



ICES
VIŠJA STROKOVNA ŠOLA

Diplomsko delo višješolskega strokovnega študija
Program: Elektroenergetika
Modul: Elektroenergetska učinkovitost in električne
instalacije

Rekonstrukcija NN omrežja, ki se napaja iz 20/0,4 kV TP Hajdina 3 (T-832)

Mentor: Matjaž Bobnar, univ. dipl. inž. el.
Mentor v podjetju: Franc Terbuc, dipl. inž. el.
Lektorica: Ines Zajšek, prof. slov.

Kandidat: Matej Predikaka

Barislovci, november 2018

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorju Matjažu Bobnarju, univ. dipl. inž. el., za pomoč pri izdelavi diplomske naloge.

Hvala g. Francu Terbucu, dipl. inž. el., za mentorstvo pri izdelavi diplomske naloge, Sašu Škorjancu, univ. dipl. inž. el., za pregled načrta in Konradu Visočniku iz podjetja Elektro Maribor, d. d., za pomoč in nasvete pri mojih prvih korakih pri projektiranju.

Zahvaljujem se tudi lektorici Ines Zajšek, ki je mojo diplomsko nalogo jezikovno in slovnično pregledala.

Posebno se zahvaljujem svoji družini za spodbude pri študiju.

--

IZJAVA

»Študent/ka Matej Predikaka izjavljam, da sem avtor/ica tega diplomskega dela, ki sem ga napisal/a pod mentorstvom Matjaža Bobnarja, univ. dipl. inž. el.«

»Skladno s 1. odstavkom 21. člena Zakona o avtorskih in sorodnih pravicah dovoljujem objavo tega diplomskega dela na spletni strani šole.«

Dne: _____

Podpis: _____

POVZETEK

Slovenska niskonapetostna omrežja so grajena v nadzemni in podzemni izvedbi. Nadzemno omrežje je bistveno bolj občutljivo na vremenske vplive kot pa podzemno omrežje. Želja elektrodistribucijskih podjetij je, da se distribucijskemu omrežju poveča robustnost in s tem uporabnikom omogoči kakovostno oskrbo z električno energijo. Novogradnje in rekonstrukcije niskonapetostnega omrežja se v večjem delu izvajajo v podzemni izvedbi.

Kot študijo primera naloga obravnava rekonstrukcijo niskonapetostnega omrežja, ki se napaja iz TP Hajdina 3 – nadomestna (T-832). Projekt zajema vključevanje nadomestno zgrajene transformatorske postaje v niskonapetostno omrežje in rekonstrukcijo dotrajanega prostozračnega niskonapetostnega omrežja. Rekonstrukcija je bila izvedena s kabliranjem. Projekt vsebuje opis izvedbe del, potrebnega materiala in predviden finančni okvir rekonstrukcije niskonapetostnega omrežja in vključitve nadomestne transformatorske postaje.

V prihodnje bo potrebno še v večji meri prilagajati razvoj omrežja v skladu z energetske politiko, katere osnovni namen je, da nam zagotovi zanesljivo in konkurenčno oskrbo na trajnosten način. Eden od načinov, da bomo to dosegli še v večji meri, je razvoj pametnega omrežja, s katerim bo omogočeno učinkovitejše upravljanje, hitrejše odkrivanje ter odpravljanje napak.

Cilj diplomske naloge je predstaviti rekonstrukcijo niskonapetostnega omrežja, ki se napaja iz TP Hajdina 3 – nadomestna (T-832).

KLJUČNE BESEDE: niskonapetostno omrežje, rekonstrukcija, podzemno omrežje, elementi NN omrežja.

ABSTRACT

Slovene low-voltage networks are installed above- and underground. Above ground low-voltage networks are fundamentally a lot more weather sensitive than underground networks.

Goal of electro distribution companies is to enlarge robustness of networks and in this way enable quality distribution of electric power to their consumers.

New system installations and reconstructions of low-voltage networks are primarily being placed as underground systems.

Study example of this diploma paper discusses reconstruction of low-voltage network, which is supplied by transformer TP Hajdina 3 – substation (T-832). This project includes additional installation of a substitutional transformer into the low-voltage network and reconstruction of the existing deteriorated overhead low voltage network. The reconstruction was carried out with calibration. The project includes execution of works description, required material and estimated financial plan of the low-voltage network reconstruction and substitutional transformer.

In the future it will be necessary to adjust the network development more and more in accordance to the energetic policy, of which the basic goal is to ensure reliable and competitive energy supply in a sustainable way. One of the methods how to achieve this most effectively is the development of smart networks. This networks will enable an even more effective operation and a quicker error detection and correction.

The goal of this diploma paper is to present reconstruction of low-voltage network, which is supplied from the transformer TP Hajdina 3 – substation (T-832).

KEYWORDS: low-voltage network, reconstruction, underground network, elements of LV network.

