morajo biti razbremenjeni lastne mase. Natezna obremenitev ne sme biti večja od 60 N/mm^2 skupnega prereza za baker oz. 30 N/mm^2 skupnega prereza za aluminij.

Kable je dovoljeno polagati na stene, če imajo izolacijo iz termoplastičnih materialov s polnilom in plaščem, če se polagajo na objemke in če so od tal do višine 2 m dodatno zaščiteni.

Kabli, položeni neposredno v omet ali steno, morajo biti po vsej dolžini pokriti z najmanj 4 -milimetrskim ometom.

Kabli se smejo vkopati v zemljo, če imajo ustrezen plašč za zaščito pred mehanskimi in drugimi vplivi. Globina polaganja mora biti najmanj 0,6 m oziroma najmanj 0,8 m, če se polagajo pod prometno površino.

1.2.3 Dimenzioniranje vodnikov

Da se zagotovi potrebna trajnost izoliranih vodnikov in kablov v sistemih električnih inštalacij, je pri njihovem dimenzioniranju upoštevana izpostavljenost izolacije termičnim učinkom trajno dovoljenega toka in zunanjih vplivov v času obratovanja.

Pri dimenzioniranju vodnikov in kablov je upoštevana najvišja temperatura okolja in najvišja dovoljena temperatura, do katerih se sme segreti posamezna vrsta izolacije. Glede na način polaganja, število žil v vodnikih in kablilih in za skupine z več kot enim tokokrogom ali za več kot enožilni kabel, so pri dimenzioniranju upoštevani ustrezni korekcijski faktorji.

V TN sistemih je lahko vloga PE in N vodnika združena, če zadevni del inštalacije ni ščiten z zaščitnim stikalom na diferenčni tok in če je v trajno položenih inštalacijah zaščitni vodnik najmanj prereza 10 mm^2 Cu ali 16 mm^2 Al. Najmanjši prerez PEN vodnika sme biti 4 mm^2 s pogojem, da je kabel s koncentričnim vodnikom in so zveze, ki zagotavljajo neprekinjenost, podvojene v vseh priključenih točkah.

Najmanjši prerez zaščitnega vodnika mora:

1. biti skladen z impedanco okvarne zanke in
2. ustrezati v primeru izvedbe zaščite s samodejnim odklopom ob okvari, katerega čas ne presega 5 s:
 - a. efektivni vrednosti toka zemeljskega stika ali efektivni vrednosti toka zemeljskega stika pri pojavu prve okvare v IT sistemu, ki teče skozi zaščitno napravo, če je impedanca zanemarljiva,
 - b. času delovanja zaščitne naprave ob upoštevanju omejitev toka z impedancami električnega tokokroga in možnosti omejitve (joulski integral) zaščitne naprave,
 - c. vrsti kovine zaščitnega vodnika, izolacije in drugih delov ter začetni in končni temperaturi, pri čemer je treba upoštevati najvišjo dovoljeno temperaturo stikov.

Ozemljitveni vod mora ustrezati istim pogojem kot zaščitni vodnik, če pa je vkopan, mora biti njegov prerez za:

1. izoliran - mehansko nezaščiten vod: 16 mm^2 Cu ali Fe,
2. neizoliran vod: 25 mm^2 Cu, ali 50 mm^2 Fe - vroče pocinkan,
3. trak: 100 mm^2 Fe - najmanjše debeline 3 mm.

Vijaki za stike ozemljitvenih vodov morajo biti M10.

1.2.4 Stikalne in zaščitne naprave

Stikalne naprave ne smejo prekinjati zaščitnega vodnika.

Pri večpolnih stikalnih aparatih se morajo fazni kontakti istočasno mehansko stakniti oziroma ločiti. Kontakti za nevtralni vodnik se lahko pri vklopu staknejo prej, pri izklopu pa ločijo kasneje.

Enopolna stikalna naprava v večfaznem tokokrogu ne sme biti postavljena v nevtralnem vodniku, razen če je na napajalni strani zaščitna naprava na diferenčni tok, ki pri okvari avtomatično izklopi napajanje.

Zaščitna naprava na diferenčni tok, ki se uporablja za zaščito pred posrednim dotikom, mora zagotoviti izklop vseh vodnikov tokokroga pod napetostjo.

Zaščitni vodnik ne sme biti napeljan skozi magnetni krog zaščitne naprave na diferenčni tok.

Zaščitna naprava na diferenčni tok v tokokrogu brez zaščitnega vodnika se ne šteje za zadostno zaščito ob

okvari.

V sistemih električnih inštalacij se mora z ustrezno izbiro zaščitnih naprav zagotoviti selektivnost zaščite.

Če je zaščitna naprava na diferenčni tok vgrajena v nadtokovno zaščitno napravo ali je v kombinaciji z njo, mora karakteristika take zaščitne naprave poleg pogojev za nazivni tok izpolnjevati tudi pogoje glede izklopne zmogljivosti za preobremenitev in kratkostični tok.

Če zaščitna naprava na diferenčni tok ni vgrajena v nadtokovno zaščito, mora brez poškodb zdržati termične in mehanske obremenitve ob kratkem stiku na strani obremenitve.

Zaščitna naprava na diferenčni tok se lahko uporablja tudi kot glavno stikalo.

1.2.5 Varnostni sistemi

1.2.5.1 Splošno

Tokokrogi varnostnih sistemov morajo biti ločeni od drugih tokokrogov z negorljivimi izolirnimi materiali, z napeljavo drugje ali z okrovom tako, da električna okvara ali katerikoli poseg ali sprememba v enem sistemu ne vpliva na brezhibno obratovanje drugega sistema.

V varnostnih sistemih mora biti izvedena zaščita pred električnim udarom brez samodejnega odklopa napajanja pri pojavu prve okvare.

Stikalne naprave varnostnih sistemov se morajo razlikovati od stikalnih naprav splošnih inštalacij in morajo biti nameščene v prostor, ki je dostopen samo pooblaščenim strokovnim osebam.

1.2.5.2 Napajanje

Varnostni sistemi, ki morajo delovati, posebej pri nastanku požara, morajo imeti zagotovljeno napajanje z električno energijo v določenem času, oprema pa mora biti izvedena ali postavljena tako, da je ustrezen čas odporna proti ognju.

Kot varnostni napajalni viri ob izpadu električne energije se lahko uporabijo akumulatorji, primarne celice in baterije, generatorski agregati, neodvisni od normalnega napajanja, in posebni napajalni vodi, ki so popolnoma neodvisni od normalnega napajanja.

Če obstaja samo en vir za napajanje varnostnega sistema, se ne sme uporabljati za drug namen.

Kadar se varnostni in drugi sistemi napajajo iz vzporednih virov, morajo biti izvedeni ukrepi za omejitev toka med nevtralnimi točkami teh virov, zaščita pred kratkim stikom in električnim udarom pa morata biti zagotovljeni, ne glede na to, iz katerega vira se inštalacija napaja.

Napajalni viri varnostnih sistemov morajo biti postavljeni in pritrjeni tako, da se ne morejo poškodovati zaradi okvar, ki lahko nastanejo v glavnih napajalnih virih.

1.2.6 Nameščanje in označevanje električne opreme, vodnikov in kablov

1.2.6.1 Splošno

Električna oprema (tudi vodniki in kablji) mora biti nameščena tako, da se zlahka preverja in vzdržuje ter da so njeni priključki zlahka dostopni.

Na stikalnih aparatih morajo biti nameščene napisne ploščice in druga sredstva za prepoznavanje.

Vodniki in kablji morajo biti položeni in označeni tako, da se pri preskušanju, popravilu ali zamenjavi zlahka prepoznajo.

Zaščitni vodnik (PE) in zaščitno nevtralni vodnik (PEN) morata biti barvno označena z rumeno-zeleno, nevtralni vodnik (N vodnik) pa s svetlo-modro barvo. Te barvne oznake se ne smejo uporabljati za drugo označevanje.

Zaščitna naprava mora biti postavljena v razdelilnik in označena tako, da je njej pripadajoči tokokrog zlahka prepoznaven.

Ločilniki morajo biti označeni tako, da je nedvoumno razpoznavno, kateri tokokrog ločijo.

1.2.6.2 Napisne ploščice na razdelilnikih

Na zunanji strani razdelilnika mora biti ploščica z imenom proizvajalca, tipska oznaka ali identifikacijska številka, ki omogoča od proizvajalca dobiti vse potrebne informacije, oznaka uporabljenega sistema ozemljitve (TT, TN, IT...) in podatki o opremi, ki se iz njega napaja.

Napisne ploščice morajo biti nameščene tako, da so vidne in berljive tudi po montaži in ves čas uporabe razdelilnika,

V električnem razdelilniku mora biti na napisni ploščici tam, kjer je to opazno, oziroma v dokumentaciji razdelilnika ali električni ali drugi shemi, ki se nahaja v njem, navedena:

1. vrsta napetosti (in frekvenca v primeru izmenične napetosti),
2. nazivna obratovalna napetost,
3. nazivna napetost izolacije,
4. nazivna napetost pomožnih tokokrogov,
5. meje obratovanja,
6. nazivni tok vsakega tokokroga,
7. kratkostična trdnost,
8. stopnja mehanske zaščite (IP),
9. ukrepi za zaščito pred električnim udarom,
10. obratovalni pogoji za notranjo in zunanjo montažo ali za posebno uporabo, v kolikor se razlikujejo od normalnih obratovalnih pogojev,
11. tip sistema ozemljitve, za katerega je razdelilnik predviden,
12. mere (predvsem višina, širina in globina),
13. masa.

Oznake oziroma napisne ploščice v električnih razdelilnikih morajo biti zaznamovane na trajen način in trajno pritrjene ter usklajene s tehničnimi podatki iz dokumentacije in navodili za obratovanje in vzdrževanje.

Oznake morajo omogočiti razpoznavanje posameznih tokokrogov in njihove zaščitne aparate znotraj razdelilnika.

Če so posamezni aparati v razdelilniku označeni, morajo biti oznake identične oznakam v shemah delovanja.

V razdelilnikih morajo biti zaščitne stikalne naprave, oziroma vsi elementi, jasno označeni po namenu in tokokrogu, ki mu pripadajo.

1.2.7 Ozemljitev

1.2.7.1 Zaščitna ozemljitev

Ker je za zaščito pred električnim udarom predviden ukrep s samodejnim odklopom napajanja ima električna inštalacija izvedeno zaščitno ozemljitev.

V inštalaciji je biti predviden en glavni ozemljitveni priključek, na katerega se povežejo:

1. ozemljitveni vodi,
2. zaščitni vodniki (PE),
3. zaščitno nevtralni vodniki (PEN),
4. glavni vodniki za izenačitev potencialov,
5. vodniki za obratovalno ozemljitev (če uporabljeni sistem inštalacij in ozemljitev to zahteva).

Kadar so za zaščito pred električnim udarom uporabljene naprave za nadtokovno zaščito, morajo biti zaščitni vodniki z vodniki pod napetostjo v istem kablu, plašču vodnika ali inštalacijski cevi.

Če je zaščitna ozemljitev izvedena s svojim ozemljilom, mora biti to ozemljilo električno ločeno in neodvisno od vseh drugih ozemljenih delov ter oddaljeno najmanj 10 m od vseh ozemljenih kovinskih delov.

Povezava ozemljila s PE vodnikom mora biti izvedena z izoliranim vodom.

Zaščitni vodnik sme biti povezan le s prevodnimi deli električnih naprav, katerih napajanje se pri pojavu okvare prekine z delovanjem iste zaščitne naprave.

Če je združena funkcija zaščitne in obratovalne ozemljitve, je pri različnih zahtevah odločilna tista, ki se nanaša na zaščitno ozemljitev.

Nadzor neprekinjenosti zaščitne ozemljitve naprav (opreme) za obdelavo podatkov s pomočjo naprave za avtomatični izklop napajanja mora zagotoviti izklop napajanja v primeru okvare in v primeru prekinitve zaščitnega vodnika.

Vrednost ozemljitvene upornosti mora ustrezati zahtevam zaščite in obratovanja električnih inštalacij in se mora ohranjati, da zemljostični in uhajavi tok lahko vedno tečeta brez nevarnosti glede termičnih, termomehaničnih in elektromehaničnih obremenitev.

