



3 – NAČRT S PODROČJA ELEKTROTEHNIKE

Investitor : **SODO sistemski operater distribucijskega omrežja z električno energijo, d.o.o., Minařikova ulica 5, 2000 Maribor**

Objekt : **20 kV priključni kablovod Rake – Stružnica s pripadajočima transformatorskima postajama**

Vrsta projektne dokumentacije : **IZD (Izvedbena dokumentacija)**

Za gradnjo : **Nova gradnja**

Projektant : **Elektro Ljubljana, podjetje za distribucijo električne energije, d.d., Slovenska cesta 56, 1000 Ljubljana**

Odgovorna oseba : **Zoran Lebič, dipl. inž. el.**

Žig in podpis:

Izdelal : **Ivan Kobe, inž. el.**

Podpis :

Številka načrta: **981/2019**

Številka izvoda **5**

Kraj in datum izdelave načrta: **Kočevje, september 2019**



3.1	Naslovna stran
3.2	Kazalo vsebine načrta
3.3	Tehnično poročilo
3.4	Risbe

KAZALO

1.	UVOD.....	3
1.1.	ANALIZA OBSTOJEČEGA STANJA	3
1.2.	PREDLOG TEHNIČNE REŠITVE IN OBSEG INVESTICIJE	3
2.	TEHNIČNO POROČILO	5
2.1.	ENERGETSKE OSNOVE	5
2.1.1.	Določitev konične moči in izračun transformatorja	5
2.1.1.1.	mTP/K Rake.....	5
2.1.1.1.	mTP/K Stružnica.....	6
2.2.	IZBIRA LOKACIJE IN TRANSFORMATORSKE POSTAJE.....	7
2.2.1.	Opis nove mTP/K.....	7
2.2.1.1.	Ohišje in gradbeni del mTP/K.....	7
2.2.1.2.	Električna oprema	8
2.2.2.	Zaščita TP/K in transformatorja	9
2.2.2.1.	Ozemljitev	10
2.2.3.	Zaščita TP/K pred delovanjem strele.....	11
2.3.	20 kV DALJNOVOD	12
2.3.1.	Splošno	12
2.4.	20 kV KABLOVOD	13
2.4.1.	Splošno	13
2.4.2.	Splošni podatki za 20 kV kabel NA2XS(FL) 2Y 1 x 70/16 mm ²	16
2.4.3.	Polaganje SN in NN kablovoda	17
2.4.3.1.	Transport kabla	17
2.4.3.2.	Polaganje kabla pri nizkih temperaturah	17
2.4.3.3.	Odvijanje kabla	18
2.4.3.4.	Polaganje energetskih kablov.....	18
2.4.3.5.	Polaganje kablov v kanale	19
2.4.3.6.	Polaganje enožilnih kablov.....	19
2.4.4.	Križanja in približevanje SN kablovoda z ostalo infrastrukturo.....	20
2.4.4.1.	Križanje in približevanje energet. kablov in telekomunikacijskih kablov	20
2.4.4.2.	Približevanje in križanje energetskih kablov s cevmi vodovoda	21
2.4.4.3.	Približevanje in križanje energetskih kablov s kanalizacijo.....	21
2.4.4.4.	Križanje energetskih kablov s cestami	21
2.5.	NIZKONAPETOSTNO OMREŽJE	23
2.5.1.	Izračun NNO.....	23
2.5.2.	Izračuni.....	27
2.5.2.1.	1. tokokrog smer Rake (mTP/K Rake).....	27
2.5.2.2.	1. tokokrog smer Pri TP (mTP/K Stružnica).....	28
2.5.2.3.	2. tokokrog smer Stružnica (mTP/K Stružnica)	29
2.6.	ZAŠČITA PRED PRENAPETOSTJO	31
2.6.1.	Zaščita proti vdoru prenapetosti	31
2.7.	OZEMLJITVE.....	32
2.7.1.	Splošno	32
2.7.2.	Zaščitna ozemljitev pri TP	32
2.7.2.1.	Pogoji	32
2.7.2.2.	Dimenzioniranje pri mTP/K Rake	33
2.7.2.3.	Dimenzioniranje pri mTP/K Stružnica	34
2.7.2.4.	Oblikovanje napetostnega potenciala v okolici TP	34
2.7.3.	Ozemljitve na NN omrežju	35
2.7.3.1.	Združena ozemljitev na NN omrežju	35
2.7.3.2.	Osnovni pogoji	35
2.7.3.1.	Izračun ozemljitev na NN omrežju mTP/K Rake	35
2.7.3.2.	Izračun ozemljitev na NN omrežju mTP/K Stružnica	36
2.7.4.	Kontrola združene ozemljitve	36
2.7.5.	Polaganje ozemljitev.....	37

2.8.	NAVODILO ZA DELO Z GRADBENIMI ODPADKI PRI IZVAJANJU INVESTICIJ	39
2.8.1.	<i>Splošno</i>	39
2.8.2.	<i>Ločeno zbiranje odpadkov</i>	39
3.	REKAPITULACIJA STROŠKOV INVESTICIJE IN SEZNAM MATERIALA	40

1. UVOD

1.1. ANALIZA OBSTOJEČEGA STANJA

Zaselka Rake in Stružnica se nahajata v osrčju Stružniške planote. Hiša v Rakah je obnovljena in stalno naseljena. Na Stružnici so za elektrifikacijo predvidene štiri hiše. Najbližji 20 kV daljnovod poteka po dolini Kolpe. Tehnično manj zahtevna izvedba gradbenih del pri elektrifikaciji Rak in Stružnice je z izgradnjo 20 kV priključnega kablovoda iz Dolnje Brige z napajalnega DV Brod na Kolpi. Je pa trasa iz Dolnje Brige nekoliko daljša.

1.2. PREDLOG TEHNIČNE REŠITVE IN OBSEG INVESTICIJE

20 kV priključni kablovod za transformatorski postaji bo potekal od betonskega droga Z12 v Dolnji Brigi, na katerem bo nameščen vertikalni ločilnik. Uporabili bomo kabel 3x(NA2XS(FL)2Y 1x70/16 mm²). Od betonskega droga v Dolnji Brigi, ki stoji na parc. št. 3488 k.o. 1608 Briga, bo potekal 20 kV priključni kablovod proti Rakam po gozdni cesti, katastrski poti, gozdni poti in traktorski vlaki. Do meje s katastrsko občino k.o. 1609 Banja loka bo kablovod potekal po parcelah št.: 3488, 1001, 1002, 1003/1, 1003/2, 1006, 1007, 1010, 1013, 1016, 1017, 1044, 1046, 1040/2, 1040/1, 1039/1, 1038/1, 1037/1, 1036/1, 1035/2, 1034/1, 1033 in 1032 vse k.o. 1608 Briga. Naprej bo potekal 20 kV priključni kablovod po gozdni poti do gozdnega obračališča in se spustil proti gozdni cesti Rake – Stružnica po traktorski vlaki do predvidene lokacije za mTP/K Rake, ki bo locirana ob gozdni cesti. Na tem delu bo trasa 20 kV priključnega kablovoda potekala po parcelah št. 2477, 2486/1, 2486/2, 2486/3, 2486/4, 2079/1 in 2331/6, vse k.o. 1609 Banja loka. Prvi del 20 kV priključnega kablovoda od betonskega droga Z12 na 20 kV daljnovoda Brod na Kolpi do mTP/K Rake bo dolg približno 2800 m.

Za Rake bomo postavili ob gozdni cesti na parceli št. 2079/1, k.o. 1609 Banja Loka prvo malo kabelsko transformatorsko postajo (tloris 1,7m x 1,45m). Vgradili bomo transformator moči 20 kVA. Nizkonapetostni izvod bomo izvedli z zemeljskim kablom NA2XY-J 4x150+1,5 mm² v dolžini 450 m. NN kabel bomo zaključili v prostostoječi omarici P/U-PM3 (na lokaciji Rake), v kateri bosta izvedeni merilni mesti za dva odjemalca. NN kablovod bo potekal po parcelah št.: 2079/1, 2331/6, 2331/5 in 2338, vse k.o. 1609 Banja Loka.

Od mTP/K Rake proti Stružnici bo 20 kV priključni kablovod dvakrat križal gozdno cesto Rake – Stružnica in potekal po gozdnih vlakih do objektov Stružnica 1 in 1A in sicer vse po parceli št. 2079/1, k.o. 1609 Banja Loka. Drugi del 20 kV priključnega kablovoda od mTP/K Rake do mTP/K Stružnica bo dolg približno 1600 m. Mala kabelska transformatorska postaja bo stala ob gozdni cesti med objektoma Stružnica 1 in 1A na parceli št. 2079/1, k.o. 1609 Banja Loka. Vgradili bomo transformator moči 35 kVA. NN razvod bomo izvedli z dvema tokokrogoma. Prvi tokokrog bo namenjen napajanju objektov Stružnica 1 in 1A, ki se nahajata v bližini nove mTP/K. Izvedli ga bomo s kablom NA2XY-J 4x70+1,5 mm² v dolžini 10,0 m. NN kabel bomo zaključili v prostostoječi omari P/U-PM2, ki bo locirana ob mTP/K in bo opremljena za priklop dveh odjemalcev. Drugi tokokrog pa bo napajal odjemalce v sami vasi Stružnica. Izvedli ga bomo s kablom

NA2XY-J 4x150+1,5 mm² v dolžini 680,0 m. NN kabel bomo zaključili v prostostoječi omari P/U-RM4, ki bo locirana v sami vasi in bo opremljena za priklop štirih odjemalcev. NN kablovod bo potekal po parcelah št.: 2079/1, 2316/6, 2316/1, 2314, 2311, 4100, 2210/2, 2218, 2219 in 2217/1, vse k.o. 1609 Banja Loka.

20 kV priključni kablovod bomo po celi trasi položili na globini 0,9 m v 1 x PVC gibko cev fi 160 mm. NN kablovod položen ob 20 kV priključnim kablovodom bomo po celi trasi položili na globini 0,9 m v 1 x PVC gibko cev fi 110 mm. Samostojno položeni NN kablovod pa bomo po celi trasi položili na globini 0,7 m v 1 x PVC gibko cev fi 110 mm. Za polaganje optičnega kabla bomo po celi trasi ob 20 kV priključni kablovod položili cev PEHD dvojček PE 2xφ 50 mm.

Potek trase 20 kV priključnega kablovoda, NN kablovoda in lokacija malih kabelskih transformatorskih postaj Rake in Stružnica je razvidna iz priložene risbe bodočega stanja.

2. TEHNIČNO POROČILO

2.1. ENERGETSKE OSNOVE

Zaradi ekonomičnosti in racionalnosti izgradnje SN in NN omrežje dimenzioniramo na daljše obdobje 20 do 30 let. Sam transformator lahko hitro in učinkovito zamenjamo (povečanje porabe), zato ga dimenzioniramo na krajši čas, to je 5 do 10 let. Zamenjava transformatorja, ki je posledica postopnega naraščanja obremenitev, sodi v redno vzdrževanje.

2.1.1. Določitev konične moči in izračun transformatorja

2.1.1.1. *mTP/K Rake*

A) Gospodinjstva

Na področju, ki ga bo napajala mTP/K Rake bosta elektrificirana en stanovanjski objekt in en vikend. Računamo s skupno 3 kW na posamezno odjemno mesto ali skupaj 6 kW.

B) Motorji

Na področju, ki ga bo napajala mTP/K Rake bo en motor 5,5 kW (krožna žaga) in dva motorja 3,4 kW, kar znaša skupno 12,3 kW. Ob upoštevanju faktorja istočasnosti 0,5 to znaša skupaj 6,15 kW.

gospodinjstva	6 kW
motorji	6,15 kW
<hr/>	
$P_{sk} =$	12,15kW

Povprečni $\cos \varphi$ je za običajna podeželska omrežja z mešanim odjemom 0,9.

Potrebno moč transformatorja izračunamo:

$$P_{tr} = \frac{P_{sk} \cdot f_p}{\cos \varphi} = \frac{12,5 \cdot 0,8}{0,9} = 11,1 \text{ kVA} \quad (1)$$

Iz izračuna je razvidno, da bo ustrezal tipski transformator nazivne moči 20 kVA, ki ga lahko trajno preobremenimo za 50%.