Zagotovljena morata biti trdnost in mehanska zaščita ozemljitve v odvisnosti od ocenjenih zunanjih vplivov.

Za zaščitna in obratovalna ozemljila se smejo uporabljati:

1. cevi ali palice,
2. trakovi ali žice, plošče,
3. temeljsko ozemljilo,
4. betonska armatura za prednapeti beton če je $\phi > 10 \text{ mm}$,
5. kovinske vodovodne cevi le, če to odobri lastnik vodovodnega omrežja in če je za premostitev vodomera uporabljena pokositrena bakrena vrv 16 mm^2 , pokositrena jeklena vrv 25 mm^2 ali pocinkan jeklen trak 60 mm^2 , najmanjše debeline 3 mm in
6. druge vkopane konstrukcije, razen cevovodov za pretok vnetljive tekočine ali plina, centralno gretje ipd., kar pa ne izključuje izenačenja potencialov z drugimi sistemi.

Za opravljanje meritev mora biti na ozemljilnih vodih predvidena ločljiva zveza - merilni spoj.

1.2.7.2 Obratovalna ozemljitev

Obratovalna ozemljitev mora biti izvedena skladno z zahtevami soglasja za priključitev, če se električna inštalacija priključi na elektroenergetsko omrežje, da zagotovi brezhibno obratovanje inštalacije. Če elektroenergetsko soglasje obratovalne ozemljitve ne zahteva, za inštalacijo zadostuje obratovalna ozemljitev omrežja.

Za ozemljitev inštalacij pri napravah za obdelavo podatkov je treba upoštevati njihov uhajavi tok, ki mu je treba prilagoditi izvedbo zaščite pred električnim udarom.

Pri izvedbi ozemljitev inštalacij pri napravah za obdelavo podatkov je treba upoštevati, da filtri za zmanjšanje radiofrekvenčnih motenj v teh napravah (opremi) lahko povzročijo velike uhajave toke, zaradi katerih lahko pri prekinitvi zaščitne povezave z zemljo pride do nevarnih napetosti dotika.

Pri napravah (opremi) za obdelavo podatkov z velikim uhajavim tokom je treba zagotoviti, da diferenčni tok, povzročen z uhajavim polnilnim tokom kondenzatorja, pri vklopu naprave (opreme) ne sproži zaščitno tokovno stikalo na diferenčni tok, kadar je uporabljeno za zaščito pred električnim udarom.

Za naprave (opremo) za obdelavo podatkov z velikim uhajavim tokom se mora neprekinjenost ozemljitve preizkusiti ob postavitvi in prevzemu inštalacije ter periodično in po vsaki spremembi.

1.2.7.3 Zahteve za vodnike

V TN - sistemih je lahko vloga zaščitnega in nevtralnega vodnika združena, če ima v trajno položenih inštalacijah zaščitni vodnik prerez najmanj 10 mm^2 bakra ali 16 mm^2 aluminija in če tisti del inštalacije ni zaščiten z zaščitno napravo na diferenčni tok.

Prerez zaščitnega vodnika mora biti enak prerezu vodnikov pod napetostjo, oziroma je pri prerezih nad 35 mm^2 Cu lahko polovičen napram prerezu vodnikov pod napetostjo, pri čemer je treba upoštevati posebne razmere v inštalacijah, ki zahtevajo večje prereze.

Najmanjši prerez PEN - vodnika sme biti 10 mm^2 Cu oziroma 16 mm^2 Al.

PEN - vodnik mora biti izoliran za najvišjo napetost, ki ji je lahko izpostavljen.

Če se v neki točki inštalacije ločita funkciji zaščitnega (PE) in nevtralnega (N) vodnika, se za ločitveno točko ne smeta več povezati.

Na mestu ločitve PEN – vodnika na PE in N – vodnik, morajo biti predvidene za vsakega posebne sponke. PEN - vodnik se mora priključiti na označeno sponko ali na zbiralko za zaščitni vodnik, N vodnik pa se po ločitvi ne sme več ozemljiti.

V tokokrogu zaščitnega, oziroma zaščitno-nevtralnega vodnika ne sme biti stikalnih aparatov.

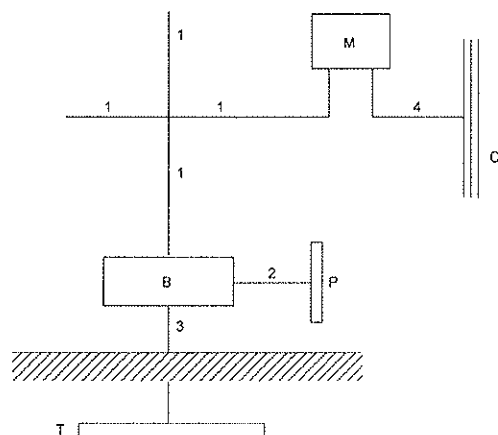
V tokokrog PE oziroma PEN - vodnika ne sme biti zaporedno vezano navitje naprave za nadzor neprekinjenosti ozemljitve.

Kot zaščitni vodniki se smejo uporabljati vodniki v večžilnih kablji, goli ali izolirani vodniki v skupnem kanalu, inštalacijskem kanalu ali cevi z vodniki, posebni izolirani ali goli vodniki, kovinske obloge (npr. opleti, zasloni, armature nekaterih kablov itd.), kovinske inštalacijske cevi ali inštalacijski kanali in določeni prevodni deli.

Kovinske vodovodne cevi, plinske cevi, povezave kovinskih inštalacijskih cevi, sistem zbiralčnih korit upogljivi kovinski deli, gibke kovinske cevi (razen če so izdelane za ta namen) in rezervne žice, kabelske police in kabelske lestve se ne smejo uporabiti kot zaščitni vodnik.

Tuji prevodni deli se ne smejo uporabiti kot PEN - vodniki.

V inštalacijskih sistemih je treba upoštevati princip povezave ozemljitev in zaščitnih vodnikov, kot je prikazan na sliki 1.



- 1 - zaščitni vodnik
- 2 - glavni vodnik za izenačitev potencialov
- 3 - ozemljitveni vod
- 4 - dodatni vod za izenačitev potencialov
- B - glavni priključek (ozemljitvena zbiralka)

- M – izpostavljeni prevodni deli
- C – tuji prevodni deli
- P - vodovod
- T - ozemljitev

Slika 1: princip povezave ozemljitev in zaščitnih vodnikov

1.2.8 Glavna in dodatna izenačitev potencialov

1.2.8.1 Glavna izenačitev potencialov

Glavno izenačitev potencialov se izvede s povezavo vseh tujih prevodnih delov med seboj in z zaščitno ozemljitvijo.

Vodnik za glavno izenačitev potencialov mora medsebojno in z zaščitno ozemljitvijo povezati naslednje prevodne dele v vsakem objektu:

1. glavno ozemljilno sponko glavnega ozemljitvenega vodnika,
2. cevi in podobne kovinske konstrukcije znotraj objekta (npr. plinovod, vodovod, vodila dvigal ...),
3. kovinske dele konstrukcij, centralne kurjave in klimatizacijskega sistema,
4. sistem zaščite pred delovanjem strele.

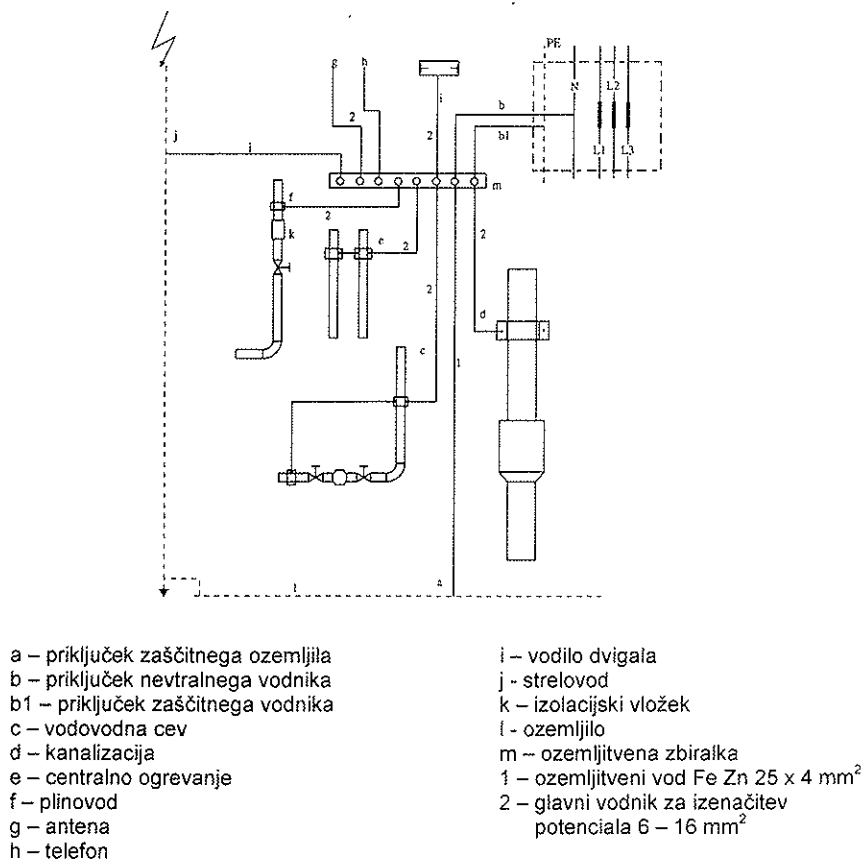
Vsi posamezni vodniki za glavno izenačitev potencialov morajo biti spojeni na ozemljitveno zbiralko glavne izenačitve potencialov.

Ozemljitvena zbiralka glavne izenačitve potencialov, s katero so povezani posamezni vodniki za izenačitev potencialov mora imeti trajno in jasno označene sponke za priključek posameznih vodnikov za izenačitev potencialov.

Prerez vodnikov za glavno izenačitev potencialov mora biti med 6 in 16 mm² Cu, če vodnik ni mehansko zaščiteno, oziroma 16 mm² Al, pri čemer v tem razponu ne sme biti manjši od polovice prereza največjega zaščitnega vodnika v inštalacijskem sistemu.

Prerez ozemljilnega vodnika zbiralke za glavno izenačitev potencialov mora biti skladen z določili za zaščitne in ozemljilne vodnike.

Sistem za izenačitev potencialov se mora povezati z zaščitnimi vodniki celotne opreme, vključno z vtičnicami. Glavne izenačitve potencialov se izvedejo, kot je prikazano za TN-S sistem ozemljitve na sliki 2.



Slika 2: Izvedba glavne izenačitve potencialov za sistem TN-S

1.2.8.2 Dodatna izenačitev potencialov

Dodatno izenačitev potencialov je kompenzacijski zaščitni ukrep, ki se mora uporabiti, če zaščitni pogoji za nek inštalacijski sistem niso ustrezni.

Lokalno dodatno izenačitev potencialov je treba izvesti v primeru, ko naprava, ki zagotavlja zaščito pred posrednim dotikom tokokroga ali opreme pri okvari izolacije, ne zagotavlja izklopa tokokroga v času, ki bi preprečil vzdrževanje napetosti:

1. nad 50 V efektivne izmenične napetosti 15 – 1000 Hz (oziroma 24 V zaradi vlažne ali 12 V zaradi mokre kože v specifičnih pogojih okolja), ali
2. nad 120 V enosmerne napetosti, katere valovitost ne presega 10% efektivne vrednosti (oziroma 60 V zaradi vlažne ali 30 V zaradi mokre kože v specifičnih pogojih okolja), oziroma
3. nad 140 V najvišje temenske vrednosti enosmerne napetosti (oziroma 70 V zaradi vlažne ali 35 V zaradi mokre kože v specifičnih pogojih okolja).

Kadar je izvedena dodatna izenačitev potencialov, je odklopni čas avtomatičnega odklopa napajanja do 5 sekund primeren, če je zaščitna naprava varovalka. Če je zaščitna naprava odklopnik, je tok, ki ga je treba upoštevati, najmanjši tok, ki zagotavlja trenutno delovanje odklopnika.