2.1.1.1. mTP/K Stružnica

A) Gospodinjstva

Na področju, ki ga bo napajala mTP/K Stružnica bo 5 odjemnih mest. Računamo s skupno 3 kW na posamezno odjemno mesto ali skupaj 15 kW.

B) Motorji

Na področju, ki ga bo napajala mTP/L Stružnica bosta dva motorja 5,5 kW (krožne žage) in trije motorji 3,4 kW, kar znaša skupno 21,2 kW. Ob upoštevanju faktorja istočasnosti 0,35 to znaša skupaj 7,42 kW.

gospodinjstva	15 kW
motorji	7,42 kW
<hr/>	
$P_{sk} =$	22,42 kW

Povprečni $\cos \varphi$ je za običajna podeželska omrežja z mešanim odjemom 0,9.

Potrebno moč transformatorja izračunamo:

$$P_{tr} = \frac{P_{sk} \cdot f_p}{\cos \phi} = \frac{22,42 \cdot 0,8}{0,9} = 19,93 \text{ kW} \quad (2)$$

Iz izračuna je razvidno, da bi ustrezal tipski transformator nazivne moči 20 kVA, vendar zaradi izvedbe dveh tokokrogov in selektivnosti varovanja transformatorja in tokokrogov bomo vgradili tipski transformator nazivne moči 35 kVA.

Izbrani transformator ustreza vsem zahtevam, glede hrupa, elektromagnetnega sevanja, ki ga predpisuje zdravstveni inšpektorat in Oddelek za okolje in prostor Republike Slovenije. Transformatorsko olje ne vsebuje PCB-jev.

Transformator mora imeti naslednje tehnične karakteristike:

- Nazivna napetost : **21/0,42/0,23 kV**
- Tip TP Rake : **7HTM 20**
- Tip TP Stružnica : **7HTM 35**
- Frekvenca : **50 Hz**
- Nazivna moč tr. Rake : **20 kVA**
- Nazivna moč tr. Struž. : **35 kVA**
- Napetost kratkega stika : **4,00 %**
- Vezava : **Yzn 5**
- Tip olja : **MIDEL 7131 (ne vsebuje PCB)**

2.2. IZBIRA LOKACIJE IN TRANSFORMATORSKE POSTAJE

Za Rake bomo postavili ob gozdni cesti na parceli št. 2079/1, k.o. 1609 Banja Loka malo kabelsko transformatorsko postajo tip TEN 2/24. Postavljena bo na takšnem mestu, da bo možen kamionski dostop, kar je zelo pomembno z vidika montaže in vzdrževanja transformatorja. mTP/K bo prehodna z 20 kV dovodnim kablovodom iz smeri D. Briga in z 20 kV odvodnim kablovodom v smeri Stružnice.

Mala kabelska transformatorska postaja za Stružnico bo stala ob gozdni cesti med objektoma Stružnica 1 in 1A na parceli št. 2079/1, k.o. 1609 Banja Loka. Tudi na tem mestu je možen kamionski dostop z gozdne ceste. mTP/K Stružnica bo tipa TEN 2/24 in bo postavljena kot končna.

Transformatorski postaji bosta z 20 kV priključnim kablovodom priklopljeni na 20 kV daljnovod Brod na Kolpi, ki je napajanje iz RTP Kočevje preko RP Kočevska Reka.

2.2.1. Opis nove mTP/K

Postaja sestoji iz dvokapne strehe, ohišja transformatorja in temeljne školjke.

Streha je sestavljena iz več segmentov, ki so na eni strani pritrjeni z vijaki, na drugi strani pa zaradi hitrega posluževanja pritrjeni na zaskok.

Ohišje je narejeno iz pločevinastih profilov in pločevinastih sten, z ustreznimi odprtini za posluževanje in prezračevanje.

Temeljni del sega v zemljo in je oljetesne izvedbe.

Za izdelavo transformatorske postaje je uporabljena pločevina iz aluminijaste zmesi (AlMg₃).

2.2.1.1. Ohišje in gradbeni del mTP/K

Zunanje mere strehe transformatorske postaje so 1,9 x 1,65 m, zunanje mere samega ohišja pa so 1,7 x 1,45 m. TP bomo vkopali 1,0 m v zemljo. Nadzemna višina znaša 1,66 m (s streho). Na dnu gradbene jame izdelamo tampon z betonsko ploščo debeline 20 cm, tako da je TP v ravnini in stabilna. Jamo okoli TP zasujemo s prodom, tako da omogočimo čim boljšo drenažo. Na nivoju zemljišča pa napravimo betonsko ploščo debeline 0,15 m in položimo plošče iz prane kulirja širine 0,8 m.

Ohišje TP je iz materiala, ki je v celoti nepropusten za vse tekočine. Prav tako je transformatorski prostor tako velik, da zadrži vse olje iz transformatorja v TP. Tako ob okvari ni mogoč izliv olja v okolico. V sami TP so transformatorski prostor, srednjenapetostni in nizkonapetostni prostor ločeni s pregradami. Kable v TP speljemo preko uvedno-izvodne luknje, ki ima na drugi strani visoko pregrado. Tako ni mogoč vdor vode v notranjost TP.

Prezračevanje električnih naprav v TP bo naravno preko žaluzij na vratih in stenah TP. Posebni ventilatorji za odvod toplote niso predvideni. Ohišje TP je iz enega kosa, tako da se lahko namesti s pomočjo avtodvigala.

2.2.1.2. Električna oprema

Majhna kabelska transformatorska postaja v pločevinastem ohišju je namenjena za transformacijo napetosti iz 20 kV na 0,4 kV in napajanje potrošnikov z močjo do vključno 250 kVA. Primerna je za napajanje naselij, manjših industrijskih obratov, kmetijskih obratov, gradbišč in podobno. Na arhitektonsko in ekološko zahtevnih področjih je dobrodošli nadomestek jamborske transformatorske postaje. Zaradi svoje majhnosti se poslužuje z zunanje strani.

Kompaktno ohišje je izdelano iz korozijsko odpornih materialov. Spodnji del, ki je pretežno v zemlji, je iz nerjavečega jekla, zgornji nadzemni del pa je iz opleskane aluminijaste pločevine. Posamezni transformator bomo postavili v temeljno korito, ki služi kot zbiralnik iztočnega olja. Uvod kablov bomo izvedli po vertikalnem kanalu, tako da ni mogoč vdor talne vode. Postajo bomo postavili na betonsko ploščo debeline 20 cm. Marka betona bo C25/30.

Hlajenje transformatorja in prezračevanje ohišja se vrši z naravno cirkulacijo zraka, ki je dosežena s posebnimi odprtini in žaluzijami na aluminijastem delu postaje na vhodu, oziroma odprtini med streho in ohišjem na izhodu.

Priklop SN kabla v TP bomo izvedli preko kabelskih glav na podnožja SN varovalk, katera bodo vgrajena v sami TP. Povezava med SN varovalkami in transformatorjem bo izvedena s profilnim bakrom dim. (40 x 5) mm.

Dovodno polje v mTP/K Rake vsebuje naslednjo glavno opremo:

- vertikalne varovalne letve BTVC-DT2 400 A (glavne varovalke),
- trije TMT 40/5 A,
- trije A-metri s kazalcem maximuma in V-meter s preklopko,
- ožičenje za naknadno vgradnjo polindirektnega trifaznega števca s komunikatorjem,
- ožičenje za naknadno vgradnjo koncentradorja,
- varovalni elementi krmilnih in merilnih tokokrogov,
- pomožni releji,
- odvodniki prenapetosti 0,3 kV s predvarovalko,
- močnostna oprema je povezana z zbiralkami ECu 40 x 5 mm po fazi in 1 x ECu 40 x 5 mm za PEN vodnik,
- krmilni tokokrogi z vodniki P/F 1,5 mm².

Odvodno polje vsebuje sledeče glavne elemente:

- vertikalne varovalne letve BTVC-DT2 400 A (2 kos).

Dovodno polje v mTP/K Stružnica vsebuje naslednjo glavno opremo:

- vertikalne varovalne letve BTVC-DT2 400 A (glavne varovalke),
- trije TMT 60/5 A,
- trije A-metri s kazalcem maximuma in V-meter s preklopko,
- ožičenje za naknadno vgradnjo polindirektnega trifaznega števca s komunikatorjem,
- ožičenje za naknadno vgradnjo koncentradorja,
- varovalni elementi krmilnih in merilnih tokokrogov,
- pomožni releji,

- odvodniki prenapetosti 0,3 kV s predvarovalko,
- močnostna oprema je povezana z zbiralkami ECu 40 x 5 mm po fazi in 1 x ECu 40 x 5 mm za PEN vodnik,
- krmilni tokokrogi z vodniki P/F 1,5 mm².

Odvodno polje vsebuje sledeče glavne elemente:

- vertikalne varovalne letve BTVC-DT2 400 A (3 kos).

Pred prenapetostmi na SN strani bomo TP ščitili s kovinsko oksidnimi prenapetostnimi odvodniki 24 kV, ki bodo z ostalo opremo vgrajeni v ohišje TP.

V NN omarico je potrebno obvezno namestiti:

- enopolni vezalni načrt,
- knjigo dogodkov,
- tokokrogi morajo biti vidno in fiksno oštevilčeni in označeni po posameznih izvodih v razdelilni omarici,
- v razdelilni omarici mora biti vidno označena vrsta ozemljitev (združena ali ločena) in sistem ozemljitve, ki ga omrežje dopušča (TN, TT, ...),
- navodilo za prvo pomoč.

Povezava med NN priključki transformatorja in NN zbiralnicami bo izvedena z enožilnimi vodniki s PVC izolacijo H07V-K 1 x 240 mm² za fazne vodnike in H07V-K 1 x 240 mm² za nevtralni vodnik (ustreza moči transformatorja do 250 kVA).

NN razvod bomo izvedli v celoti v podzemni izvedbi z NN kabli NA2XY-J 4 x 150 + 1,5 mm² oziroma NA2XY-J 4 x 70 + 1,5 mm² (1. tkg. mTP/K Stružnica). Varovanje tokokrogov bomo izvedli po priloženi enopolni risbi. Transformatorska postaja bo v tovarni dokončno izdelana in opremljena z opremo po enopolni risbi.

Odklop transformatorske postaje bomo vršili z vertikalnim progovnim ločilnikom, vgrajenim na odcepu 20 kV priključnega kablovoda (BD Z12).

2.2.2. Zaščita TP/K in transformatorja

Transformator bomo ščitili pred tokom kratkega stika z SN varovalkami na primarni strani in pred preobremenitvijo in tokom kratkega stika z NN varovalkami na sekundarni strani.

Tabela 1: Jakost varovalnih vložkov

Moč transformatorja (kVA)	20 kV varovalke (A)	NN glavne varovalke (A)
20	2	50
35	4	63 ali 80*
50	6	63 ali 80**
100	10	125 ali 160**
160	16	224
250	25	355

* za male transformatorje po dogovoru na tehničnem sestanku Elektro Ljubljana

** če število letnih obratovalnih ur ni večje od 2500!

mTP/K Rake

Po tabeli smo izbrali SN varovalke 2 A in glavne sekundarne varovalke 50 A, ki bodo služile tudi kot varovanje izvedenega enega tokokroga.

mTP/K Stružnica

Po tabeli smo izbrali SN varovalke 4 A in glavne sekundarne varovalke 80 A, posamezna tokokroga bosta varovana z varovalko 50 A.

2.2.2.1. Ozemljitev

Namen ozemljitve v električnih obratovalnih prostorih je:

- zavarovanje oseb, ki prihajajo v dotik s postrojem,
- zaščita opreme pred uničenjem in
- kvalitetnejši obratovalni pogoji.

Zgoraj omenjene zahteve so izpolnjene s tem, da so vsi kovinski deli električnih naprav, ki v normalnem obratovanju niso pod napetostjo, ozemljeni.

Dozemna upornost in upornost razprostiranja ozemljila morajo biti v takih mejah, da padec napetosti zaradi toka zemeljskega stika ne presega vrednosti, predpisane s tehničnimi predpisi. V skrajnem primeru je potrebno s posebnimi ukrepi oblikovati potencialno polje okrog transformatorske postaje tako, da na nobenem mestu ne pride do previsoke napetosti dotika ali previsoke napetosti koraka, četudi bi se zaradi prevelike dozemne upornosti pri zemeljskem stiku potencial znatno dvignil.

Vsi kovinski deli električnih postrojev in naprav, ki normalno niso pod napetostjo in ne pripadajo obratovalnim tokokrogom, ob okvari pa bi lahko prišli pod napetost neposredno ali preko električnega obloka so ozemljeni.

Praktično je zaščitna ozemljitev v postaji uresničena tako: Vse nosilne konstrukcije električnih aparatov v SN in NN postroju so povezane s kovinskimi okrovi celic, preko pocinkanih vijakov z zobatimi podloškami. Izvedba ogrodja in nanj privitih sestavnih delov zagotavlja zahtevano tokovno vodljivost ustrezno VDE 0141. Kovinsko oklopljene stikalne naprave, ki ustrezajo IEC 298 imajo znotraj stikalnega bloka ozemljitveno zbiralnico.

Navarjena matica M12 se poveže z zunanjim potencialnim obročem s trakom Fe-Zn, preko razstavljivega spoja v kabelskem prostoru.

2.2.3. Zaščita TP/K pred delovanjem strele

Na pločevinasti TP ni potrebno izvesti strelovodne zaščite izvedene skladno s predpisi o zaščiti stavb pred delovanjem strele. Strelovodna zaščita ni potrebna za izvedbo TP do dolžine 5,0 m, širine 4,0 m in višine 2,5 m v urbanih območjih z gostoto udarov strele do 5 strel/km²/leto. Projektirane TP sta dolžine 1,70 m, širine 1,45 m in višine 1,66 m. Maksimalna gostota strel na območju Kočevja znaša 3,4 strele/km²/leto.

2.3. 20 KV DALJNOVOD

2.3.1. Splošno

20 kV priključni kablovod za transformatorski postaji bo potekal z 20 kV daljnovođa Brod na Kolpi od obstoječega betonskega droga Z12 v Dolnji Brigi. Na betonski drog bomo namestili vertikalni ločilnik SPLV 24/630 500 OPOZ, ki bo dodatno opremljen z odvodniki prenapetosti 24 kV in ozemljitvenimi noži. Z omenjenim ločilnikom bomo izklopili 20 kV priključni kablovod s transformatorskima postajama Rake in Stružnica.

Zaradi vgrajenih odvodnikov prenapetosti na ločilniku je potrebno izvesti ozemljitve okoli betonskega droga.

Zaščitne ozemljitve bomo izvedli pri betonskem drogu Z 12 s polaganjem ozemljitvenega valjanca v jarek ob 20 kV kablovod in v samostojni jarek ob gozdni cesti ter čez gozdno cesto.

Zaščitno ozemljitev pri TP bomo dimenzionirali z ozirom na $R_d \leq 5 \Omega$, zaradi vgrajenih odvodnikov prenapetosti.

Specifična upornost tal na mestu polaganja ozemljitev znaša v povprečju $\rho_E = 110 \Omega\text{m}$.

Izračun potrebne dolžine valjanca

$$L_k = \frac{k_t \cdot \rho_E}{R_d} \cdot k_s = \frac{1,86 \cdot 110,0}{5,0} \cdot 1,0 = 41 \text{ m} \quad (3)$$

Ozemljitve bomo položili ob novem 20 kV povezovalnem kablovodu v dolžini 30 m. Dodatno bomo položili še krak valjanca ob gozdni cesti v dolžini 15 m in čez gozdno cesto v dolžini 15 m.

Za oblikovanje potenciala bomo položili en potencialni obroč na razdalji cca 1,0 m od roba betonskega droga Z 12.

Skupna ponikalna upornost novih krakov

$$R_d = \frac{k_t \cdot \rho_E}{l_v} \cdot k_s = \frac{1,86 \cdot 110,0}{60} \cdot 1 = 3,4 \Omega \quad (4)$$

$$R_d = 3,4 \Omega \leq 5,0 \Omega$$

$3,3 \Omega \leq 5,0 \Omega$ kar pomeni, da zaščitna ozemljitev pri betonskem drogu z vertikalnim ločilnikom ustreza predpisanim zahtevam.

Napetost ozemljila po krivulji U_{TP} v SIST EN 50522 znaša 400 V za čas odklopa zemeljskega stika v 0,3 sekunde (TS 34).

$$U_E = Z_E \cdot I_E = 3,4 \cdot 150 = 510 \text{ V} > 400 \text{ V} \quad (5)$$

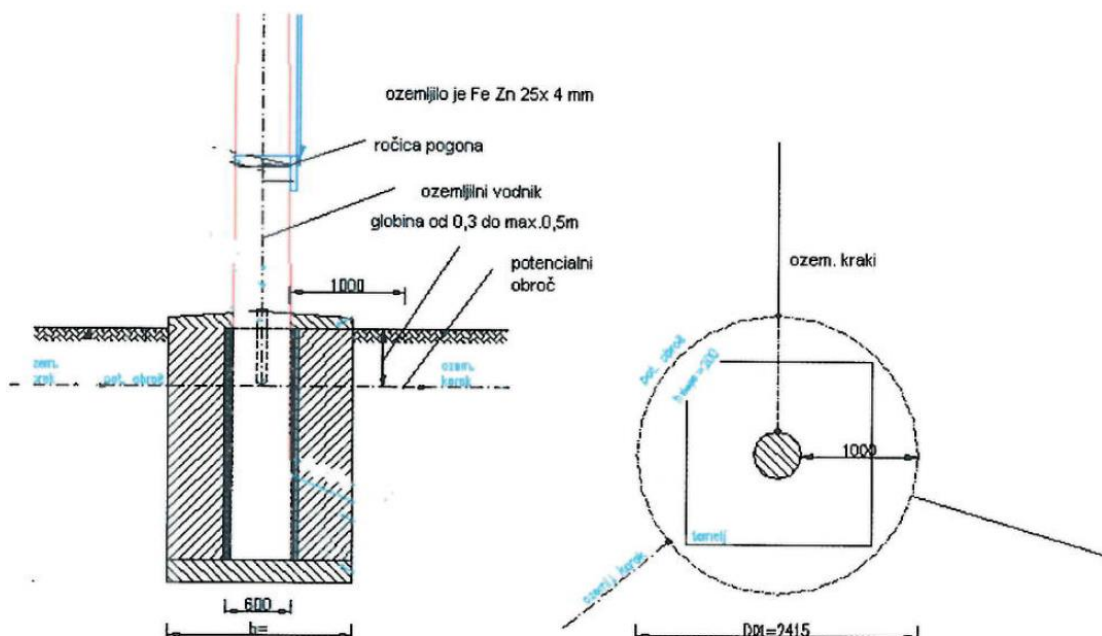
U_E – potencial ozemljitve (V)

Z_E – ozemljitvena upornost (ohmi)

I_E tok zemeljskega stika (A)

Ta vrednost pa je prevelika oziroma je večja kot je dopustna napetost dotika, ki znaša 400 V. Da to vrednost napetosti dotika zmanjšamo, uporabimo aktivno oblikovanje potenciala ozemljila s potencialnim obročem.

V primeru 3,4 ohmov je napetost 510 V manjša od 1200 V (EIMV št. 1152), kar je pogoj za en potencialni obroč v razdalji 1 m od droga na globini max. 0,5 m.



Slika št.: 1

2.4. 20 KV KABLOVOD

2.4.1. Splošno

Za 20 kV priključni kablovod bomo uporabili kabel 3x(NA2XS(FL)2Y 1x70/16 mm²). Od betonskega droga v Dolnji Brigi, ki stoji na parc. št. 3488 k.o. 1608 Briga, bo potekal 20 kV priključni kablovod proti Rakam po gozdni cesti, katastrski poti, gozdni poti in traktorski vlaki. Do meje s katastrsko občino k.o. 1609 Banja loka bo kablovod potekal po parcelah št.: 3488, 1001, 1002, 1003/1, 1003/2, 1006, 1007, 1010, 1013, 1016, 1017, 1044, 1046, 1040/2, 1040/1, 1039/1, 1038/1, 1037/1, 1036/1, 1035/2, 1034/1, 1033 in 1032 vse k.o. 1608 Briga. Naprej bo potekal 20 kV priključni kablovod po gozdni poti do gozdnega obračališča in se spustil proti gozdni cesti Rake – Stružnica po traktorski vlaki do predvidene lokacije za mTP/K Rake, ki bo locirana ob gozdni cesti. Na tem delu bo trasa 20 kV priključnega kablovoda potekala po parcelah št. 2477, 2486/1, 2486/2, 2486/3, 2486/4, 2079/1 in 2331/6, vse k.o. 1609 Banja loka. Prvi del 20 kV priključnega kablovoda od betonskega droga Z12 na 20 kV daljnovoda Brod na Kolpi do mTP/K Rake bo dolg približno 2800 m.

Od mTP/K Rake proti Stružnici bo 20 kV priključni kablovod dvakrat križal gozdno cesto Rake – Stružnica in potekal po gozdnih vlakih do objekta Stružnic1 in 1A in sicer

vse po parceli št. 2079/1, k.o. 1609 Banja Loka. Drugi del 20 kV priključnega kablovoda od mTP/K Rake do mTP/K Stružnica bo dolg približno 1600 m.

20 kV priključni kablovod bomo po celi trasi položili na globini 0,9 m v 1 x PVC gibko cev fi 160 mm.

Za polaganje optičnega kabla bomo po celi trasi ob 20 kV priključni kablovod položili cev PEHD dvojček PE 2x ϕ 50 mm.

Potek trase 20 kV priključnega kablovoda je razvidna iz priložene risbe bodočega stanja.

Za polaganje SN kablovoda v 1xPVC gibko cev fi 160 mm bomo izkopali jarek širine 0,4 m in globine 1,06 m. Na nepovoznih površinah (gozdne vlake in poti) bomo projektirano cev položili na predhodno pripravljeno posteljico iz peska granulata 4-8 mm debeline 10 cm. Prostor ob cevi in nad cevjo bomo zasuli s peskom enakega granulata do debeline 10 cm nad cevmi. Preostali del kanala zasujemo do vrha z materialom od izkopa. Prvi del do opozorilnega traku 0,3 m pod površjem zasipamo zelo previdno (ostri robovi kamenja). Ko smo cevno kanalizacijo zasuli do višine 30 cm pod površino, položimo opozorilni trak »Pozor energetski kabel«.

Na povoznih površinah (gozdne ceste) bomo projektirano cev obbetonirali v debeline 10 cm pod in nad cevjo. Preostali del kanala zasujemo do vrha s tamponskim materialom. Ko smo cevno kanalizacijo zasuli do višine 30 cm pod površino, položimo opozorilni trak »Pozor energetski kabel«.

Vsako plast zasipavanja jarka utrdimo posebej, da ne pride do posedanja terena. Odvečni material odpeljemo na deponijo in uredimo okolico kanala.

Točen potek SN kablov in število cevi je razvidna iz risbe bodočega stanja.