Dodatna izenačitev potencialov mora obsegati vse hkrati dostopne izpostavljene prevodne dele pritrjene opreme in tuje prevodne dele in, kjer je mogoče, glavne kovinske betonske armature, uporabljene v objektu.

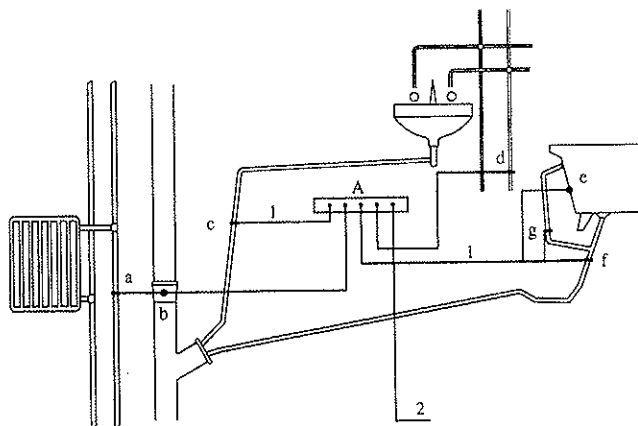
Za učinkovitost dodatne izenačitve potencialov, je treba izpolniti pogoj, da je upornost med hkrati izpostavljenimi prevodnimi deli in tujimi prevodnimi deli količnik med vrednostjo dovoljene zgornje meje male napetosti, glede na pogoje vplivov okolice in toka, ki zagotavlja delovanje zaščitne naprave - za diferenčno tokovno zaščito je to delovalni diferenčni tok.

Vsi posamezni vodniki za dodatno izenačitev potencialov morajo biti povezani na zbiralko za dodatno izenačitev potencialov, ki mora imeti trajno in jasno označene sponke za priključek posameznih vodnikov za dodatno

izenačitev potencialov in biti povezana z zbiralko glavne izenačitve potencialov.

Prerez vodnikov za dodatno izenačitev potencialov mora biti 4 mm^2 , prerez povezave med zbiralko dodatne izenačitve potencialov in zbiralko glavne izenačitve potencialov pa mora biti enak prerezom vodnikov za glavno izenačitev potencialov.

Izvedba dodatne izenačitve potencialov za primer kopalnice, je prikazana na sliki 3.



- a – priključek na kovinsko cev centralnega ogrevanja
- b – priključek na kovinsko cev kanalizacije
- c – priključek na kovinsko odvodno cev umivalnika
- d – priključek na kovinske vodovodne cevi
- e – priključek na kovinsko kopalno kad
- f – priključek na kovinski odtok kovinske kopalne kadi
- g – priključek na kovinski preliv kopalne kadi
- A – zbiralka za dodatno izenačitev potencialov (Cu 20 x 30 mm v dozi 95 x 95 mm)
- 1 – vodniki dodatne izenačitve potencialov 4 mm^2
- 2 – vodnik za povezavo med zbiralko dodatne izenačitve potencialov in zbiralko glavne izenačitve potencialov 6 – 16 mm^2

Slika 3: dodatna izenačitev potencialov v kopalnici

Učinkovitost izenačitve potencialov se preveri z meritvami.

1.3 Dimenzioniranje

1.3.1 Izračun padca napetosti

Dovoljeni padec napetosti od napajalne točke, do katerekoli točke električne inštalacije, če se ta napaja iz javnega distribucijskega omrežja, je 3 % za tokokroge razsvetljave in 5 % za tokokroge drugih porabnikov. Če se inštalacija napaja iz transformatorske postaje, priključene na SN ali VN - omrežje, je dovoljeni padec napetosti od napajalne točke, do katerekoli točke inštalacije, 5 % za tokokroge razsvetljave in 8 % za tokokroge drugih porabnikov. Za vode v inštalacijah, ki so daljši od 100 m, se dopustni padec poveča za 0,005 % za vsak meter nad 100 m dolžine, vendar za največ 0,5 %.

Kontrola vodnikov po kriteriju padca napetosti je narejena po formulah:

$$\diamond \text{ Za trifazni vod : } u (\%) = K_i \cdot \frac{100 \cdot P \cdot l}{\gamma \cdot S \cdot U^2} \leq 3 \text{ oz } 5 \%$$

$$K_i = 1 + \frac{x}{r} \cdot \tan(\arccos \varphi)$$

❖ Za enofazni vod :

$$u (\%) = \frac{200 \cdot P \cdot l}{\gamma \cdot S \cdot U^2 \cdot \cos \varphi} \leq 3 \text{ oz } 5 \%$$

pri čemer je :

u	– izračunani padec napetosti voda (%)
P	– moč v točki odjema (W)
l	– razdalja (m)
γ	– specifična prevodnost vodnika ($m/\Omega mm^2$)
S	– presek vodnika (mm^2)
U	– medfazna napetost (V)
U_f	– fazna napetost (V)
K_i	– faktor induktivnosti (se zanemari do preseka kabla $35mm^2$)
r	– maksimalna ohmska upornost vodnika (Ω)
x	– maksimalna induktivna upornost vodnika (Ω)
$\cos \varphi$	– faktor moči

Kontrola vodnikov po kriteriju padca napetosti za najbolj karakteristične porabnike je podana v izračunih (tabela 1).

Ker so dovoljeni padci napetosti, če se električna instalacija napaja iz nizkonapetostnega omrežja, med napajalno točko električne instalacije in katerikoli drugo točko za razsvetljavni tokokrog 3%, za tokokroge drugih porabnikov pa 5%, izračunani skupni maksimalni padec napetosti od priključka na NN omrežje do nobenega končnega porabnika pa ne presega te meje so **preseki vodnikov za pravilno izbrani**.

1.4 Zaščita

Pri izvedbi instalacij so predvidene naslednje vrste zaščitnih ukrepov:

- 1.4.1 zaščita s samodejnim odklopom napajanja
- 1.4.2 zaščita ob okvari
- 1.4.3 zaščita pred prevelikimi tokovi
- 1.4.4 zaščita pred toplotnim učinkom
- 1.4.5 zaščita pred prenapetostjo

1.4.1 Zaščita s samodejnim odklopom napajanja

Zaščita pred električnim udarom s samodejnim odklopom napajanja v sistemih električnih inštalacij, mora pri okvari izolacije preprečiti nastanek napetosti dotika s takšno vrednostjo in trajanjem, ki bi bila lahko nevarna za fiziološko delovanje.

Zaradi učinkovitosti zaščite pred električnim udarom s samodejnim odklopom napajanja mora biti izvedena koordinacija med vrstami sistemov inštalacij, karakteristikami zaščitnega vodnika in zaščitne naprave. Vsaka okvara izolacije električne opreme mora povzročiti okvarni tok, ki zagotovi tako hiter avtomatični odklop, da ni ogroženo zdravje ali življenje ljudi.

V sistemu TN je okvarna zanka sestavljena iz galvanskega tokokroga, ki obsega okvarjeni vodnik pod napetostjo in zaščitni vodnik, neposredno zvezan z nevtralno točko (PE - ali PEN - vodnik, odvisno od tega, če je sistem TN-S ali TN-C).

Ukrep za zaščito pred električnim udarom s samodejnim odklopom napajanja se ne uporablja za dele inštalacij, kjer je nujnost napajanja bistvena in/ali kadar zaščita ni učinkovita. Zaščita se zagotovi tako, da se električna oprema postavi v neprevodne prostore, ali z lokalno izenačitvijo potencialov brez povezave z zemljo.

Kjer je uporabljen zaščitni ukrep s samodejnim odklopom napajanja, se morajo v TN sistemu, vsi izpostavljeni prevodni deli inštalacije povezati z ozemljitveno točko sistema z zaščitnim vodnikom. Običajno je to tudi nevtralna točka sistema.

V TN sistemu najdaljši odklopni časi, določeni v tabeli 1, ustrezajo zagotavljanju zaščite pred posrednim dotikom tokokroga ali opreme ob okvari v izolaciji (med deli pod napetostjo in izpostavljenimi prevodnimi deli), s samodejnim odklopom napajanja tokokroga. Z njimi napetost dotika nad dovoljeno vrednostjo male napetosti ne pomeni nevarnosti zaradi fiziološkega učinka na osebe v dotiku s hkrati dostopnimi prevodnimi deli. Ti časi veljajo

za končne tokokroge, ki napajajo vtičnice ali neposredno, brez vtičnice, ročne aparate, katerih dostopni prevodni deli so povezani na zaščitni vodnik ali prenosne aparate, ki se med uporabo ročno premikajo. Daljši časi izklopa, ki ne smejo presegati 5 sekund, so dovoljeni za:

1. napajalne tokokroge,
2. končne tokokroge, ki napajajo samo neprenosljivo opremo, če so priključeni na električni razdelilnik, na katerega niso priključeni tokokrogi, za katere so zahtevani krajši odklopni časi po razpredelnici,
3. končne tokokroge, ki napajajo samo neprenosno opremo, če so priključeni na električni razdelilnik, na katerega so priključeni tokokrogi, za katere so zahtevani krajši odklopni časi po tabeli 2 s pogojem, da obstoji dodatno izenačitev potencialov.

Tabela 1

U_0 (V)	T (s)
50 do 120	0,8
do 121 do 230	0,4
od 231 do 400	0,2
nad 400	0,1

V istem električnem razdelilniku TN sistema ne smejo biti nameščeni skupaj zaščitni elementi za samodejni odklop napajanja s kratkim in elementi z dolgim izklopnim časom.

Če je v TN sistemu ozemljitve uporabljen zaščitni ukrep s samodejnim odklopom napajanja napetost dotika nižja od trajno dovoljene, odklop napajanja zaradi zaščite ob okvari ni nujen, npr. pri tokokrogih halogenskih svetilk.

Samodejni odklop napajanja zaradi zaščite ob okvari je v TN sistemu nujen tudi zaradi nevarnosti požara in če je razmerje impedanc zaščitnega vodnika in okvarne zanke majhno, kadar se za zaščitni vodnik uporabi vzporedno več vodnikov večžilnega kabla ali kabelska armatura vzporedno z golim zunanjim vodnikom.

Zunaj območja vpliva glavne izenačitve potencialov v TN sistemu s samodejnim odklopom napajanja, so potrebni drugi zaščitni ukrepi, še posebej za električno opremo, ki se napaja iz vtičnic. Ti ukrepi so:

1. izdelava lokalnega sistema TT,
2. napajanje preko ločilnega transformatorja in
3. uporaba dodatne izolacije.

Če v TN sistemu ozemljitve z uporabo zaščitnega ukrepa s samodejnim odklopom napajanja z nadtokovno zaščito ni mogoče izpolniti pogojev za zaščito pred električnim udarom, je treba uporabiti dodatno izenačitev potencialov ali pa zaščitne naprave na diferenčni tok.

Kadar lahko pride do kratkega stika med faznim vodnikom in zemljo, tudi v primeru, če je inštalacijski sistem priključen na omrežje z nadzemnimi vodi, je treba zagotoviti, da zaščitni vodnik in z njim povezani izpostavljeni prevodni deli ne pridejo pod napetost, ki presega dovoljeno napetost dotika.

V TN sistemih ozemljitve z uporabo zaščitnega ukrepa s samodejnim odklopom napajanja, se smejo za zaščito pred električnim udarom uporabljati naprave za nadtokovno zaščito in naprave za diferenčno tokovno zaščito, pri čemer je treba upoštevati:

1. v TN-C sistemu, ki ima PEN vodnik, se zaščita zagotovi z nadtokovno zaščito.
2. če se za zaščito uporabi diferenčna tokovna zaščita, se vodnik PEN ne sme uporabiti na strani obremenitve naprave, ampak je treba izvesti TN-C-S sistem.
3. če se za zaščito uporabi diferenčna tokovna zaščita, se mora povezava izpostavljenih prevodnih delov z zaščitnim vodnikom izvesti na napajalni strani.