Naziv 20 kV izvoda	:	J08 Brod na Kolpi (iz RP Kočevska Reka)
Nazivna napetost	:	20 kV
Dolžina obstoječega voda	:	44 m (NA2XS(F)2Y 150/25 mm²)
Dolžina obstoječega voda	:	8007 m (Al-Fe 70 mm²)
Dolžina novega kbv		
od obst. 20 kV DV BD Z12		
do mTP/K Rake	:	2830 m
Dolžina novega kbv		
od mTP/K Rake do		
mTP/K Stružnica	:	1620 m
Tokovodniki	:	3 x (NA2XS(FL)2Y 1 x 70/16 mm²)
Maksimalna vlečna sila kabla	:	2,1 kN
Ozemljitve	:	združene

Tabela 2: Parametri 20 kV tokovodnikov

Vodnik	Presek (mm ²)	Specifična upornost (Ω/m)			<i>I</i> _{dop} (A)
		<i>R</i> _s	<i>X</i> _s	<i>Z</i> _s	
Al-Fe	25	1,260	0,399	1,322	125
Al-Fe	35	0,900	0,386	0,979	145
Al-Fe	50	0,630	0,373	0,732	170
Al-Fe	70	0,450	0,362	0,578	235
Al-Mg-Si	70	0,450	0,362	0,578	235
Al-Fe	150	0,210	0,340	0,400	400
kabli					
NA2XS(F)2Y	70	0,443	0,135	0,463	230
NA2XS(F)2Y	120	0,253	0,126	0,283	310
NA2XS(FL)2Y	150	0,206	0,116	0,236	353

Opombe k tabeli 2:

*R*_s: za vse kable pri temperaturi okolice *T*_{dm} = + 20°C,

*X*_s: za vse kable po katalogu proizvajalca

*I*_{dop}: *T*_{ok} = + 20°C, 1 kabel min. 70 cm v zemlji. Vrednosti dopustnega ali zdržnega (*I*_t) toka veljajo za enožilne kable z Al tokovodnikom v trikot ali horizontalnem razporedu.

Izračun potrebnega preseka kabla izvedemo na sledečih osnovah:

- napajanje je predvideno iz 110/20 kV RTP Kočevje preko RP Kočevska Raka,
- predvidena montaža na novozgrajenem odseku,
- predvidena kratkostična moč na 20 kV zbiralkah RP: *P*_{KS} = 250 MVA,
- izklopni čas DV v RP: *t*_{KS} = 0,3 sek (upoštevati HAPV).

Prispevek 110/20 kV RTP Kočevje

$$X_m = \frac{1,1 \cdot U_n^2}{P_{KS}} = \frac{1,1 \cdot (20 \text{ kV})^2}{250 \text{ MVA}} = 1,760 \, \Omega = Z_{KS} \quad (6)$$

Prispevek 20 kV voda od RP do začetka kablanskega voda

$$\begin{aligned} R_v &= \sum (l_{kabel} \cdot R_{kabel} + l_{AlFe} \cdot R_{AlFe}) \\ R_v &= 0,044 \cdot 0,206 + 8,007 \cdot 0,45 = 3,612 \, \Omega \end{aligned} \quad (7)$$

$$\begin{aligned} X_v &= \sum (l_{kabel} \cdot X_{kabel} + l_{AlFe} \cdot X_{AlFe}) \\ X_v &= 0,044 \cdot 0,116 + 8,007 \cdot 0,362 = 2,904 \, \Omega \end{aligned} \quad (8)$$

Skupna impedanca kratkostične zanke

$$Z_{sk} = \sqrt{R_v^2 + (Z_m + X_v)^2} = \sqrt{3,612^2 + (1,76 + 2,904)^2} = 5,899 \, \Omega \quad (9)$$

Tok kratkega stika na mestu odcepa pri BD Z12 (D. Briga):

$$I_k = \frac{1,1 \cdot U_n}{\sqrt{3} \cdot Z_{sk}} = \frac{1,1 \cdot 20}{1,73 \cdot 5,899} = 2,153 \text{ kA} \approx I_{kef} \quad (10)$$

Izračun potrebnega preseka kabla

$$S_{min} = b \cdot I_k \cdot \sqrt{t_k} = 17,12 \cdot 2,153 \cdot \sqrt{0,3} = 20,19 \text{ mm}^2 \quad (11)$$

Opomba: konst. "b" za $\vartheta = 130^\circ\text{C}$

$\vartheta_l = 80^\circ\text{C}$: 17,12 za 100 % obrem. vodnikov pred nastopom kratkega KS

$\vartheta_l = 63^\circ\text{C}$: 14,60 za 75 % obrem. vodnikov pred nastopom kratkega KS

$\vartheta_l = 50^\circ\text{C}$: 13,22 za 50 % obrem. vodnikov pred nastopom kratkega KS

$\vartheta_l = 45^\circ\text{C}$: 12,77 za 35 % obrem. vodnikov pred nastopom kratkega KS

ob predpostavki, da znaša temperatura zraka vsakokrat $+40^\circ\text{C}$.

Iz izračunov je razvidno, da bi lahko uporabili presek 35 mm^2 , vendar kablov manjšega preseka kot 70 mm^2 ne polagamo v zemeljski izvedbi.

- enožilni vodoneprepusten 20 kV kabel **NA2XS(FL) 2Y 1 x 70/16 mm²**,
- $S_{min} < S_{izb} \Rightarrow 20,19 \text{ mm}^2 < 70 \text{ mm}^2$

2.4.2. Splošni podatki za 20 kV kabel NA2XS(FL) 2Y 1 x 70/16 mm²

Podatki iz kataloga proizvajalca se nanašajo na enožilni, vodnonepropustni kabel 70 mm^2 :

- | | |
|---|---|
| • nazivni presek | : $A_v = 70 \text{ mm}^2$, |
| • tip vodnika, premer vodnika | : Al , okrogel, komprimiran, $d_v = 10,3 \text{ mm}$, |
| • nazivni presek Cu ekrana | : $A_e = 16,0 \text{ mm}^2$, |
| • premer celotnega kabla | : $d_z = 35 \text{ mm}$, |
| • masa kabla | : $m = 1000 \text{ kg/km}$, |
| • najmanjši radij krivljenja | : $r = 52,5 \text{ cm}$, |
| • največja zatezna sila | : $F = 2,1 \text{ kN}$, |
| • nazivna napetost | : $U_0/U = 12/20 \text{ kV}$, |
| • največja dovoljena trajna obrat. nap. | : $U_{max} = 24 \text{ kV}$, |
| • nazivni KS tok/1 s | : $I_{KS} = 6,6 \text{ kA}$, |
| • trajni zdržni tok kabla v zemlji | : $I_z = 237 \text{ A}$ (vzporedno polaganje),
: $I_z = 210 \text{ A}$ (trikot polaganje). |

Prenosna zmogljivost SN kabla NA2XS(FL) 2Y 70/16 mm²

Pri izračunu prenosne zmogljivosti SN kabla 70 mm² smo upoštevali naslednje faktorje:

- polaganje v trikot v 1xPVC cevi fi 160 mm,

$$P_{max} = \sqrt{3} \cdot U_n \cdot I_z \cdot k_5 = 1,73 \cdot 20 \cdot 210 \cdot 1,0 = 7,27 \text{ MVA} \quad (12)$$

2.4.3. Polaganje SN in NN kablovoda**2.4.3.1. Transport kabla**

Transport kabla od skladišča na delovišče izvedemo s posebno prikolico, ki ima kot pomoč pri nakladanju ali razkladanju kabla posebno hidravlično ali mehansko napravo. V kolikor transport vršimo s tovornim vozilom, ga na mestu razkladanja raztovorimo s pomočjo dvigala, pomožne rampe ali strmine.

Krajši kosi kabla so zviti v kolute, pri tem pa moramo paziti na dopustni polmer ukrivljanja kabla. Kotaljenje kabla je dovoljeno samo na manjših razdaljah, teren mora biti raven in brez kamenja. Kotaljenje bobna je dovoljeno samo v smeri puščice na zunanji strani bobna. Če je teren mehak ali vlažen, moramo pod boben podložiti deske. Kabel zvit v kolute ne smemo nositi ali kotaliti na železni palici. Na mestu gradnje je treba kabelske bobne zavarovati pred samodejnim kotaljenjem. Če pogoji omogočajo, je priporočljivo kabelski kolut ali boben skladiščiti v zaprtem prostoru, tako na terenu, kot na podjetju.

2.4.3.2. Polaganje kabla pri nizkih temperaturah

Ne priporoča se polaganje kablov pri temperaturah, ki so nižje od + 5°C. Če je zunanja temperatura nižja, moramo kabel predhodno segreti z enim od navedenih načinov:

- Segrevanje kabla v suhem prostoru: kabelski boben pustimo v zaprtem prostoru, če je temperatura prostora:
 - od + 5°C do + 1°C 72 ur,
 - od + 10°C do + 20°C 40 do 48 ur,
 - od + 20°C do + 25°C 24 do 36 ur.
- Segrevanje z električnim tokom: Vse žile razen nevtralne (če je manjšega prereza) vežemo paralelno in priključimo na varilno aparaturo ali ustrezeni transformator 400/230/7 V. Jakost toka pri segrevanju je cca 1 A/mm². S termometrom kontroliramo temperaturo na površini kabla, pri čemer je maksimalna dopustna temperatura:
 - + 40°C za kable do 1 kV,
 - + 35°C za kable do 10 kV,

- + 30°C za kable do 20 kV.

OPOMBA: Pri vseh vrednostih pa moramo vedno v prvi vrsti upoštevati še dodatna priporočila proizvajalca kabla, če jih le-ta predpiše.

2.4.3.3. Odvijanje kabla

Na gradbišču je potrebno bobne zavarovati pred nehotenim kotaljenjem.

Za odvijanje kabla moramo boben dvigniti na poseben podstavek. Smer odvijanja je nasprotna od smeri kotaljenja bobna. Kabel ne smemo vleči preko ostrih in trdih predmetov. Za mehansko odvijanje kabla proizvajalec priporoča stroj z vitlom in jekleno žico. Stroj ima napravo za omejevanje maksimalne natezne sile in s tem izklop motorja ob prekoračitvi in napravo za registracijo sile med celotnim odvijanjem kabla. Ob ostrejših vertikalnih ali horizontalnih zavojih moramo kabel polagati v posebne kabelske kolute, ki nam omogočajo lažje razvijanje kabla.

Mehansko odvijanje kabla z motornim vitlom lahko izvajamo na sledeče tri načine:

Vleka s pomočjo vlečne nogavice, ki jo zataknejo za plašč kabla. Ta način je primeren za trase, kjer ni veliko kotov in robov.

Vleka s pomočjo sponke, ki je vezana na vodnike kabla. Način je primeren za daljše in težje trase, kjer je potrebna večja zatezna sila.

Vleka s pomočjo sponke, ki je vezana na armaturo kabla (samo kabli z okroglo ali ploščato žično armaturo).

Pri vseh navedenih načinih je potrebno paziti na dovoljeno maksimalno silo vlečenja, saj bi v nasprotnem primeru prevelika sila vlečenja lahko povzročila poškodbo vodnika, izolacije, plašča, armature ali zunanje antikorozijske zaščite. Maksimalno silo vlečenja za posamezne kable predpiše proizvajalec in jo v nobenem primeru ne smemo prekoračiti.

2.4.3.4. Polaganje energetskih kablov

Priporočamo direktno polaganje kablov v zemljo, v kabelskem jarku, katerega širina in globina sta odvisni od nazivne napetosti kabla in števila kablov v jarku (glej priloge). Normalna globina za kable nazivne napetosti od 1 do 20 kV je tako do 0,8 m. Odstopanja so dovoljena na manjših dolžinah, pri križanju z drugimi instalacijami in objekti, kot tudi v neugodnih pogojih polaganja (kamen).

Dno jarka moramo izravnati in odstraniti vse ostre predmete, ki bi lahko poškodovali kabel. Če to ni mogoče, moramo na dno jarka položiti posteljico iz mivke ali drobnnozrnate zemlje (0,1 pod kablom in običajno 0,1 m nad kablom). Posteljica mora biti debelejša, če nimamo ustreznega materiala za zasutje kanala.

Za mehansko zaščito kabla uporabljamo plastične (GAL) ščitnike, ki se položijo na posteljico nad kablom in so široki 120 ali 150 mm in dolgi 1 m. GAL ščitnike uporabljamo samo pri kablilih 10 in 20 kV. Uporabe zidakov oz. opek ne priporočamo.

Zasipavanje kabla izvedemo z materialom iz izkopa, v slojih po 0,2 m. Za posteljico nad kablom in za prvi sloj moramo uporabiti drobnnozrnato zemljo iz odkopa. Vendar pa, če

zemlja iz odkopa vsebuje veliko blata, kamenja in ali je zastrupljena s kemikalijami in podobno, moramo uporabiti zemljo, ki jo dovažamo od drugod. Lahko uporabimo tudi material, ki smo ga pripravili posebej in ima dobro prevodnost toplote. Za nabijanje slojev do 0,4 m nad kablom uporabimo ročne nabijalce, za višje sloje pa se priporoča uporaba motornih nabijalcev.