Ob uporabi naprave za samodejni odklop napajanja z diferenčno tokovno zaščito v TN-S sistemu, v tokokrogih zunaj vpliva glavne izenačitve potencialov ni treba povezati izpostavljenih prevodnih delov z zaščitnim vodnikom TN sistema pod pogojem, da so povezani z ozemljilom, ki ima upornost, prilagojeno delovalnemu toku diferenčne tokovne zaščite. Tako zaščiten tokokrog se obravnava kot tokokrog v TT sistemu. To velja še posebej za električno opremo, ki se napaja iz vtičnic. Zanj lahko uporabimo ločena ozemljila, kar predstavlja ločen TT sistem ozemljitve, napajanje preko ločilnega transformatorja ali dodatno izolacijo.

1.4.2 Zaščita ob okvari

V TN sistemu nepopolne okvare ni treba upoštevati, ker se zaradi velikega okvarnega toka spremeni v popolno okvaro.

Da se zagotovi varnost ob nepopolnih okvarah pri katerih upornost povezave z zemljo ni znana, je treba zagotoviti, da napetost dotika ne prekorači vrednosti, dovoljene za okvarni tok popolne okvare, pri čemer sme biti odklopni čas zaščitne naprave največ 5 sekund.

1.4.3 Zaščita pred prevelikimi tokovi

1.4.3.1 Splošno

Vodniki pod napetostjo morajo biti zaščiteni z eno ali več napravami za avtomatično prekinitev napajanja v primeru preobremenitve, večje od 1,45-kratnega trajnega zdržnega toka in v primeru kratkega stika, razen v primerih, ko je nadtok omejen z napajalnimi karakteristikami.

Koordinacija zaščite pred preobremenitvijo vodnikov in kratkim stikom mora biti izvršena kadar zaščito pred električnim udarom in preobremenitvijo zagotavlja ena naprava in kadar se zaščita zagotovi z ločenimi napravami.

Koordinacija zaščite pred preobremenitvijo in kratkim stikom mora izpolnjevati naslednje pogoje:

1. Da zaščitna naprava ustreza, mora ščititi vodnik na strani obremenitve v točki namestitve pred kratkostičnim tokom, njena izklopna zmogljivost pa ne sme biti manjša od vrednosti pričakovanega kratkostičnega toka v tej točki.
2. Karakteristike zaščitne naprave je treba izbrati tako, da energija, ki teče skozi kratkostično zaščitno napravo, ne preseže tiste, ki jo more brez poškodbe prenesti.
3. Vodniki so lahko zaščiteni pred preobremenitvijo in pred kratkostičnimi toki tudi v primeru, če se napajajo iz vira, katerega tok ne more biti večji od trajnega zdržnega toka vodnika, kot je to primer pri zvočnem transformatorju in varilnem transformatorju.

Ni treba, da zaščita vodnikov pred preobremenitvijo ščiti opremo, ki je priključena na te vodnike, mora pa ščititi vodnike pred okvarami, ki bi jih lahko povzročili nadtoki zaradi preobremenitve vodnikov.

Naprave, ki zagotavljajo zaščito pred preobremenitvijo s nadtokom morajo biti sposobne odklopiti vsak preobremenitveni oziroma kratkostični tok, ki teče v vodnikih, preden le-ta povzroči segrevanje, škodljivo za izolacijo, spoje, sponke ali okolje.

Ker zaščita z napravami za samodejni odklop napajanja v primeru preobremenitve vodnika z dolgotrajnim nadtokom, manjšim od toka, ki zagotavlja zanesljivo delovanje preobremenitvene zaščitne naprave, ne zagotavlja popolne zaščite, je treba tokokroge načrtovati tako, da se male preobremenitve ne morejo pojaviti pogosto.

Za dimenzioniranje kablov upoštevamo nazivne tokove varovalk oziroma instalacijskih odklopnikov, ki so razvidni iz shem.

Glede na razdaljo, predvideno obremenitev in tipizacijo kablov izberemo kable tipa NAYY, NYY-J in NYM-J presekov, ki so razvidni iz enopolnih shem.

V izračunu upoštevamo korekcijske faktorje, ki upoštevajo različnost od standardnega načina polaganja kablov in dopustne tokovne obremenitve (trajne zdržne tokove) kablov.

$$I_z = I_{nk} \cdot f_1 \cdot f_2$$

Pri čemer je :

I_{nk}	– maksimalna tokovna obremenitev kabla
f_1	– korekcijski faktor za skupine več tokokrogov ali večžilnih kablov
f_2	– korekcijski faktor za temperaturo okolice

Zaščita pred prevelikimi tokovi je preverjena glede na trajno zdržni tok kabla ali vodnika (I_z).

Za zaščito kablov ali vodnikov pred preobremenitvijo mora delovna karakteristika naprave, ki ščiti električni vod izpolniti pogoja :

$$I_b \leq I_n \leq I_z$$

$$I_{nv} \leq \frac{1,45 \cdot I_z}{k} \leq I_z$$

I_b	- tok, za katerega je tokokrog predviden
I_z	- trajni dovoljeni tok vodnika ali kabla
I_{nv}	- nazivni tok zaščitne naprave
I_z	- tok, ki zagotavlja zanesljivo delovanje zaščitne naprave (zgornji preizkusni tok)

- k - faktor za izračun zgornjega preizkusnega toka zaščitne naprave ($I_2 = k \cdot I_n$), ki je odvisen od izbire tipa varovalnega elementa in znaša :
- o za gG talilne varovalke z I_n do 4A $k=2,1$; I_n od 4 do 10A $k=1,9$; I_n od 10 do 25A $k=1,75$ in I_n od 25 do 63A $k=1,6$;
 - o za instalacijske odklopnike karakteristik »B« in »C« je $k=1,45$

Z izbiro talilnih vložkov in instalacijskih odklopnikov z nazivnimi tokovi, ki so za posamezne kable podani na enopolnih shemah in so manjši od trajno dovoljenih tokov za vodnike oziroma kable (glej izračune tabela 2) je zaščita pred preobremenitvijo dosežena.

1.4.3.2 Postavitev naprave za zaščito vodnikov

Naprava za zaščito vodnikov in kablov pred preobremenitvijo ali kratkim stikom mora biti postavljena na začetek vsakega tokokroga in na mesta, kjer se zmanjša trajno dovoljeni tok, to je na mesta, kjer je zmanjšan prerez vodnika, sprememba načina polaganja vodnikov, sprememba izolacije ali števila žil vodov itd.

Zaščitna naprava za zaščito vodnikov in kablov pred preobremenitvijo in kratkim stikom se sme premakniti za največ 3 m od točke, v kateri mora biti izvedena zaščita, pod pogojem:

1. da so vodniki pred napravo položeni tako, da so zaščiteni pred kratkim stikom v ločenih izolirnih ceveh,
2. da so oddaljeni od vnetljivih materialov in
3. da ni razcepljanja in vtičnic.

Zaščita pred preobremenitvijo se sme opustiti v prostorih, kjer ni nevarnosti požara in eksplozije in sicer v tokokrogih, kjer ni preobremenitev, razcepljanja in vtičnic, v telekomunikacijskih, krmilnih in signalnih tokokrogih, v vodnikih in kablji za povezavo električnih strojev.

Naprava za zaščito pred preobremenitvijo in kratkim stikom se ne postavlja v tokokrogih vzbujanja strojev, elektromagnetnih dvigal, sekundarnih tokokrogih tokovnih transformatorjev in podobno, kratkostična pa tudi ne v merilnih tokokrogih. V teh primerih mora biti izvedena alarmna naprava, ki deluje pri preobremenitvi.

Če je v TT in TN sistemu ozemljitve prerez nevtralnega vodnika enak prerezu faznih vodnikov, ni potrebna zaščita pred preobremenitvijo v nevtralnem vodniku in tudi ne naprava za prekinitev tega vodnika.

Če je v TT in TN sistemu ozemljitve prerez nevtralnega vodnika manjši od prereza faznih vodnikov, je potrebno predvideti zaščito, ki mora povzročiti izklop faznih vodnikov, ne pa nujno tudi nevtralnega vodnika.

Zaščita nevtralnega vodnika pred preobremenitvijo ni potrebna, če je ta zaščiten pred kratkim stikom z zaščito faznih vodnikov in če je med normalnim delovanjem največji tok v nevtralnem vodniku znatno manjši od trajno dovoljenega toka tega vodnika.

1.4.3.3 Zaščita pred kratkostičnim tokom

Naprave, ki zagotavljajo samo zaščito pred kratkostičnim tokom, se smejo postaviti tam, kjer se zaščita pred preobremenitvijo doseže na drug način ali kjer ni obvezna zaščita pred preobremenitvijo. Prekiniti morajo kratkostični tok, ki teče skozi vodnike tokokroga, preden bi lahko povzročil nevarnost zaradi toplotnih in mehanskih učinkov v vodnikih in stikih.

Pričakovani kratkostični tok mora biti določen v vsaki posamezni točki inštalacije. Določi se lahko z izračunom ali z meritvijo.

Kratkostična naprava mora izpolnjevati naslednje zahteve:

1. Izklopna zmogljivost ne sme biti manjša od pričakovanega toka kratkega stika na mestu postavitve, razen, če je na napajalni strani uporabljena druga zaščitna naprava, ki ima potrebno izklopno zmogljivost. Karakteristike zaščite je treba nastaviti tako, da energija, ki prehaja skozi ti dve napravi, ne preseže vrednosti, ki jo naprava na strani obremenitve in vodnikov, zaščiteneh s to napravo, lahko zdrži brez poškodbe. Pri tem je treba upoštevati tudi druge karakteristike, kot so dinamične obremenitve in energija obloka, za naprave na strani obremenitve, ki jih poda proizvajalec.
2. Vsak kratkostični tok, ki se pojavi v katerikoli točki tokokroga, mora biti prekinjen v času, v katerem se vodniki segrejejo do dopustne mejne temperature. Za kratke stike, ki trajajo do 5 s, se čas, v katerem dani kratkostični tok segreje vodnike do mejne temperature, približno določi z upoštevanjem prereza vodnika, efektivne vrednosti dejanskega kratkostičnega toka in korekcijskega faktorja glede na vrsto izolacije vodnika, ki znaša:
 - a. $K = 115$ - za bakrene vodnike s PVC izolacijo,
 - b. $K = 135$ - za bakrene vodnike z izolacijo iz gume, butilne gume, omreženega polietilena in etilenpropilenske gume,

- c. $K = 74$ - za aluminijaste vodnike s PVC izolacijo,
- d. $K = 87$ - za aluminijaste vodnike z izolacijo iz gume.

Pri računskem preverjanju segrevanja vodnika do mejne vrednosti so upoštevane enačbe iz standarda SIST IEC 60364-4-43.

Za zaščito pred kratkostičnim tokom za zelo kratko trajanje (0,1 s), kjer je nesimetričnost toka znatna, je treba zaradi preprečevanja prekomernega segrevanja vodnikov upoštevati prepuščeno energijo, ki jo navede proizvajalec zaščitne naprave.

Nazivni tok kratkostične zaščitne naprave je lahko večji od dovoljene tokovne obremenitve.

Če so vodniki izbrani tako, da prevajajo enak tok, lahko ista zaščitna naprava ščiti več vzporedno vezanih vodnikov, pri čemer se upošteva kot trajni zdržni tok vodnika ali kabla vsota trajno zdržnih tokov vseh vzporedno vezanih vodnikov.

Stikalna zmogljivost zaščitne naprave pred kratkim stikom mora biti najmanj enaka največjemu toku celotnega kratkega stika. Izklopni čas kratkostičnega toka ne sme biti večji kot izklopni čas t , v katerem tok segreje vod do dopustne mejne temperature pri kratkem stiku. Za kratke stike, ki trajajo do 5s je čas t izračunan po formuli in podani v tabeli 3:

$$I_{dmin} = c \cdot \frac{0,95 \cdot U_0}{*Z_v}$$

- I_{dmin} - minimalni okvarni tok v A
- U_0 - fazna napetost v V
- $*Z_v$ - impedanca okvarne zanke, ki obsega vir, vodnik pod napetostjo do mesta okvare in zaščitni vodnik med mestom okvare in virom
- c - konvencionalni faktor, ki korigira pogoje, če se zanemari impedanca napajalnega vira. Če ni točnih informacij se lahko vzame, da je enak 0,8.

$$t = \left(k \cdot \frac{S}{I_{dmin}} \right)^2$$

- t - maksimalni izklopni čas v s
- S - presek v mm^2
- I - efektivna vrednost dejanskega kratkostičnega toka v A
- k - specifična konstanta voda z naslednjimi vrednostmi 115 za bakrene vodnike s PVC izolacijo, 74 za aluminijaste vodnike s PVC izolacijo

Iz izklopnih karakteristik zaščitne naprave odčitani izklopni čas za določeni kratkostični tok ne sme biti večji od izračunanega izklopnega. Če za instalacijski odklopnik izračunani čas ni manjši od 0,1s, je kratkostična zaščita zagotovljena. Pri izklopnih časih manjših od 0,1s, je potrebna kontrola tokovnega impulza segrevanja.

$$I^2 \cdot t < K^2 \cdot S^2$$

Zaščita pred kratkim stikom je dosežena.

1.4.4 Zaščita pred toplotnim učinkom

Da se v električnih inštalacijskih sistemih prepreči požar, opekline in pregretje, morajo biti osebe, pritrjene naprave in materiali v bližini električnih inštalacij in opreme, zaščiteni pred škodljivim delovanjem toplote ali toplotnega sevanja, ki ga razvijajo električne inštalacije in naprave.

Pritrjena oprema se mora tam, kjer bi lahko dosegla površinske temperature, ki bi lahko povzročile požarno nevarnost za inštalacijske vodnike ali material v okolici:

1. postaviti na material ali ob materiale, ki so odporni proti takim temperaturam in imajo majhno toplotno prevodnost, ali
2. zasloniti pred konstrukcijskimi elementi z materiali, ki zdržijo takšne temperature in imajo majhno toplotno prevodnost, ali
3. postaviti tako, da dovoljuje oddajanje toplote pri zadostni razdalji od materiala, na katerega bi takšna

temperatura imela škodljiv vpliv, ali od nosilca, ki ima majhno toplotno prevodnost.

Trajno pritrjena oprema, pri kateri se lahko pojavi oblok ali iskrenje med obratovanjem, mora biti:

1. popolnoma obložena z materialom, ki je odporen proti obloku, ni vnetljiv, je toplotno slabo prevoden in ima ustrezne mere, ki zagotavljajo mehansko stabilnost ali
2. zaslonjena z materialom, ki je odporen proti obloku, ni vnetljiv, je toplotno slabo prevoden in ima ustrezne mere, ki zagotavljajo mehansko stabilnost proti elementom zgradbe, na katere bi mogel imeti oblok uničevalni toplotni učinek, ali
3. postavljena tako, da omogoči zanesljivo gašenje obloka v zadostni oddaljenosti od konstrukcijskih elementov, na katere bi oblok lahko imel rušilni toplotni učinek,

Pritrjena oprema, ki povzroča fokusiranje ali koncentracijo toplote, mora biti dovolj oddaljena od kateregakoli pritrjenega predmeta ali elementov konstrukcije, tako da v normalnih pogojih niso izpostavljeni nevarni temperaturi.

Pri pojavu ognja se mora električno napajanje prekiniti.

Materiali za okrove električne opreme morajo zdržati najvišjo temperaturo, ki jo ta oprema lahko proizvede. Vnetljivi materiali niso primerni, razen če so zagotovljeni ukrepi proti vžigu, kot je prekritje z nevnetljivim ali težko vnetljivim in toplotno slabo prevodnim materialom.

Tokokrogi, ki napajajo opremo ali so napeljeni skozi prostore, v katerih obstaja nevarnost požara, morajo biti zaščiteni pred preobremenitvijo in kratkim stikom z zaščitno napravo, postavljeno izven teh prostorov.

Kjer obstaja nevarnost požara, se sme vodnik PEN pridružiti tokokrogom, ki so napeljeni skozi take prostore, pod pogojem, da ni prekinitev.

Da bi se zmanjšala nevarnost požara v požarno ogroženih prostorih, mora biti tokokrog zaščiten z zaščitno napravo na diferenčni tok, nazivne vrednosti, manjše od 0,5 A ali z trajnim nadzorom izolacije z zvočnim signalom.

V zvezi z zaščito pred toplotnim učinkom v električnih inštalacijskih sistemih je treba upoštevati, da imajo višjeharmonske komponente zaradi "skin efekta" večji toplotni učinek od ustrezne osnovne komponente.

1.4.5 Zaščita pred prenapetostjo

Omejevalnik napetosti mora biti postavljen tako, da v trenutku delovanja ne pomeni nevarnosti za ljudi ali naprave v bližini.

V isti inštalacijski kanal se ne smejo polagati vodniki napetostnega območja male in nizke napetosti, razen če so zagotovljeni ukrepi, da ne bodo izpostavljeni napetosti, višji od njihove preizkusne napetosti omrežne frekvence.

Na mestih, kjer lahko atmosferske prenapetosti povzročijo nevarnost, se morajo postaviti prenapetostni odvodniki.

Kadar se električne inštalacije priključujejo na nadzemno električno omrežje, se morajo prenapetostni odvodniki postaviti v priključni električni razdelilnik.

Prenapetostne odvodnike je treba ozemljiti po najkrajši poti.

Upornost ozemljila za ozemljitev prenapetostnih odvodnikov ne sme biti večja od 5 Ω .

Kadar ima objekt vgrajeno zaščito pred udarom strele, mora biti izvršena koordinacija z zaščito pred prenapetostmi, za ozemljitev prenapetostnih odvodnikov pa se uporabi strel vodna ozemljitev.

Prenapetostni odvodniki in razna iskrila se ne smejo postaviti v prostorih, kjer obstaja nevarnost požara ali eksplozije.

Kadar se za zaščito energetskih kondenzatorjev pred prenapetostmi uporabijo prenapetostni odvodniki, jih je treba namestiti čim bližje kondenzatorjev.

Kadar so prenapetostni odvodniki uporabljeni za zaščito velikih kondenzatorskih baterij pred prenapetostmi, je treba upoštevati toke praznjenja kondenzatorjev in uporabiti prenapetostne odvodnike posebne izvedbe.

1.5 Električni razdelilniki

1.5.1 Splošno

Pred električnimi razdelilniki mora biti najmanj 80 cm širok prostor za posluževanje in vzdrževanje. V električnih

razdelilnikih morajo zračne razdalje med neizoliranimi deli pod napetostjo in drugimi prevodnimi deli znašati najmanj 10 mm. Vodniki za napajanje merilnih aparatov in inštrumentov na pokrovi ali vratih razdelilnikov morajo biti zvitjavi.

V razdelilniku mora biti skupaj električna oprema iste vrste toka ali napetosti. Treba jo je ločiti od druge vrste tako, da ne more priti do škodljivih medsebojnih vplivov.

1.5.2 Izvedba električnega razdelilnika

Da se zagotovi pravilno delovanje električnega razdelilnika, je treba pri njegovi izvedbi upoštevati:

1. temperaturo okolja pri notranji montaži od -5°C do $+40^{\circ}\text{C}$,
2. temperaturo okolja pri zunanji montaži od -25°C do $+40^{\circ}\text{C}$,
3. atmosferske pogoje pri notranji montaži, kjer relativna vlažnost pri 40°C ne sme prekoračiti 50 %, je pa lahko večja pri nižjih temperaturah, npr. 90 % pri 20°C ,
4. atmosferske pogoje pri zunanji montaži, kjer je relativna vlažnost kratkotrajno lahko 100 % pri maksimalni temperaturi $+25^{\circ}\text{C}$,
5. nadmorsko višino, ki za montažo ne sme prekoračiti 2000 m,
6. zmanjšanje dielektrične trdnosti in pogoje zračnega hlajenja za elektronsko opremo, ki se uporablja nad 1000 m.

Električni razdelilnik mora ustrezati posebnim zahtevam v primerih, če:

1. so vrednosti temperature, relativne vlažnosti in/ali nadmorske višine, različne od običajnih,
2. so temperaturne spremembe in/ali zračni pritisk sporadične in tako hitre, da povzročajo izjemno kondenzacijo,
3. je zrak zelo onesnažen zaradi prahu, dima, korozijskih ali radioaktivnih delcev, pare in soli,
4. je prisotna izpostavljenost močnim električnim ali magnetnim poljem,
5. je prisotna izpostavitve ekstremnim temperaturam, npr. sevanju sonca ali peči,
6. se pojavlja napad plesni ali malih živali,
7. so nameščeni na mestih, kjer obstaja možnost, da se pojavita ogenj ali eksplozija,
8. se pojavlja izpostavljenost močnim vibracijam in udarcem,
9. je uporabljen način montaže, ki vpliva na vzdržnost toka in izklopno zmogljivost, kot pri opremi, vgrajeni v stroje ali zidne vdolbine.

Med transportom razdelilnikov so dovoljene temperature od -25°C do $+55^{\circ}\text{C}$, za kratek čas do največ 24 ur pa do $+70^{\circ}\text{C}$.

Če je inštalacijski sistem v krmilnih in razdelilnih razdelilnikih postavljen v neizolirane cevi, mora biti onemogočen dotik med njim in deli pod napetostjo. Konci neizoliranih cevi morajo biti najmanj 20 mm zračne razdalje oddaljeni od kateregakoli dela pod napetostjo, tudi od sponk.

Kadar niso na razpolago podatki o dejanskih tokovih, je treba upoštevati faktorje istočasnosti razdelilnika ali dela razdelilnika, ki ima nekaj glavnih tokokrogov iz tabele 2.

Tabela 2

Število glavnih tokokrogov	Faktor istočasnosti
2 in 3	0,9
4 in 5	0,8
6 do 9	0,7
10 in več	0,6

Razdelilnik varnostne razsvetljave se mora vidno razlikovati od razdelilnika splošne razsvetljave.

Razdelilnika splošne in varnostne razsvetljave sta lahko združena v enega, če pri vklopu napaka ni možna in motnja, nastala pri eni vrsti napetosti ne vpliva na drugo vrsto napetosti, biti pa morata ločena s pregrado iz negorljivega materiala, tudi takrat, ko je namesto diesel agregata uporabljena naprava za brezprekinitveno napajanje.

Na vsakem razdelilniku varnostne razsvetljave mora biti stikalo, s katerim se naenkrat vklopi celotna varnostna razsvetljava, ne da bi to povzročalo motnje pri avtomatični preklopitvi zaradi izpada omrežne napetosti in s katerim se mora:

1. prekiniti morebitno polnjenje in napajanje akumulatorske baterije za zasilno razsvetljavo,
2. dovesti napetost baterije do avtomatičnih stikal za pomožno in zasilno razsvetljavo,
3. aktivirati sklop, ki kontrolira napetost, potrebno za vklop varnostne razsvetljave ob izpadu oziroma padcu omrežne napetosti.

Kadar je za zaščito pred električnim udarom v inštalacijskem razdelilniku nameščeno zaščitno stikalo na diferencialni tok, ki razdelilnika nizko napetostnega notranjega priključka ne ščiti, je treba za zaščito tega razdelilnika pred električnim udarom uporabiti posebno zaščito pred električnim udarom.

Nameščanje katerikoli naprav in opreme na ali v razdelilnik, ne sme vplivati na stopnjo mehanske zaščite (IP), ki jo zahtevajo vplivi okolja in okolice.

Razdelilniki, ki se deloma ali v celoti izdelajo med postavljanjem inštalacije, morajo izpolnjevati zahteve:

1. za zaščito pred električnim udarom,
2. pred prenapetostjo,
3. pred požarom ali širjenjem požara,
4. pred vplivi okolice,
5. pred zunanjimi vplivi, še posebej pred vplivi vlage, vode in prahu (ustrezna st. mehanske zaščite - IP),
6. za povezovanje na zaščitni vodnik ter
7. za varno in nemoteno upravljanje in vzdrževanje.

1.6 Posebni primeri električnih inštalacij

1.6.1 Varnostna razsvetljava

Varnostna razsvetljava (pomožna in zasilna), ki omogoča orientacijo v prostorih, v katerih se giblje ali mudi večje število ljudi, mora ob prekinitvi dobave električne energije iz električnega omrežja z zasilno razsvetljavo v osi poti za evakuacijo ali reševanje in v prostoru glavnega razdelilnika zagotoviti najmanjšo osvetljenost 1 lx, merjeno 0,85 m od tal, s pomožno razsvetljavo, ki je vsa ali del splošne razsvetljave, pa nemoteno delo.