Pri zasipavanju kabla moramo položiti plastični opozorilni trak nad kablom (glej priloge). Opozorilni trak se polaga 0,4 m nad kablom in 0,3 m pod površjem kabelskega jarka. Plastični opozorilni trak naj bo rdeče barve z vtisnjenim opozorilom "POZOR ENERGETSKI KABEL". Širina traku je 10 cm, kvaliteta traku pa mora biti takšna, da trak zdrži življenjsko dobo položenega kabla.

Konce položenih kablov označimo na obeh straneh s ploščicami in napisi o vrsti in namembnosti kabla. Po izvršenih delih pooblaščen geodet posname traso kabla in vnese v podzemni kataster geodetske uprave.

2.4.3.5. Polaganje kablov v kanale

Kabelsko kanalizacijo uporabljamo pri prehodih pod cestami, ulicami, železniškimi progami, skozi dvorišča zgradb, pri prekoračitvi minimalnih dovoljenih razdalj kabla glede na ostale podzemne instalacije. Kabelsko kanalizacijo izdelujemo iz plastičnih cevi. Uporaba jeklenih cevi je dovoljena samo v izjemnih primerih (križanje TK kablov). Priporoča se minimalni notranji presek cevi 110 mm.

Za kabelsko kanalizacijo moramo najprej izdelati posteljico iz peska grenulata 4-8 mm debeline 0,1 m, na katero se polagajo cevi. Cevi kabelske kanalizacije morajo biti položene tako, da skozi odprtino cevi vidimo iz enega na drugi konec (celoten presek). Primer kabelske kanalizacije je podan v prilogi. Zaradi ohranjanja potrebnega razmaka med cevmi, postavimo posebne nosilne dvojne distančnike, na medsebojni razdalji 2 m.

Če v kabelsko kanalizacijo polagamo kable različnih napetostnih nivojev, potem kable nižje nazivne napetosti položimo v višje nivoje kanalizacije. Cevi, ki jih ne uporabimo (rezerva), moramo zapreti s posebnimi čepi, ki preprečujejo vdor nesnage v cev.

V našem primeru bomo vse kable (SN in NN) polagali v cevno kanalizacijo. Dno kanala mora biti ustrezno zravnano, če to ni možno, dno zravnati in zgladiti s peščeno posteljico. Prav tako moramo z drobnim peskom zasuti prostor med cevmi, da jih ni možno poškodovati. Cevi nato zasujemo z drobnim materialom iz izkopa (10 cm). Na to plast zasujemo preostali del kanala z materialom iz izkopa. Prvi del do opozorilnega traku (0,3 m) zasipamo zelo previdno (ostri robovi kamenja). Vsako plast utrdimo posebej.

Za lažje polaganje in kasnejše vzdrževanje kablov bomo zgradili tudi kabelske jaške. Njihova namestitve na posamezna mesta je razvidna iz risbe bodočega stanja. Prav tako je iz priložene risbe razvidno in posebej označeno ali je jašek pohodni ali povozni. Mere in situacije izgradnje posameznih jaškov pa so razvidne iz priloge.

2.4.3.6. Polaganje enožilnih kablov

Če imamo v kabelskem jarku več sistemov (lahko tudi SN in NN), polagamo SN kable v trikotnem snopu. Pri tem vsako žilo položimo posebej in nato vse tri žile razvrstimo v trikotni snop. Kable med seboj povežemo s samolepilnim trakom ali plastično vrvico.

Razdalja med sistemi je določena na priloženih prilogah, moramo pa upoštevati naslednje korekcijske faktorje.

Tabela 3: Korekcijski faktor za zmanjšanje tokovne obremenljivosti

Število sistemov v istem kanalu		Korekcijski faktor k_5						
		2	3	4	5	6	8	10
Razmak med sistemi	<i>Dotik</i>	0,79	0,69	0,63	0,58	0,55	0,50	0,46
	<i>7 cm</i>	0,85	0,75	0,68	0,64	0,60	0,56	0,53
	<i>15 cm</i>	0,86	0,77	0,72	0,68	0,64	0,61	0,58
	<i>25 cm</i>	0,87	0,78	0,74	0,71	0,67	0,64	0,62

V primeru, da polagamo enožilne kable v ravnini, pa mora biti razdalja med posameznimi kabli 7 cm. Razdaljo med kabli ohranjamo s posebnimi distančniki, v katere vpenjamo kabel. Distančnike dajemo po potrebi glede na zavrtost trase kabla. Na obeh koncih DV moramo obvezno izvršiti povezavo električne zaščite, neodvisno od kablovoda in jo ozemljiti.

V našem primeru bomo del SN kablovoda položili v ravnini. Večji del kablovoda pa bomo položili v cevni kanalizaciji. Vse slike polaganja so v prilogah.

2.4.4. Križanja in približevanje SN kablovoda z ostalo infrastrukturo

20 kV energetski kablovodi lahko križajo ali se približuje naslednjim objektom oziroma napravam:

- telekomunikacijskim kabelskim vodom,
- vodovodu in kanalizaciji,
- lokalni oziroma dovozni cesti.

2.4.4.1. Križanje in približevanje energet. kablov in telekomunikacijskih kablov

Pri križanjih in približevanjih kablovoda s TK vodom je potrebno upoštevati veljavne predpise, zahteve upravljavca TK omrežja ter zahteve upravljavca elektroenergetskega omrežja.

Gradbena dela v bližini telefonskega podzemnega omrežja je potrebno obvezno izvajati z ročnim izkopom, pod nadzorom strokovnih služb Telekom Slovenije.

Križanje energetskih kablov s podzemnimi telekomunikacijskimi kabli se izvede pod kotom 90°, nikakor pa ne manjšim od 45° z navpičnim razmakom 30 cm za energetske kable do 1 kV.

Ni dovoljen prehod energetskih kablov skozi jaške telekomunikacijske kabelske kanalizacije, kakor tudi ne prehod pod jaškom ali nad njim.

Oddaljenost najbližjega energetskega kabla napetosti do 20 kV do najbližjega TK kabla pri paralelnem poteku je najmanj 50 cm oziroma 1 m za kable nad 20 kV.

Če ne moremo doseči omenjenih oddaljenosti, se na teh mestih med energetskimi kabli in TK kabli namesti pregrada iz termično odpornega materiala.

Polaganje energetskega kabla v bližini TK droga ali podpore se dovoljuje, če je razmak najmanj 0,5 m, s tem da je potrebno energetski kabel zaščititi pred mehanskimi poškodbami, oziroma položiti kabel na oddaljenosti najmanj 1 m.

Zemeljska dela v bližini TK podzemnega omrežja je potrebno izvajati z ročnim izkopom pod nadzorom strokovnih služb Telekoma Slovenije.

2.4.4.2. Približevanje in križanje energetskih kablov s cevmi vodovoda

Pri paralelnem vodenju ali približevanju elektroenergetskih kablov in cevmi vodovoda so dovoljene naslednje minimalne vodoravne oddaljenosti:

- $d \geq 150$ cm za magistralne cevovode
- $d \geq 50$ cm za cevovode nižjega tlaka in za hišne priključke

Minimalna medsebojna razdalja približevanja med energetskimi kabli in cevmi vodovoda mora biti najmanj 50 cm za magistralne cevovode in 30 cm za priključne cevovode.

Pri križanju energetski kabel položimo pod ali nad cevmi vodovoda, odvisno od višinske lege omenjene cevi. Križanje energetskega kabla s cevmi vodovoda izvedemo na oddaljenosti 50 cm, pri križanju kabla s priključnim cevovodom pa je ta oddaljenost lahko 30 cm.

Polaganje kablov skozi, nad ali ob vodovodnih ventilskih komorah ali hidrantih ni dovoljeno. V tem primeru mora biti min. razdalja 1,5 m.

2.4.4.3. Približevanje in križanje energetskih kablov s kanalizacijo

Pri paralelnem vodenju ali približevanju elektroenergetskih kablov in cevmi kanalizacije so dovoljene naslednje minimalne vodoravne oddaljenosti:

- $d \geq 150$ cm za kanale večje ali enake Φ 60/90 cm
- $d \geq 50$ cm za manjše kanalizacijske cevi ali hišne priključke

Minimalna medsebojna razdalja približevanja med energetskimi kabli in kanalizacijskimi cevmi mora biti najmanj 30 cm.

2.4.4.4. Križanje energetskih kablov s cestami

Polaganje energetskih kablov pri križanju cest lahko izvedemo s prekopom ali s podvrtanjem ceste (odvisno od lastnika cestišča oziroma soglasodajalca). Slednji način izvedbe vse pogosteje uporabljamo, saj so izvajalci že opremljeni z ustrezno mehanizacijo, uporabniki cest pa pri takem delu niso ovirani. V kolikor le pride do prekopa ceste je

potrebno delovišče na cesti zavarovati po navodilih za dovoljenje za zaporo ceste pristojne občine (prometne znake postavi pristojno komunalno podjetje).

Križanje energetskih kablov s cestami izvedemo s pomočjo kabelske kanalizacije.

Minimalna vertikalna oddaljenost od zgornjega roba kabelske kanalizacije do površine ceste je 0,8 m. Prerez križanja ceste z EKK je razvidna iz risb v prilogi št.: 6

Opozorilo !

Pri vseh izvedbah križanj energetskega kabla z ostalo nadzemno in podzemno infrastrukturo je potrebno upoštevati soglasja prizadetih upravljalcev!

Opomba !

Polaganje kablov, kakor tudi pogoje križanj in približevanj smo povzeli po GIS TS -1 tipizaciji, podatke o razmikih iz tabele 3 pa smo dobili od proizvajalca kabla.

2.5. NIZKONAPETOSTNO OMREŽJE

Za Rake bomo postavili ob gozdni cesti na parceli št. 2079/1, k.o. 1609 Banja Loka malo kabelsko transformatorsko postajo (tloris 1,7 m x 1,45 m). Vgradili bomo transformator moči 20 kVA. Nizkonapetostni izvod bomo izvedli z zemeljskim kablom NA2XY-J 4x150+1,5 mm² v dolžini 450 m. NN kabel bomo zaključili v prostostoječi omarici P/U-PM3 (na lokaciji Rake), v kateri bosta izvedeni merilni mesti za dva odjemalca. NN kablovod bo potekal po parcelah št.: 2079/1, 2331/6, 2331/5 in 2338, vse k.o. 1609 Banja Loka.

Mala kabelska transformatorska postaja Stružnica pa bo stala ob gozdni cesti med objektoma Stružnica 1 in 1A na parceli št. 2079/1, k.o. 1609 Banja Loka. Vgradili bomo transformator moči 35 kVA. NN razvod bomo izvedli z dvema tokokrogoma. Prvi tokokrog bo napajal objekt Stružnica 1 v bližini nove mTP/K. Izvedli ga bomo s kablom NA2XY-J 4x70+1,5 mm² v dolžini 10,0 m. NN kabel bomo zaključili v prostostoječi omari P/U-PM2, ki bo locirana ob mTP/K in bo opremljena za priklop dveh odjemalcev. Drugi tokokrog pa bo napajal odjemalce v sami vasi Stružnica. Izvedli ga bomo s kablom NA2XY-J 4x150+1,5 mm² v dolžini 680,0 m. NN kabel bomo zaključili v prostostoječi omari P/U-RM4, ki bo locirana v sami vasi in bo opremljena za priklop štirih odjemalcev. NN kablovod bo potekal po parcelah št.: 2079/1, 2316/6, 2316/1, 2314, 2311, 4100, 2210/2, 2218, 2219 in 2217/1, vse k.o. 1609 Banja Loka.

Za polaganje NN kablovoda v 1xPVC gibko cev fi 110 mm bomo izkopali jarek širine 0,4 m in globine 1,01 m. Na nepovoznih površinah (gozdne vlake in poti) bomo projektirano cev položili na predhodno pripravljeno posteljico iz peska granulata 4-8 mm debeline 10 cm. Prostor ob in nad cevjo bomo zasuli s peskom enakega granulata do debeline 10 cm nad cevjo. Preostali del kanala zasujemo do vrha z materialom od izkopa. Prvi del do opozorilnega traku 0,3 m pod površjem zasipamo zelo previdno (ostri robovi kamenja). Ko smo cevno kanalizacijo zasuli do višine 30 cm pod površino, položimo opozorilni trak »Pozor energetske kabel«.