V običajnih delovnih pogojih se mora varnostna razsvetljava napajati iz istega vira, kot celotna splošna razsvetljava.

Ob izpadu ali padcu napetosti za splošno razsvetljavo na 0,85 do 0,7 nazivne napetosti se mora varnostna razsvetljava v 3 sekundah avtomatično preklopiti na pomožni elektroenergetski vir, dokler omrežna napetost ne doseže 0,75 do 0,9 nazivne vrednosti.

Svetilke zasilne razsvetljave morajo biti vidno označene in nameščene nad vrati, na stopnišču, na izhodih in prihodih tako da omogočijo, da ljudje po najkrajši poti zapustijo ogroženo mesto in odidejo na prosto oziroma na drugo varno mesto.

Stikalo na izklop varnostne razsvetljave sme biti samo v glavnem razdelilniku. V posameznih tokokrogih varnostne razsvetljave ne sme biti stikal.

V svetilke varnostne razsvetljave s posamičnimi akumulatorskimi baterijami se morajo vgrajevati akumulatorji, katerih življenjska doba je najmanj 3 leta. Izdelani morajo biti tako, da jih med uporabo ni potrebno vzdrževati. Usmernik za njihovo polnjenje mora biti tako dimenzioniran, da napolni popolnoma izpraznjeno baterijo v 36 urah in zagotavlja najmanj 3 ure gorenja svetilke. Vsaka svetilka mora imeti indikacijo polnjenja.

Razdelilnik varnostne razsvetljave se mora vidno razlikovati od razdelilnika splošne razsvetljave. Oba razdelilnika sta lahko združena v enega, če pri vklopu napaka ni mogoča in motnja, nastala pri eni vrsti napetosti ne vpliva na drugo vrsto napetosti. Ločena morata biti s pregrado iz negorljivega materiala, tudi takrat, kadar se namesto pomožnega agregata uporabi naprava za brezprekinitveno napajanje.

1.6.2 Delovanje električne inštalacije v primeru požara

Inštalacije za napajanje in aktiviranje naprav za odvod dima in toplote morajo biti razporejene tako, da so čim bolj izpostavljene ognju in da zdržijo povečano temperaturo, dokler se naprava ne odpre.

Naprave za odvod dima in toplote morajo delovati tudi, če pride do prekinitev pri oskrbovanju z električno energijo.

Aktivirana naprava za odvod dima in toplote mora ostati odprta tudi, če je poškodovana inštalacija za oskrbovanje z energijo.

Za naprave, ki aktivirajo napravo za avtomatično zapiranje vrat ali loput, in za naprave, ki avtomatično zapirajo

vrata ali lopute, ki morajo zanesljivo delovati pri spreminjanju napetosti $\pm 10\%$, se morata zagotoviti najmanj dva neodvisna vira napajanja z električnim tokom. Pri izpadu napetosti v prvem viru se mora vklopiti drugi napajalni vir avtomatično.

1.8 Preverjanje ustreznosti

1.8.1 Splošno

Po zaključeni izvedbi električnih inštalacij ter namestitvi električne opreme, strojev in naprav, po spremembah, rekonstrukcijah, popravilih in periodično, je treba opraviti preverjanje ustreznosti in kakovosti električnih inštalacij, njihovih lastnosti, varnosti, zanesljivosti in funkcionalnosti.

Kadar ima objekt vgrajeno zaščito pred udarom strele, je treba pregled, preizkus in meritve električnih inštalacij opraviti v rokih, določenih za pregled, preizkus in meritve zaščite pred udarom strele.

1.8.2 Zapisnik o pregledu

Zapisnik o pregledu mora vsebovati podatke, iz katerih je razvidno, da so bili opravljeni ustrezni pregledi, preskusi in meritve, ter podatke o merilih, inštrumentih in merilnih metodah.

Zapisnik o pregledu mora imeti vsebino, kot je določena v standardu SIST HD 60663-6 in v dodatku 1.

4.1.2 Strelovodna naprava

Vse stavbe, z izjemo enostanovanjskih in dvostanovanjskih, morajo biti opremljene s sistemom zaščite pred strelo z zaščitnim nivojem najmanj IV zaradi omejitve ogrožanja ljudi, živali in premoženja v stavbah ter v njihovi neposredni okolici.

Na podlagi karte gostote strel za Slovenijo izdelamo analizo tveganja pred udarom strele in se na njeni podlagi odločimo za potreben nivo zaščite pred strelo.

V stavbah z električno napeljavo je treba izvesti skupno ozemljilo, ki mora omogočati tudi delovanje sistema zaščite pred strelo. Načrt električnih inštalacij in električne opreme mora zagotoviti usklajenost vseh uporabljenih ukrepov oziroma rešitev (v nadaljnjem besedilu: ukrepi) v zvezi z električno napeljavo in zaščito pred strelo, predvsem kar zadeva skupne elemente izenačitve potencialov, zunanje lovilne mreže z odvodi in izvedbo notranjega sistema zaščite pred strelo.

LES je sestavni del objekta in mora biti združljiv ter smiselno povezan z vsemi drugimi inštalacijami objekta. Odstotek o izbiri primerne učinkovitosti zaščite temelji na izbiri zaščitnega nivoja s sprejemljivim rizikom njenega posledičnega delovanja.

Če da ne vrednotenje rizika in določen sprejemljiv rizik se za izbrano učinkovitost določi zaščitni nivo zaščite pred strelo in sicer:

- za učinkovitost 0,98 zaščitni nivo I,
- za učinkovitost 0,95 zaščitni nivo II,
- za učinkovitost 0,90 zaščitni nivo III,
- za učinkovitost 0,80 zaščitni nivo IV.

LES mora biti izveden tako, da lahko odvede atmosfersko razelektrenje v zemljo brez škodljivih posledic in da pri tem ne pride do električnih preskokov in istočasnih iskrenj.

4.1.2.1 Gostota atmosferskih razelektritev v zemljo

Gostota atmosferskih razelektritev v zemljo, izražena kot število udarov v zemljo na kvadratni kilometer na leto, je določena z meritvami. Če gostota udarov strel v zemljo (N_g) ni znana jo je mogoče oceniti iz naslednje zveze:

$$N_g = 0.1 \cdot T_d \text{ (na km}^2 \text{ na leto)}$$

kjer je T_d število nevihtnih dni v letu, dobljeno iz karte največjih vrednosti gostote strel v letu.

Število največjih vrednosti gostote strel je podano v dodatku k Pravilniku o zaščiti stavb pred delovanjem strele, kjer naša gostota strel za Radence $N_g = 2,4$.

4.3.2 Vrsta LPS

Glede na izbrani zaščitni nivo (I-IV) so izbrane štiri kategorije (I-IV) izvedb LPS.

Kategorije LPS se med seboj razlikujejo po:

- parametrih toka strele,
- polmer končne prebojne razdalje, velikosti lovilne zanke in zaščitnem kotu,
- značilnih razdaljah med odvodi in krožnem ozemljilnem obroču,
- ločilnih razdaljah med posameznimi deli, med katerimi lahko nastane preboj,
- minimalni dolžini ozemljilnih elektrod.

Kategorija LPS se izbere na temelju vrednotenja rizika po standardu SIST EN 62305-2.

4.3.3 Zunanji LPS

Zunanji LPS je namenjen prestrezanju, odvajanju in porazdelitvi toka strele v zemljo. Pri tem pa se ne smejo na ščitnem objektu pojaviti škodne posledice. Zunanji LPS je sestavljen iz lovilne mreže , odvodov in sistema ozemljil, ki skupno tvorijo varno pot toka strele med točko udara in zemljo.

Za postavitev lovilne mreže se uporabljajo:

- metoda zaščitnega kota (protection angle method),
- metoda kotaleče krogle (rolling sphere method),
- metoda mreže (mesh method).

Vse tri metode se v medsebojni kombinaciji prilagajajo geometrijskim danostim objektov, ki jih ščitijo.

Lovilna mreža je lahko kombinirana s kovinskimi palicami in obstoječimi kovinskimi strešnimi deli. Pri tem pa morajo biti medsebojno dobro galvansko povezani, kar zagotavlja enakomernejšo razporeditev toka strele pri njegovem odvajanju.

Ker je streha zgrajena iz negorljivega materiala, se lahko prevodnike lovilne mreže polaga na samo površino negorljive strešne kritine.

Gorljivi in kovinski deli objekta ne smejo priti v direktni stik z deli strelovodne napeljave.

Cerkevodi, ki prevajajo vnetljive ali eksplozivne mešanice in so spojeni s plastičnimi vložki ali prirobnicami, morajo biti vključeni v LPS.

Tako obkritje z barvo, 1 mm asfalta ali 0,5 mm PVC ni ustrezna izolacija.

Če je streha, strešna obloga ali žleb iz bakra, je treba jeklene ali aluminijaste vodnike položiti tako, da deževnica ne teče z bakrenih delov na jeklene ali aluminijaste vodnike. Če to ni možno, je treba uporabiti bakrene vodnike.

Na takih bakrenih in aluminijastih vodnikih je treba vstaviti vložek iz obeh materialov (Al - Cu). Pocinkano jeklo in aluminij lahko spojimo neposredno.

4.3.4 Odvodni sistem

Sprevedni odvodi odvajajo tok strele od točke udara do zemlje. Omogočajo:

- več paralelnih tokovnih poti,
- dolžina paralelnih poti je lahko minimalna,
- označitev potencialov s prevodnimi deli objekta, ki morajo biti izvedeni z ustreznimi dimenzijami vodnikov

Razdalje med posameznimi navpičnimi odvodi in med posameznimi horizontalnimi krožnimi povezavami so praznane v tabeli.

Odvodi morajo vzpostavljati najkrajšo možno povezavo z ozemljilom, če je mogoče navpično, brez spremembe smeri. Odvodi morajo biti čim krajši, treba jih je namestiti predvsem blizu robov objekta. Odvodi morajo biti čim bolj daleč od oken, vrat, električnih napeljav in tistih kovinskih mas, ki iz posebnih razlogov niso priključeni na strelovodno napeljavo.

Prviezni navpični odvodi so vsakih 10 m do 20 m povezani s krožno horizontalno povezavo med seboj. Krožne povezave se pričnejo z osnovno povezavo s potencialnim obročem v zemlji.

Lovilna mreža na strehi in sistem odvodov LPS so v nekaterih primerih lahko izdelani izolirano od kovinskih delov objekta, kadar je omogočena ločilna razdalja do vseh drugih kovinskih delov v objektu. Ločilna razdalja mora biti večja od varnostne razdalje. Vsi odvodi morajo biti pri prehodu v zemljo medsebojno povezani z osnovnim potencialnim obročem, ki predstavlja istočasno temeljno zbiralko za izenačitev potencialov (glej standard SIST EN 62305-3 in SIST EN 62305-4).

Kadar v objektu ni mogoče zagotoviti zadostne ločilne razdalje med lovilno mrežo z odvodi do vseh kovinskih delov, je treba izdelati neizolirani LPS.

V objektih, grajenih iz armiranega betona, je treba uporabiti armaturo kot strelovodne odvode in istočasno kot zaščito pred vplivi elektromagnetnih polj. Pri tem pa je treba upoštevati neprekinjenost galvanskih spojev in minimalne dimenzije skladno s standardom SIST EN 62305-3.

Pri zaščitem LPS so lahko strelovodni odvodi nameščeni:

- na površini stene ali v samo steno, če je stena izdelana iz negorljivega materiala,
- najmanj 0,15 m oddaljeni od stene na zidne podpore, ki so med seboj narazen največ 2 m, na strešne podpore oddaljene med seboj 1,5 m in na slemenske podpore med seboj oddaljene 1 m, če je stena izdelana iz gorljivega materiala.

Za odvode se uporabijo tudi kovinske mase, ki prehajajo skozi objekt in imajo dovolj velik presek, skladno z minimalnimi dimenzijami i vodnikov za LPS.