Na povoznih površinah (gozdne ceste) bomo projektirano cev obbetonirali v debeline 10 cm pod in nad cevjo. Preostali del kanala zasujemo do vrha s tamponskim materialom. Ko smo cevno kanalizacijo zasuli do višine 30 cm pod površino, položimo opozorilni trak »Pozor energetske kabel«.

Vsako plast zasipavanja jarka utrdimo posebej, da ne pride do posedanja terena. Odvečni material odpeljemo na deponijo in uredimo okolico kanala.

Točen potek SN kablov in število cevi je razvidna iz risbe bodočega stanja.

Točen potek NN kablov, lokacija EKK in število cevi je razvidna iz risbe bodočega stanja.

2.5.1. Izračun NNO

Nizkonapetostne vode moramo dimenzionirati tako, da bodo ustrezali konceptu oblikovanja NN omrežja pri njegovem nadaljnjem širjenju. Za osnove izračunov uporabimo obtežbe, upoštevane v poglavju **2.1.1. Določitev konične moči**.

Vode dimenzioniramo glede nadtokovne zaščite in zaščite pred električnim udarom. Pri nadtokovni zaščiti vodnikov preverimo zaščito pred prevelikimi tokovi in kratkostičnemu toku. Za dimenzioniranje vodnikov je merilo tudi dopustni padec napetosti.

Pri tem dovolimo naslednje padce napetosti:

- v nizkonapetostnih vodih od +10 % do – 10 %,
- v instalacijah, ki se napajajo iz TP, priključene na SN omrežje, je dovoljeni padec napetosti 5 % za tokokroge razsvetljave in 8 % za tokokroge drugih porabnikov.

Pri kratkostični kontroli zanemarimo impedanco SN mreže, transformator pa upoštevamo z ustrezno močjo. Tok napake izračunamo za najneugodnejši del mreže, oz. napajalnega voda in zahtevamo:

- v TN sistemu $I_k \geq 2,5 \times I_v$,

Izračun padca napetosti

$$\Delta u = \frac{\sum(P_n \cdot 10^3 \cdot l_n) \cdot \rho}{U \cdot S} \cdot k \text{ (V)} \quad (13)$$

Izračun trajnega toka tokokroga

$$I_B = \frac{P \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi} \text{ (A)} \quad (14)$$

Izračun impedance tokokroga

$$Z_s = l \cdot Z_n + l \cdot Z_f + Z_{TR} \text{ (}\Omega\text{)} \quad (15)$$

Izračun toka kratkega stika tokokroga

$$I_{ks} = \frac{U_f}{Z_s} \text{ (A)} \quad (16)$$

Pomen posameznih simbolov

- P_n = moč posameznega sektorja (kW)
- l_n = dolžina posameznega sektorja (m)
- ρ = specifična upornost vodnika ($\Omega\text{mm}^2/\text{m}$)
- U = medfazna napetost (V)
- u = absolutni padec napetosti (V)
- k = faktor, ki je odvisen od:
 - X = induktivne upornosti vodnikov (Ω/km)
 - R = ohmske upornosti vodnikov (Ω/km)
- $\tan \varphi$ = razmerje med jalovo in delovno energijo

- I_B = trajni tok v tokokrogu (A)
- P = moč tokokroga (kW)
- Z_s = skupna impedanca tokokroga (Ω)
- l = dolžina od TP do zadnjega odjemalca (km)
- I_k = tok kratkega stika v tokokrogu (A)
- U_f = fazna napetost (V)

Tabela 4: Tehnične karakteristike vodov 400/230 V

SNOV	presek (mm ²)	I_{dop} (A)	I_{var} (A)	Z_f (Ω /km)	Z_n (Ω /km)	k za tg $\varphi=0,6$	ρ Ω mm ² /m
NA2XY-J	35	94	80	0,868	0,868	1,057	0,029
NA2XY-J	70	138	125	0,443	0,443	1,107	0,029
NA2XY-J	150	210	200	0,206	0,206	1,227	0,029
NA2XY-J	240	272	200	0,125	0,125	1,370	0,029
N1XD4-AR	16	91	80	1,913	1,913	1,025	0,029
N1XD9-AR	35	142	125	0,876	0,481	1,055	0,029
N1XD9-AR	70	223	200	0,452	0,452	1,109	0,029

Opombe k tabeli 4:

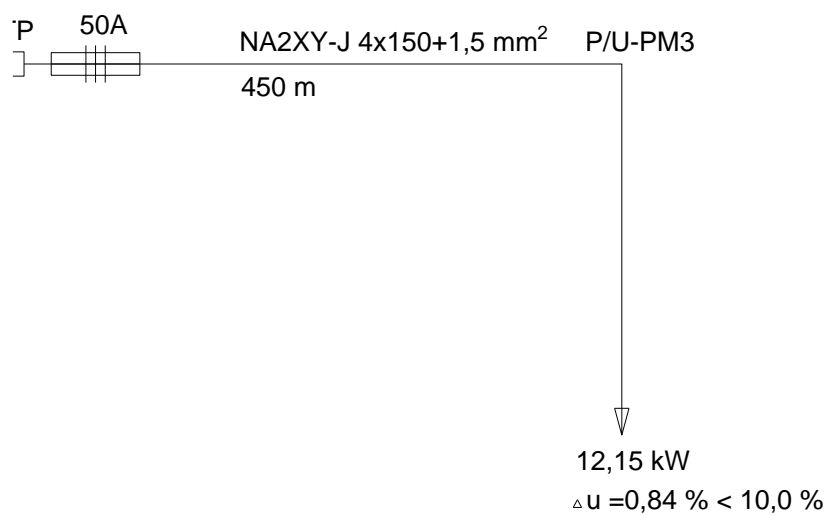
- I_{dop}
 - pri zem. kablilih po tip. DES zvezek št. 5 ($T_{ok} = + 20^\circ\text{C}$, $T_{dm} = + 70^\circ\text{C}$, kabel min 80 cm v zemlji)
 - pri XP00/O–A po podatkih proizvajalca ($T_{ok} = + 30^\circ\text{C}$, $T_{dm} = + 70^\circ\text{C}$)
 - pri X00/O–A po tipizaciji DES, zvezek št. 3 ($T_{ok} = + 30^\circ\text{C}$, $T_{dm} = + 90^\circ\text{C}$)
 - I_{var}
 - pri X00/O–A po tipizaciji DES, zvezek št. 3
 - Z_n in Z_f sta impendanci, ki sta izračunani iz R_s in X_s po enačbi $\sqrt{R_s^2 + X_s^2}$ (Ω /km)
 - R_s
 - pri kablilih po Kaiserju ($T_d = + 40^\circ\text{C}$)
 - pri kablilih X00/O–A pri srednji delovni temperaturi ($T_d = + 60^\circ\text{C}$)
 - X_s
 - pri kablilih X00/O–A po tipizaciji DES zvezek št. 3
 - k faktor, ki je odvisen od:
 - X_s = induktivne upornosti vodnikov (Ω mm²/km)
 - R_s = ohmske upornosti vodnikov (Ω mm²/km)
- tg φ = razmerje med jalovo in delovno energijo

k izračunamo po formuli:

$$k = 1 + \frac{X_s}{R_s} \cdot \operatorname{tg} \varphi \quad (17)$$

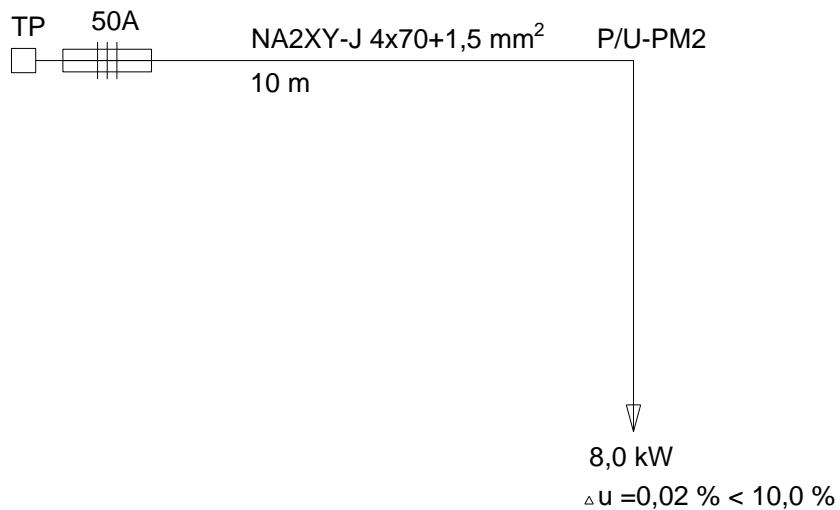
2.5.2. Izračuni

2.5.2.1. 1. tokokrog smer Rake (mTP/K Rake)



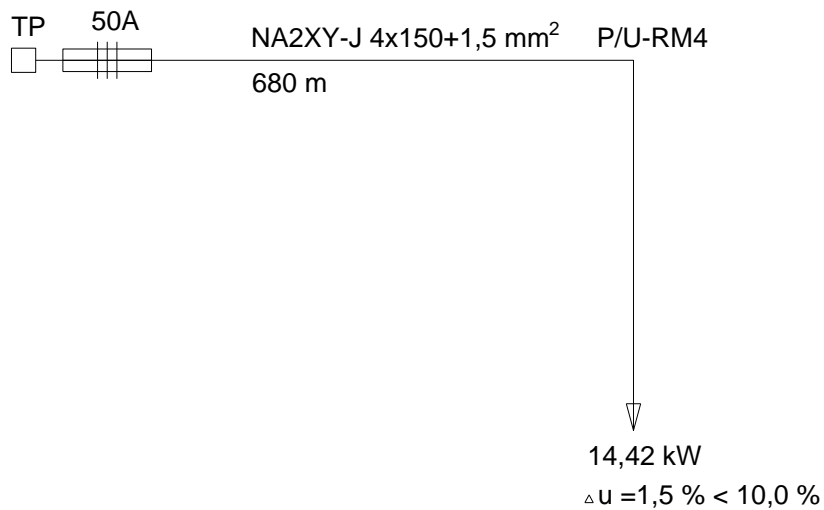
Slika št.:2

2.5.2.2. 1. tokokrog smer Pri TP (mTP/K Stružnica)



Slika št.: 3

2.5.2.3. 2. tokokrog smer Stružnica (mTP/K Stružnica)



Slika št.: 4

Tabela 5: Določitev varovalk transformatorja in tokokrogov mTP/K Rake

Transformatorska postaja		Moč transformatorja	SN varovalke primar	NN varovalke sekundar
mTP/K Rake		20 kVA	2A	50A
št. tkg.	Naziv tokokroga	Vrsta vodnikov	Presek vodnikov (mm ²)	Varovalka (A)
1. tkg.	smer Rake	NA2XY-J	150	160A - tokovni noži
2. tkg.	rezerva	/	/	/
3. tkg.	smer O.P. 0,3 kV.	/	/	160

Iz izračunov je razvidno, da je tokokrog pravilno dimenzioniran glede na dopustni padec napetosti. Prav tako ne bo termično preobremenjen. Izpolnjen je tudi pogoj zaščite porabnikov pred udarom električnega toka.

Tabela 6: Določitev varovalk transformatorja in tokokrogov mTP/K Stružnica

Transformatorska postaja		Moč transformatorja	SN varovalke primar	NN varovalke sekundar
mTP/K Stružnica		35 kVA	4A	80A
št. tkg.	Naziv tokokroga	Vrsta vodnikov	Presek vodnikov (mm ²)	Varovalka (A)
1. tkg.	smer Pri TP	NA2XY-J	70	50
2. tkg.	smer Stružnica	NA2XY-J	150	50
3. tkg.	rezerva	/	/	/
4. tkg.	smer O.P. 0,3 kV.	/	/	160

Iz izračunov je razvidno, da so tokokrogi pravilno dimenzionirani glede na dopustni padec napetosti. Prav tako ne bodo termično preobremenjeni. Izpolnjen je tudi pogoj zaščite porabnikov pred udarom električnega toka.