Odvodi se ne smejo polagati v žlebove. Za odvode se ne sme uporabljati plinovodov.

Na priključku vseh odvodov na ozemljilni sistem je treba izdelati merilni stik, ki ga je mogoče zaradi merilnih namenov galvansko ločiti. Ob uporabi naravnih kovinskih mas in armature, kot naravnih odvodov, v kombinaciji z drugimi odvodi je prav tako treba izdelati v merilne namene merilno točko, ki se je zaradi večkratne paralelne povezave ne ločuje. Ločilno merilno mesto se v takih primerih izvede tam, kjer je odvod mogoče ločiti.

Vodniki, ki se medsebojno povezujejo in spojke morajo biti, po možnosti, iz enakega materiala. V primeru spajanja različnih materialov, je potrebno uporabiti vložek iz nevtralnega materiala, najmanjše debeline 2 mm.

4.3.3.3 Ozemljilni sistem

Pri prepravi toka strele v zemljo se zmanjšujejo prenapetosti s primernim razporejanjem ozemljil. V splošnem je nižja ozemljilna upornost, manjša od 10 Ω najprimernejša.

Za ozemljila se uporabijo posebej v ta namen v zemljo položene vodnike.

Če je dolžina ozemljil mora biti najmanj 0.5 m, priporočljivo pa je 0.8 m.

Večanje dolžine vodoravnih ozemljil preko 60 m s ciljem zmanjševanja ozemljilne upornosti ni smiselno.

Z ozemljilom strelovodnih vodnikov v zemlji je treba spojiti vse kovinske mase v zemlji, ki so oddaljene manj kot 25 m razr. distih, za katere je to z drugimi predpisi prepovedano (npr. kovinske mase v sistemu katodne zaščite).

Če je razporezen objekt več ozemljil, jih je treba povezati z vodnikom položenim načeloma v zemljo. Pri tem je treba na povezavi dati prednost krožnemu vodniku.

Če so ozemljilni strelovodnih vodnikov povezane cevi vodovodne inštalacije, je treba premostiti vse vodne števec in druge naprave, ki so vgrajene med mesti, na katerih so na različnih kovinskih delih lahko različni potenciali.

4.3.3.6 Preprečitev iskrenja in prebojev

4.3.3.6.1 Splošno

Pri prenosu toka strele od lovilne mreže, preko odvodov v ozemljilni sistem se v notranjosti objekta preko kovinskih povezav in elektromagnetnega polja prenašajo vplivi, ki lahko povzročijo nevarna iskrenja in preboje na:

- kovinskimi konstrukcijami,
- notranjimi povezavami različnih inštalacij,
- zunanji prevodnimi deli in povezavami objekta z okolico.

Iskrenja znotraj objekta so nevarna za nastanek požarov, eksplozij in uničenje v objektu delujočih naprav. Zato je treba izvesti dodatne zaščitne ukrepe.

Najbolje iskrenje med različnimi deli notranjih naprav in inštalacij se prepreči z:

- izenačitvijo potencialov,
- električno izolacijo.

4.3.2.6.2 Izenačitev potencialov

4.3.2.6.2.1 Splošno

Izenačitev potencialov se doseže s povezovanjem:

- kovinskih delov v objektu,
- zidnih inštalacij,
- notranjih oskrbovalnih inštalacijskih sistemov,
- zunanjih prevodnih delov in inštalacijskih povezav objekta.

Ob vzpostavitvi povezav izenačitve potencialov je treba upoštevati, da se del toka strele lahko zaključuje tudi prek ostalih povezav.

Izenačitev potencialov se izvede s:

- povezovalnimi vodniki,
- napetostnimi zaščitnimi napravami (SPD), kjer neposredna povezava z vodniki ni izvedljiva.

Izbiro načina je odvisna od lastnosti drugih inštalacij v objektu (npr. energetske, telekomunikacijske, požarne, varnostne).

4.3.2.6.2.2 Ločilna razdalja med kovinskimi deli in LPS

Električno izolacijo med ločilno mrežo, odvodi in kovinskimi deli se lahko v danih primerih doseže z vzpostavitvijo ločilne razdalje med kovinskimi deli v objektu in sistemom LPS. Ločilna razdalja mora biti večja kot varnostna razdalja, tj. sicer:

$$s = k_i \frac{k_c}{k_m} l = \underline{0,2402m}$$

k_i	k_i	odvisen od izbrane vrste LPS (zaščitni razred III $k_i=0,04$)
	k_c	odvisen od toka strele, ki teče po odvodu (tip ozemljila B, št. odvodov 8, $k_c=0,25$)
	k_m	odvisen od električnega izolacijskega material (beton, opeka, $k_m=0,5$)
	l	dolžina vodnika LPS na katerem je ločilno razdaljo treba vzpostaviti do najbližje točke izenačitve potencialov (12,01m)

V primeru vključevanja vodov ali zunanjih prevodnih delov v objektu je treba zagotoviti direktno izenačitev potencialov ali povezavo preko SPD.

V objektu se kontinuirano povezuje kovinskih mas, povezano armaturno mrežo, kovinsko konstrukcijo, ločilne razdalje in mogoče doseči, kar zahteva galvansko povezavo vseh kovinskih delov v enotni ozemljitveni sistem.

4.3.2.7 Pregled, preskus in meritev

Pregled, preskus in meritve (v nadaljnjem besedilu: pregled) LPS je treba izvesti po njegovi zaključeni izvedbi, ali po njegovih spremembah, rekonstrukcijah in popravilih, kakor tudi periodično (glej 7. in 9. člen Pravilnika o zaščiti stavil pred delovanjem strele).

Pregled je treba izvesti skladno z dodatkom E7 standarda SIST EN 62305-3. Ob pregledu je treba upoštevati prihodnje preglede in zaključke prejšnjih poročil ter ugotoviti morebitna odstopanja.

Pregled mora potekati skladno z načrtom, ki mora vsebovati osnovne podlage za posamezne rešitve, opis zunanjega in notranjega LPS, razporeditev, koordinacija in nameščanje SPD, tehnične načrte, vključno z načrti povezav izenačitve potencialov.

Če pri pregledu je treba sestaviti poročilo in vanj vpisati ugotovljene vrednosti. Iz njega mora biti razvidno, da je instalacija LPS brezhibna, oziroma kakšna popravila so potrebna, da bo brezhibna. V poročilu mora biti izenačena skica oštevilčenih odvodov tako, da je meritev mogoče kadarkoli ponoviti. Navedene morajo biti kovinske mreže, katerih galvanska povezanost je bila preskušana. V poročilu morajo biti natančno navedeni uporabljeni merilni instrumenti. Poročilo mora zajemati vse aktivnosti, navedene v točkah 7.1, 7.2 in 7.3 dodatka E7, standarda SIST EN 62305-3.

Razdalje med odvodi in velikosti mrežne zanke		
Vrsta LPS	Razdalje med odvodi [m]	Velikost mrežne zanke W [m]
I	10	5x5
II	10	10x10
III	15	15x15
IV	20	20x20

Na osnovi izračuna nivoja zaščite po SIST EN 62305-2 oziroma priporočila v Direktivi združenja nemških zavarnostnikov Vds 2010 izberemo razred zaščite IV,

4.1.1.1 Dolžnosti izvajalca in investitorja:

Izvajalec mora pred začetkom del skupaj z investitorjem ali njegovim nadzornim organom preveriti usklajenost priporočil in načrtov.

Pri začetku del na licu mesta preveriti stanje objekta oziroma zemljišča. Če ugotovi, da so potrebne spremembe, mora o tem pisмено obvestiti projektanta in nadzorni organ in zahtevati pisno soglasje za izvedbo sprememb.

Izvajalec mora dela izvajati po projektu za izvedbo in veljavnih tehničnih predpisih, pravilnikih, standardih in smernicah iz tega področja.

Vgrajevati mora samo materiale, naprave in opremo z atesti, certifikati oziroma tehničnim soglasjem.

Izvajalec mora poskrbeti za varnost delavcev, mimoidočih, prometa in sosednjih objektov ter za varnost stavbe, objekta, del, materiala, naprav in opreme.

Če opazi pomanjkljivosti v tehnični dokumentaciji po kateri izvaja dela mora nanje nemudoma pisмено opozoriti investitorja in projektivno podjetje. Če slednja v brez odlašanja ne odpravita pomanjkljivosti na katere sta bila opozorjena, mora izvajalec to sporočiti organu, ki je izdal gradbeno dovoljenje. Kadar gre za pomanjkljivosti, ki nasprotujejo veljavnim predpisom pa tudi pristojnemu inšpekcijskemu organu. Če pomanjkljivosti ogrožajo življenje in zdravje ljudi, varnost objekta, okolje, promet ali sosednje objekte, mora tudi ustaviti nadaljnja dela in sicer: Kar je treba, da se pomanjkljivosti odpravijo.

Izvajalec in investitor morata s kontrolo zagotoviti, da se dela izvajajo v skladu z gornjimi alineami.

4.1.1.2 Izvedba

Če se izvede sistem omogoča toku strele, da se čim hitreje razdeli v zemlji. Kot tak je torej ključnega pomena, saj brez zemljiškega sistema tok strele, ki priteče po odvodu, ne bi imel kam steči in bi zaradi tega prišlo do poškodb objekta.

Če se izvede sistem se po standardu SIST IEC 61024-1, na katerega se članek navezuje, deli na dva tipa, in sicer:

- TI A
- TI B

Pravilno in po predpisih izvedena ozemljitev je bistvenega pomena za pravilno delovanje strelovoda, zato je treba posebno pozornost nameniti delu napeljave posebno pozornost.

V našem primeru je ozemljilo tip B :

Ko izberemo ozemljilo B upoštevamo ozemljilo v obliki sklenjene zanke, katera je v stiku z zemljo z vsaj 80% celotne dolžine. Pri tem določimo povprečni polmer območja, ki ga določa zanka krožnega ali temeljskega ozemljila in ne sme biti manjši od vrednosti l_1 .

Povprečni polmer:

$$r = \sqrt{\frac{s}{\pi}} = \sqrt{\frac{41,3 \cdot 8,2}{3,141}} = 10,4m$$

$$r \geq l_1$$

Ker je r za nivo zaščite IV dobljen iz diagrama (vrednosti za dolžine ozemljil glede na specifično upornost tal in zaščiten nivo) 6m in je manjši od r , je ozemljilo ustrezno in ni potrebno namestiti dodatnih ozemljil.

Če želimo se v našem primeru izvede s pomočjo tračnega ozemljila vkopanega v zemljo. Povprečno upornost tračnega ozemljila izračunamo po formuli:

$$R_A = \frac{\rho_E}{\pi \cdot l} \ln \frac{2 \cdot l}{d}$$

pri čemer je :

ρ_E - specifična upornost tal v Ωm

l - dolžina ozemljila v m

d - premer ozemljila v m (za tračno ozemljilo 12,5mm)

Za tračno ozemljilo pri predpostavljeni specifični upornosti zemlje 500 Ωm je izračunana vrednost ponikalne upornosti:

$$R_A = \frac{500}{\pi \cdot 210} \ln \frac{2 \cdot 210}{0,0125} = 7,899\Omega$$

Merilna vrednost ponikalne upornosti je potrebno določiti z meritvami.

4.5 PROJEKTANTSKI POPIS S PREDIZMERAMI IN STROŠKOVNO OCENO**Popis materiala in del del:**

V popisu materiala in del so navedeni nekateri proizvajalci posameznih izdelkov. Izvajalec javne razsvetljave lahko spremeni posamezne elemente, če imajo ti enake ali boljše karakteristike. Vsako spremembo mora potrditi investitor ali njegov predstavnik in odgovorni projektant elektroinstalacij.

4.5.1 ELEKTROINSTALACIJE

z. št.	Naziv in opis	enota	količina	cena/enota	znesek
1.	kabel NYM-J 3 x 1,5 mm ² . Položen v gibljive zaščitne cevi.	m	590		0,00
2.	gibljiva zaščitna cev I. C. fi 16 mm položena delno v litobetonski plošči, delno v opečni steni in delno v gipskartonski predelni sten, komplet z razvodnicami fi 60 mm.	m	465		0,00
3.	svetilka za montažo na strop BS 103 RG RE 2x36W s sijalkama s priborom za montažo na strop	kos	36		0,00
4.	svetilka za montažo na strop BS 103 RG RE 2x36W s sijalkama s priborom za montažo na strop	kos	2		0,00
5.	svetilka plafonjera IP65 s sijalkami 335W z priborom za montažo v/na strop	kos	23		0,00
6.	svetilka GEMA 11-013/236/CB s sijalkami z priborom za montažo v/na strop	kos	6		0,00
7.	kabel NYM-J 4 x 1,5 mm ² . Položen v gibljive zaščitne cevi.	m	115		0,00
8.	svetilka LOGICA LG 8WSE	kos	10		0,00
9.	oddelilo instalacijsko - navadno. V kompletu s razvodnico za vgradnjo v opečno, gipskartonsko predelno ali litobetonsko steno.	kos	22		0,00

10.	Stikalo instalacijsko - serijsko. V kompletu s p/o razvodnico za vgradnjo v opečno, gipskartonsko predelno ali litobetonsko steno.	kos	6	0,00
11.	senzor gibanja za vklop luči	kos	8	0,00
12.	Stikalo instalacijsko - križno. V kompletu s p/o razvodnico za vgradnjo v opečno, gipskartonsko predelno ali litobetonsko steno.	kos	1	0,00
13.	Kabel NYY-J 5 x10 mm ² . Položen v instalacijsko cev fi 50mm (s cevjo)	m	70	0,00
14.	PV cev fi 13,5mm polžen na strop s objemkami	m	270	0,00
15.	grabenasto stikalo 10A	kos	1	0,00
16.	vklop ventilatorjev	kos	5	0,00
17.	Vilčnica z zaščitnim kontaktom 230 V, 16 A, v kompletu z razvodnico za litobetonsko, gipskartonsko predelno ali opečno steno, fi 60 mm	kos	15	0,00
18.	Vilčnica z zaščitnim kontaktom dvojna 230 V, 16 A, v kompletu z razvodnico za litobetonsko, gipskartonsko predelno ali opečno steno, fi 60 mm	kos	1	0,00
19.	Vilčnica z zaščitnim kontaktom 230 V, 16 A, podtesna z zaščitnim pokrovom. V kompletu z razvodnico za opečno steno	kos	4	0,00
20.	Kabel NYM-J 3 x 2,5 mm ² . Položen v gibljive zaščitne cevi.	m	310	0,00
21.	310 mm zaščitna cev I. C. fi 16 mm komplet z razvodnicami fi 60 mm položena delno v litobetonski plošči, delno v opečni steni in delno v gipskartonski predelni sten, komplet z razvodnicami fi 60 mm.	m	310	0,00
22.	aparica R. I. P. (izenačitve potencialov) za vgradnjo v opečno ali gipskartonsko predelno steno. V kompletu s priključno sponko z vijaki.	kos	1	0,00

23.	Vodnik za ozemljitve H07V-K RU/ZE 1 x 4 mm ² . Položen delno v litobetonski plošči (stropih) in delno po opečni ali gipskartonski predelni steni.	m	45	0,00
24.	Čevod do omarice R. I. P. z vodnikom H07V-K RU/ZE 1 x 6 mm ² . Položen delno v litobetonski plošči in delno v opečni ali gipskartonski predelni steni.	m	35	0,00
25.	Električni blok R Vgrajen v opečno steno. Komplet opremljen z:	kpl	1	0,00
	- stikalo 4p, 40 A,	kos	1	
	- zaščitno stikalo FID 25/0,03 A, 4p	kos	1	
	- prenapetostni odvodnik C	kos	4	
	- metalacijski odklopnik 16 A, C, 1p	kos	8	
	- metalacijski odklopnik 10 A, B, 1p	kos	12	
	- metalacijski odklopnik 16 A, C, 3p	kos	1	
	- metalacijski odklopnik 20 A, C, 3p	kos	1	
	- stikalo 10A (1,0)	kos	5	
26.	Kabel NYM-J 5 x 4 mm ² . Položen v gibljive opečne cevi.	m	25	200,00
27.	Plastična zaščitna cev I. C. fi 23 mm položena delno v litobetonski plošči, delno v opečni steni in delno v gipskartonski predelni sten, komplet opremljen s prevodnicami fi 60 mm.	kos	25	0,00
28.	Priloga, meritve, izdaja protokolov, pregled električne razsvetljave s strani pooblaščenega strokovnjaka	kpl	1	0,00
29.	Udeleževanje na teh. pregledu	kpl	1	0,00
30.	Upravljanje sprememb, nastalih med gradnjo, v skladu s teh. načrta PZI. Priprava za tehnično dokumentacijo PID.	kpl	1	0,00
31.	Projektna dokumentacija	kpl	1	0,00
32.	Rezervni material in nepredvidena dela 5%			10,00
Skupaj instalacije				210,00

3. ELEKTRIČNE IN STRELOVODNE INSTALACIJE

zop.št.	opis in opis	enota	količina	cena/enoto	znesek
---------	--------------	-------	----------	------------	--------

1.	Podinkani valjanec FeZn (25 x 4) mm, položen na vsak span jarek.	m	140
2.	Prilagača za povezavo na vodila dvigala.	kos	0
3.	Nadomestna omarica za GIP, dimenzije 800 x 400 x 300 mm (VxŠxG); komplet z zbiralko.	kpl	1
4.	Trake sponke trak-trak.	kos	16
5.	Trak in zasip jarka 0,3 x 0,8m za polaganje odvodnika oddaljen od temeljev min 1m	m	120
6.	Križno sponka za odtočne cevi v kompletu s križno sponko.	kos	6
7.	Mehanska zaščita odvodnika.	kos	6
8.	Prilagača žica fi 8 mm položeno nadomestno na strehi objekta	m	36
9.	Prilagača žica fi 8 mm položena po strehi na obrobne podpore.	m	50
10.	Podporna podpora za strehe za trdo kritino; žica fi 8 mm.	kos	50
11.	Podporni nosilec z križno sponko žica-žica fi 8 mm; komplet z pritrdilnim materialom, komplet.	kos	20
12.	Križna sponka, fi 8mm - obrobe, pločevina v kompletu.	kos	6
13.	Trake spoke žica-žica fi 8 mm.	kos	20
14.	Prilagača; montaža pri prehodu odvodnega odvoda iz strehe v zid; komplet.	kos	2
15.	Prilagača ali varjeni stik.	kos	20
16.	Prilagača valjanca na G.I.P. na obrobe, PE odvodnik DES in tuje kovinske mase.	kos	15
17.	Prilagača rezil iz bitumnom.	kg	5
18.	Prilagača palica na dimniku na strehi.	kos	2

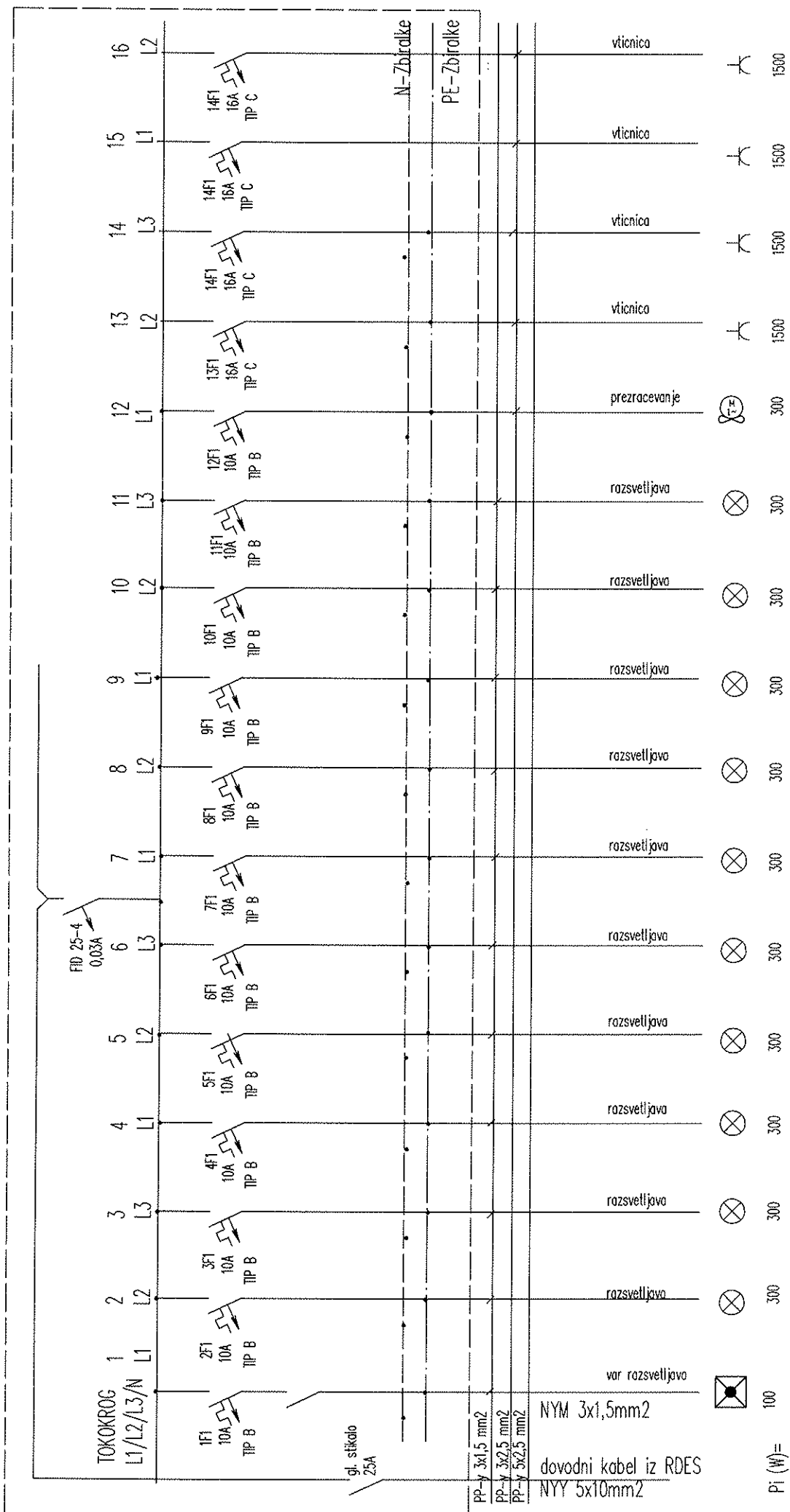
14.	4. faze, pregledi in izdaja merilnih protokolov.	kpl	1
20.	Ustvarjanje spremenb, nastalih med gradnjo, v tehnični načrti PZI. Priprava za tehnično dokumentacijo PID.	kpl	1
21.	3D dokumentacija	kpl	1
22.	Tehnični material in nepredvidena dela 5%		

**POSREDOVATELSTVO IN STRELOVODNE
KATALACIJE**

0,00

4.6 RISBE

- 4.6.1. Enopolna shema R1
- 4.6.2. Varnostna razsvetljava
- 4.6.3. Tloris pritličja
- 4.6.4. Tloris temeljev – strelovod
- 4.6.5. Fasade – strelovod
- 4.6.6. NN priključek - situacija



ENOPOLNA SHEMA	Sl. projekta:	IZVAJALEC:	Številka projekta:	List številka:
RAZDELILEC R1	SLACLINICE		WECO – WOLF GREGOR s.p. Partizanska 16, G. Radgona	E11/20 4.6.1.
		Dat: 14.03.2006		
		Risatelj: Gregor Wolf Pod:		
			Id. številka: E – 1197	

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
A									
B									
C									
D									
E									

R1

iterička projekta:	iterička navedba:	Faza projekta:	PZI
Namizna:	SLACILNICE	Odgovorni vodja projekta:	
Objekt:		Odgovorni projektant:	Wolf Gregor, univ.dipl.inž.el.
Oslobojba:		Projektant:	
		Kontrolor:	

Zasilna razsvetljava	
Risba:	Podpis:
Delum:	Podpis:
4.6.2.	4.6.2.