2.6. ZAŠČITA PRED PRENAPETOSTJO

2.6.1. Zaščita proti vdoru prenapetosti

Projektirane NN kable bomo ščitili proti vdoru atmosferske prenapetosti z odvodniki prenapetosti 0,3 kV, 15 kA. Odvodnike prenapetosti bomo vgradili na NN razdelilcu mTP/K in v priključno merilnih NN omarah SOR1 Rake in SOR2 Stružnica.

2.7. OZEMLJITVE

2.7.1. Splošno

Na področju lokacij novih mTP/K bomo izvedli t. im. "združeno" ozemljitev. To pomeni, da bosta med seboj povezani zaščitna ozemljitev TP in obratovalna ozemljitev NN omrežja.

Pri dimenzioniranju ozemljitev upoštevamo:

- da sodi 20 kV omrežje, na katero je nova TP/K priključena v območje napajanja RTP 110/20 kV Kočevje, kjer je SN nevtralna točka ozemljena preko nizkoomskega upora, ki omejuje tok zemeljskega stika I_z na 150 A,
- da je v RTP čas izklopa v primeru zemeljskega stika nastavljen: $t_{iz} = 0,3$ s,
- da naj NN omrežje glede ozemljitve ustreza pogojem, ki veljajo za TN napajalni sistem,
- da bo kot ozemljilo uporabljen pocinkani valjanec Fe-Zn 25 x 4 mm.

2.7.2. Zaščitna ozemljitev pri TP

2.7.2.1. Pogoji

- U_i 125 kV – nazivna zdržna atmosferska udarna prenapetost električnega postroja, ki ustreza najvišji napetosti opreme $U_m = 24$ kV,
- I_s temenska vrednost udarnega toka strele, ki jo izberemo glede na važnost postroja in izokeramični nivo področja iz *tabele 7*.

$$\frac{U_i}{I_s} = R_d$$

- Delovno upornost R_d izračunamo glede na važnost postroja. Pomagamo si s podatki iz *tabele 7*, praviloma pa naj ne bi presegla 8 Ω (pogoj: maksimalna vrednost $R_z = 8$ Ω , $U_{oz} = 1200$ V, $I_z = 150$ A).
- Zaradi montiranih odvodnikov prenapetosti 24 kV/10 kA ponikalna upornost zaščitne ozemljitve TP/K R_{pon} praviloma ne sme presegati vrednosti 5 Ω (odvisno od pomembnosti postroja in specifične upornosti tal ter zaradi montaže VN odvodnikov prenapetosti).
- Vrednost R_d ponavadi izberemo tako, da se ne razlikuje od R_{pon} .

Tabela 7: Razporeditev udarov strel po jakosti udara

I_s (kA)	10	20	30	40	50
delež vseh udarov strele (%)	50	79	91	95	98
maks. vrednost R_d (Ω)	12,5	6,25	4,17	3,13	2,50

Ostali pogoji glede združene ozemljitve so upoštevani v **točki 2.7.3**.

2.7.2.2. Dimenzioniranje pri mTP/K Rake

Zaščitne ozemljitve bomo izvedli pri mTP/K s polaganjem ozemljitvenega valjanca v jarek ob 20 kV kablovod in v samostojni jarek ob gozdni cesti.

Zaščitno ozemljitev pri TP bomo dimenzionirali z ozirom na $R_d \leq 5 \Omega$, zaradi vgrajenih odvodnikov prenapetosti na SN in NN strani.

Specifična upornost tal na mestu polaganja ozemljitev znaša v povprečju 600 Ωm .

Merjenje specifične upornosti tal smo izvedli z instrumentom tip: UNILAP GEO in štirimi enakimi sondami. Sonde je potrebno zapičiti enako globoko na enakih medsebojnih razdaljah (a) v ravni črti. Iz odčitane R_E lahko specifično upornost zemlje izračunamo po naslednjem izrazu:

$$\rho_E = 2 \cdot \pi \cdot a \cdot R_E = 2 \cdot 3,14 \cdot 0,6 \cdot 160,0 = 600 \Omega\text{m} \quad (18)$$

kjer je:

ρ_E = srednja specifična upornost zemlje (Ωm)

a = razdalja med sondami (m)

R_E = izmerjena upornost

Izračun potrebne dolžine valjanca

$$L_k = \frac{k_t \cdot \rho_E}{R_d} \cdot k_s = \frac{2,24 \cdot 600,0}{5,0} \cdot 1,0 = 269 \text{ m} \quad (19)$$

Faktor " k_t " za ozemljitveni valjanec 25 x 4 mm v odvisnosti od povprečne dolžine posameznih krakov in globino vkopa $H = 0,6$ m je podan v tabeli 8.

Tabela 8: Faktor k_t v odvisnosti od dolžine krakov

l_k	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	100
k_t	1,52	1,63	1,73	1,80	1,86	1,91	1,95	1,99	2,03	2,05	2,07	2,24

Ozemljitve bomo položili pri novi mTP/K ob novem 20 kV povezovalnem kablovodu v dolžini 100 m v smeri Dolnje Brige in v dolžini 100 m v smeri Stružnice. Dodatno bomo položili še krak valjanca v dolžini 20 m v smeri severa in v jarku gozdne ceste z dvema krakoma v dolžini po 25 m.

Skupna ponikalna upornost krakov

$$R_K = \frac{k_t \cdot \rho_E}{l_K} \cdot k_s = \frac{2,24 \cdot 600}{270} \cdot 1 = 4,9 \Omega \quad (20)$$

2.7.2.3. Dimenzioniranje pri mTP/K Stružnica

Zaščitne ozemljitve bomo izvedli pri mTP/K s polaganjem ozemljitvenega valjanca v jarek ob 20 kV kablovodu in NN kablovodu.

Zaščitno ozemljitev pri TP bomo dimenzionirali z ozirom na $R_d \leq 5 \Omega$, zaradi vgrajenih odvodnikov prenapetosti na SN in NN strani.

Specifična upornost tal na mestu polaganja ozemljitev znaša v povprečju $\rho_E = 330 \Omega\text{m}$.

Izračun potrebne dolžine valjanca

$$L_k = \frac{k_t \cdot \rho_E}{R_d} \cdot k_s = \frac{2,24 \cdot 330,0}{5,0} \cdot 1,0 = 148 \text{ m} \quad (21)$$

Ozemljitve bomo položili pri novi mTP/K ob novem 20 kV povezovalnem kablovodu v dolžini 100 m in ob novem NN kablovodu v dolžini 50 m. Dodatno bomo položili ob gozdni cesti krak valjanca v dolžini 15 m in ob gozdni vlaki v dolžini 30 m.

Skupna ponikalna upornost novih krakov

$$R_K = \frac{k_t \cdot \rho_E}{l_v} \cdot k_s = \frac{2,24 \cdot 330}{195} \cdot 1 = 3,5 \Omega \quad (22)$$

2.7.2.4. Oblikovanje napetostnega potenciala v okolici TP

Dopustna napetost dotika za združene ozemljitve in za TN sistem po pravilniku o zaščiti nizkonapetostnih omrežij in pripadajočih TP (SIST EN 50522) znaša $U_d = 405 \text{ V}$. Ta vrednost velja za zunaj TP in čas izklopitve 20 kV daljnovoda $t_{iz} = 0,3 \text{ s}$ (izklop v RTP ob zemeljskem stiku).

Napetostni potencial za zaščito pred napetostjo koraka oblikujemo z enim potencialnim obročem. Teoretično tudi zadošča en obroč, ker je napetost ozemljitve manjša od 1200 V. V našem primeru bomo položili tako eden potencialni obroč na oddaljenosti 1 m od ohišja mTP/K. Na TP/K valjanec pritrdimo na prirejeno mesto.

Poleg opisanega potencialnega obroča bomo pri mTP/K izvedli še dodatno izenačitev potenciala. Ležišče postaje bomo poravnali z betonsko ploščo debeline 20 cm. V to ploščo bomo položili Fe mrežo. Vogale mreže bomo povezali s potencialnim obročem.

Skupna ponikalna upornost zaščitne ozemljitve pri TP

$$R_{TP} = R_K = 4,9 \Omega \text{ mTP/K Rake}$$

$$R_{TP} = R_K = 3,5 \Omega \text{ mTP/K Stružnica}$$

2.7.3. Ozemljitve na NN omrežju

2.7.3.1. Združena ozemljitev na NN omrežju

Izvedba ozemljitve	: združena ozemljitev
Sredjenapetostna nevtralna točka	: indirektno ozemljena, nizkoomski upor
Vrsta napajalnega sistema	: TN sistem

2.7.3.2. Osnovni pogoji

- nevtralni vodnik mora biti dobro ozemljen, torej mora biti ozemljen na več mestih in upornost obratovalne ozemljitve v dovoljenih mejah,
- skupna upornost vseh obratovalnih ozemljitev nizkonapetostnega omrežja obravnavane TP načeloma ne sme presegati vrednosti $R_B = 3 \Omega$ kar velja predvsem za nadzemno omrežje,
- nevtralni vodnik se poveže z zaščitno ozemljitvijo pri TP,
- na vseh NN izvodih in odcepih dolžine nad 200 m ne sme skupna upornost vseh ozemljitev na zadnjih 200 m dolžine voda presegati vrednosti 10Ω (izjemoma je ta vrednost lahko tudi večja, če so na koncu takega voda stavbe z izvedenim temeljnim ozemljilom in izenačitvijo potencialov),
- zgoraj citirane zahteve glede razporeditve in kvalitete ozemljil veljajo načeloma tudi v NN omrežju, izvedeni s podzemnimi ali samonosnimi kabli,
- nevtralni vodnik se ozemlji povsod tam, kjer so nameščeni prenapetostni odvodniki. željeno je, da upornost takih ozemljitev ne presega vrednosti 5Ω ,
- skupna upornost združene ozemljitve (pri TP in na NNO) sme znašati največ $R_{zdr} \leq 2,7 \Omega$, ker je izklopni čas $t_{iz} = 0,3$ s in tok zemeljskega stika v RTP omejen na $I_z = 150$ A ($U_d = 405$ V).

2.7.3.1. Izračun ozemljitev na NN omrežju mTP/K Rake

Obratovalne ozemljitve bomo izvedli pri NN omari SOR na Rakah s polaganjem ozemljitvenega valjanca v skupni jarek z NN kablom in v samostojne tri jarke.

Obratovalno ozemljitev bomo dimenzionirali z ozirom na $R_d \leq 5 \Omega$, zaradi vgrajenih odvodnikov prenapetosti.

Specifična upornost tal na mestu polaganja ozemljitev znaša v povprečju $\rho_{E1} = 330 \Omega\text{m}$.

Izračun potrebne dolžine valjanca

$$L_{k1} = \frac{k_t \cdot \rho_{E1}}{R_1} \cdot k_s = \frac{2,24 \cdot 330,0}{5,0} \cdot 1,0 = 148 \text{ m} \quad (23)$$

Ozemljitveni valjanec bomo položili v jarek ob NN kablu v dolžini 100 m. Dodatno bomo položili še dva kraka v dolžini po 30 m in krak v dolžini 15 m.

Ponikalna upornost tako položenih ozemljitev

$$R_1 = \frac{k_t \cdot \rho_E}{L_{k1}} \cdot k_s = \frac{2,24 \cdot 330,0}{175} \cdot 1 = 4,3 \, \Omega \quad (24)$$

$$R_B = R_1 = 4,3 \, \Omega$$

4,3 Ω \leq 5,0 Ω kar pomeni, da obratovalna ozemljitev obravnavane mTP/K ustreza predpisanim zahtevam.

2.7.3.2. Izračun ozemljitev na NN omrežju mTP/K Stružnica

Obratovalne ozemljitve bomo izvedli pri NN omari SOR2 na Stružnici s polaganjem ozemljitvenega valjanca v skupni jarek z NN kablom. Dodatno bomo položili še dva glavna kraka, ki jih bomo dodatno dodali več krajših krakov.

Obratovalno ozemljitev bomo dimenzionirali z ozirom na $R_d \leq 5 \, \Omega$, zaradi vgrajenih odvodnikov prenapetosti.

Specifična upornost tal na mestu polaganja ozemljitev znaša v povprečju $\rho_{E2} = 180 \, \Omega\text{m}$.

Izračun potrebne dolžine valjanca

$$L_{k2} = \frac{k_t \cdot \rho_{E2}}{R_2} \cdot k_s = \frac{2,24 \cdot 180,0}{5,0} \cdot 1,0 = 81 \, \text{m} \quad (25)$$

Ozemljitveni valjanec bomo položili v jarek ob NN kablu v dolžini 50 m. Prvemu dodatnemu kraku v dolžini 30 m bomo dodatno dodali še pet krakov dolžine po 10 m. Drugemu dodatnemu kraku v dolžini 20 m pa bomo dodatno dodali še tri krake dolžine po 8 m.

Ponikalna upornost tako položenih ozemljitev

$$R_2 = \frac{k_t \cdot \rho_{E2}}{L_{k2}} \cdot k_s = \frac{2,24 \cdot 180,0}{174} \cdot 1 = 2,3 \, \Omega \quad (26)$$

$$R_B = R_2 = 2,3 \, \Omega$$

2,3 Ω \leq 5,0 Ω kar pomeni, da obratovalna ozemljitev obravnavane mTP/K Stružnica ustreza predpisanim zahtevam.

2.7.4. Kontrola združene ozemljitve***Kontrolo združene ozemljitve Rake***

$$R_{zdr} = \frac{1}{\frac{1}{R_{TP}} + \frac{1}{R_B}} = \frac{1}{\frac{1}{4,9} + \frac{1}{4,3}} = 2,3 \, \Omega \quad (27)$$

$2,3 \Omega \leq 2,7 \Omega$ kar pomeni, da projektirana ozemljitev mTP/K Rake ustreza predpisanim zahtevam.

Napetost ozemljila

$$U_{oz} = R_{zdr} \cdot I_z = 2,3 \Omega \cdot 150 \text{ A} = 345 \text{ V} < U_d = 405 \text{ V} \quad (28)$$

Kontrolo združene ozemljitve Stružnica

$$R_{zdr} = \frac{1}{\frac{1}{R_{TP}} + \frac{1}{R_B}} = \frac{1}{\frac{1}{3,5} + \frac{1}{2,3}} = 1,4 \Omega \quad (29)$$

$1,4 \Omega \leq 2,7 \Omega$ kar pomeni, da projektirana ozemljitev mTP/K Stružnica ustreza predpisanim zahtevam.

Napetost ozemljila

$$U_{oz} = R_{zdr} \cdot I_z = 1,4 \Omega \cdot 150 \text{ A} = 210 \text{ V} < U_d = 405 \text{ V} \quad (30)$$

Iz izračuna je razvidno, da bo tako izvedena ozemljitev ustrezala pogojem združene ozemljitve za TN sistem iz *točk 2.7.2.1 in 2.7.3.2*.

Lokacije ozemljitev so razvidne v situaciji ozemljil v prilogi. Na isti risbi so navedene tudi izvedbe posameznih ozemljitev (število krakov, dolžina kraka v m), ki je določena z izračuni.

Za doseg čim ugodnejših ozemljitvenih razmer na NN mreži je treba poleg predvidenih ozemljitev izkoristiti še vse ostale možnosti (zveza nevtralnega vodnika s kovinskim vodovodnim omrežjem, strelovodno napravo, izenačevanje potencialov v zgradbah ipd.), ki se ugotovi ob sami realizaciji objekta.

2.7.5. Polaganje ozemljitev

Vse ozemljitve bomo izvedli s tračnim ozemljilom – s pocinkanim valjancem Fe-Zn 25 x 4 mm, zakopanim v globino 0,6 m (obroč na 0,5 m). Vsi spoji med posameznimi deli ozemljitvene naprave, kakor tudi prehodi v zemljo morajo biti izvedeni v skladu s tehničnimi predpisi in antikorozijsko zaščiteni z ustreznimi premazi (katran, plastična masa).

Pri polaganju krakov mora biti kot med njimi vsaj 60°. Povsod naj se stremi k izvedbam večjega števila krajših krakov (glej prilogo).

Posebno skrbno je treba izvesti zasipanje valjanca. Za boljši odvod energije v kanal najprej nasujemo dobro zemljo debeline 10 cm, nato valjanec, nato zopet zemljo (glino) 20

cm. Do vrha kanal zasujemo z materialom od izkopa kanala. Ves odvečni material s trase odstranimo. Če zemlje ni na voljo, jo je treba pripeljati od drugje.

Opozorilo!

Po polozitvi projektiranih ozemljitev je treba izvesti njihovo kontrolo (meritve) z ozirom na pogoje, ki smo jih predpisali. Pogoji, ki so navedeni ob izračunih, morajo biti **obvezno** izpolnjeni. Če meritve pokažejo, da ozemljitve ne zadoščajo postavljenim pogojem, moramo položiti še dodatne ozemljitve.

O stanju ozemljitvene naprave je treba voditi stalno evidenco in jih redno kontrolirati na predvideno obdobje.

Po končanih delih je potrebno delovišče pospraviti (odstraniti ves neuporabljen material), urediti okolico mTP/K ter mesta kjer so se izvajala zemeljska dela. Odstraniti je potrebno ves odvečni odkopani material ter zemljo poravnati.

2.8. NAVODILO ZA DELO Z GRADBENIMI ODPADKI PRI IZVAJANJU INVESTICIJ

2.8.1. Splošno

Ob gradnji investicijskih objektov ali vzdrževalnih delih nastajajo gradbeni odpadki. Za gradbene odpadke je dolžan poskrbeti investitor ali naročnik vzdrževalnih del oziroma je le-ta dolžan zagotoviti, da se izvajalci del, ob izvajanju gradbenih del, kot so gradnje, rekonstrukcije, adaptacije, obnove ali odstranitve objektov, ravna po »Uredbi o ravnanju z odpadki, ki nastanejo pri gradbenih delih (Uradni list RS, št. 34/2008, ter Uredbi o odpadkih Uradni list RS, št. 37/2015)«.

Za dosego tega cilja je potrebno že pri pripravi razpisov za oddajo gradbenih del in pri sklepanju pogodb za izvedbo gradbenih del upoštevati »Uredbo o ravnanju z odpadki, ki nastanejo pri gradbenih del, ter Uredbo o odpadkih, to pa je opisano tudi v internem Delovnem navodilu o ravnanju z odpadki.

»Izvajalec se zavezuje, da bo ločeno zbiral odpadke in jih oddal zbiralcu gradbenih odpadkov v skladu z Uredbo o ravnanju z odpadki, ki nastanejo pri gradbenih delih (Uradni list RS, št. 34/2008), ter Uredbo o odpadkih (Uradni list RS št. 37/2015). Izvajalec mora ob vsaki oddaji pošiljke odpadkov zbiralcu gradbenih odpadkov potrditi evidenčni list določen s predpisom, ki ureja ravnanje z odpadki.

»V kolikor izvajalec ne odda odpadkov v skladu s predpisi, mu naročnik ne bo podpisal zapisnik končnega obračuna pogodbenih del.«

2.8.2. Ločeno zbiranje odpadkov

Odpadno železo. Vse odstranjene konzole, strešna stojala in drugo odpadno železo je potrebno odpeljati v poseben kontejner, ki je nameščen v skladišču drogov na sedežu distributivne enote Kočevje. Odpadno železo se mora odlagati v kontejnerje takoj, ko pride iz terena. Ne sme se ga odlagati na druga mesta.

Odpadni aluminij in kosi kablov. Tudi za tovrstne odpadke je nameščen poseben kontejner, kamor se odpeljejo vse vrste odpadnega aluminija, odstranjeni Al vodniki in vseh vrst odpadni kabli.

Ostanki kostanjevih in impregniranih drogov, porcelanasti izolatorji, varovalke, odvodniki prenapetosti se odpeljejo v poseben kontejner za komunalne odpadke, ki je nameščen v skladišču drogov na sedežu distributivne enote.

Odpadni baker in medenina. Za odpadni baker je v glavnem skladišču nameščen poseben manjši zabojnik, kjer se zbirajo omenjeni odpadki.

Gradbeni odpadki. Odvečni material pri odkopih, odstranjeni asfalt in drugi gradbeni odpadki se odpeljejo na komunalno deponijo mešanih odpadkov. Izvajalec gradbenih del mora prinesiti dokazilo o odvozu na deponijo v obliki evidenčnega lista.

Dotrajani drogov se odpeljejo na komunalno deponijo mešanih odpadkov. Izvajalec gradbenih del mora prinesiti dokazilo o odvozu na deponijo v obliki evidenčnega lista.

3. REKAPITULACIJA STROŠKOV INVESTICIJE IN SEZNAM MATERIALA

- situacija bodočega stanja (potek trase SN kablovoda, lokaciji mTP/K in NN razvoda z ozemljitvami) (**risba št. 1**)
- pogled z boka 1 in 2 mTP/K TEN 2/24 (**risba št. 2.1**)
- pogled levo - desno mTP/K TEN 2/24 (**risba št. 2.2**)
- tloris mTP/K TEN 2/24 (**risba št. 2.3**)
- enopolna shema mTP/K Rake (**risba št. 3.1**)
- enopolna shema mTP/K Stružnica (**risba št. 3.2**)
- gradbena jama in potencialna ozemljitev mTP/K (**risba št. 4**)
- vklop SN kablovoda in novih mTP/K v SN omrežje RTP Kočevje (**risba št. 5**)
- risba preseka EKK z 1xPVC cevjo fi 160 mm, PEHD 2xfi 50 mm in ozemljitveni valjanec (**risba št. 6.1**)
- risba preseka EKK z 1xPVC cevjo fi 160 mm in PEHD 2xfi 50 mm (**risba št. 6.2**)
- risba preseka EKK z 1xPVC cevjo fi 160 mm, PEHD 2xfi 50 mm in ozemljitveni valjanec po cesti (**risba št. 6.3**)
- risba preseka EKK z 1xPVC cevjo fi 160 mm in PEHD 2xfi 50 mm po cesti (**risba št. 6.4**)
- risba preseka EKK z 1xPVC cevjo fi 160 mm + 1xPVC cevjo fi 110 mm, PEHD 2xfi 50 mm in ozemljitveni valjanec (**risba št. 7.1**)
- risba preseka EKK z 1xPVC cevjo fi 160 mm + 1xPVC cevjo fi 110 mm in PEHD 2xfi 50 mm (**risba št. 7.2**)
- risba preseka EKK z 1xPVC cevjo fi 160 mm+ 1xPVC cevjo fi 110 mm , PEHD 2xfi 50 mm in ozemljitveni valjanec po cesti (**risba št. 7.3**)
- risba preseka EKK z 1xPVC cevjo fi 160 mm + 1xPVC cevjo fi 110 mm in PEHD 2xfi 50 mm po cesti (**risba št. 7.4**)
- risba preseka EKK z 1xPVC cevjo fi 110 mm in ozemljitveni valjanec (**risba št. 8.1**)
- risba preseka EKK z 1xPVC cevjo fi 110 mm (**risba št. 8.2**)
- risba preseka EKK z 1xPVC cevjo fi 110 mm in ozemljitveni valjanec po cesti (**risba št. 8.3**)
- risba preseka EKK z 1xPVC cevjo fi 110 mm po cesti (**risba št. 8.4**)
- izgled NN omare SOR 1 - Rake z opremo (**risba št. 9.1.1**)
- enopolna shema NN omare SOR 1 - Rake (**risba št. 9.1.2**)
- izgled NN omare SOR 1 – Pri TP Stružnica z opremo (**risba št. 9.2.1**)
- enopolna shema NN omare SOR 1 – Pri TP Stružnica (**risba št. 9.2.2**)
- izgled NN omare SOR 2 - Stružnica z opremo (**risba št. 9.3.1**)
- enopolna shema NN omare SOR 2 - Stružnica (**risba št. 9.3.2**)