KAZALO

1	UVOD	1
1.1	Predstavitev problema.....	1
1.2	Cilji naloge	1
1.3	Predpostavke in omejitve	1
1.4	Metode dela	2
2	ELEKTROENERGETSKI SISTEM	3
2.1	Elektroenergetski sistem.....	3
2.2	Prenosno omrežje	3
2.3	Distribucijsko omrežje	4
2.4	Nizkonapetosno Omrežje	5
2.5	Razvojni načrt za NN omrežje 2017 do 2026	6
2.6	Načrtovanje NN omrežja	10
2.6.1	Podzemni ali nadzemni vod	11
2.6.2	Izbira načina polaganja kabla	11
2.6.3	Gradnja Elektro kabelske kanalizacije	12
2.6.4	Dimenzije jarka	12
2.6.5	Opozorilni trak.....	14
2.6.6	Elektro kabelski jaški.....	14
2.6.7	Izbira kablov	14
2.6.8	Označevanje NN kablov.....	14
2.6.9	Presek kabla	17
2.6.10	Referenčna impedanca v NN omrežju	17
2.6.11	Največji dovoljeni računski padec napetosti.....	18
2.6.12	Nadtokovna zaščita kablov	19
2.6.13	Kontrola pregoretega varovalk.....	19
2.6.14	Prenapetostni odvodniki	21
2.6.15	Elektro omarice	21
2.6.16	Notranja oprema omarice	21
3	OBSTOJEČE STANJE TP HAJDINA 3 (T-163).....	22
3.1	OPIS TP HAJDINA 3 (T-163)	22
3.2	OSNOVNI PODATKI tp hAJDINA 3 (t-163)	23
3.3	TP Hajdina 3 – nadomestna (T-832)	23
3.4	ARGUMENTACIJA PREDVIDENIH DEL.....	24
4	NAČIN IZVEDBE DEL IN IZRAČUNI PRI REKONSTRUKCIJI NN OMREŽJA	25
4.1	Predvideni material	25
4.2	Izvedba del.....	25
4.2.1	Gradbeni del	26
4.2.2	Elektromontažni del.....	26
5	REKONSTRURIRANO NN OMREŽJE IZ TP HAJDINA 3 - NADOMESTNA (T-832).....	34
5.1	Osnovni podatki rekonstruiranega območja	34

5.1.1	Potreben material za nov izvod 1	35
5.1.2	Predvidena dela na izvodu 1	35
5.2	Zaščita NN omrežja	39
4.4.1	Nadtokovna in kratkostična zaščita	39
4.4.2	Zaščita pred električnim udarom	39
4.4.3	Zaščita pred atmosferskimi prenapetostmi	39
5.3	Preverjanje ustreznosti izbranih vodnikov na izvodu 1.....	40
5.3.1	Padci napetosti in faktor induktivnosti.....	40
5.3.2	Izračunani tokovi	41
5.3.3	Termična kontrola obremenitve	42
5.3.4	Ustreznost kablov.....	42
5.4	Križanja.....	42
5.4.1	Medsebojno približevanje energetskih kablovodov.....	42
5.4.2	Križanje NN kabla s kolovoznimi cestami in poljskih potmi	43
5.4.3	Križanje NN kabla s cestami in dovoznimi potmi	43
5.4.4	Križanje in vzporedni potek s telekomunikacijski in CATV kabli.....	43
5.4.5	Križanje in vzporedni potek s cevmi vodovoda	43
5.5	Varstvo okolja in ravnanje z odpadki	44
6	ZAKLJUČKI.....	45
7	LITERATURA IN VIRI	47
8	PRILOGE	49

KAZALO SLIK

Slika 1: Elektroenergetski sistem.....	3
Slika 2: prenosno omrežje	4
Slika 3: Predviden fizični obseg novogradenj in rekonstrukcije NN omrežja za 2017-2026.....	6
Slika 4: Fizični obseg novogradenj v NN omrežja za 2017-2026	7
Slika 5: Fizični obseg rekonstrukcije NN omrežja za 2017-2026.....	8
Slika 6: Velikost fizični obseg vlaganje v NN omrežja za 2017-2026	9
Slika 7: Delež NN podzemnih vodov v NN omrežja za 2017-2026.....	10
Slika 8: karakteristični presek kablanskega jarka EKK.....	13
Slika 9: TP Hajdina 3 (T-163)	23
Slika 10: TP Hajdina 3-nadomestna (T-832) v izgradnji.....	24
Slika 11: Prerez kablanskega jarka za polaganje NN kabla	27
Slika 12: Prerez kablanskega jarka za polaganje NN in SN kabla v isti jarek.....	28
Slika 13: Prerez kablanskega jarka pri križanju s prometnimi potmi.....	29

KAZALO TABEL

Tabela 1: Tabela vseh omejitev na NN izvodu.....	17
Tabela 2: Najmanjši polmer krivljenja in največja sila vlečenja za vodnike	30
Tabela 3: Polmer krivljenja in vlečnih sil	37
Tabela 4: Nadtokovna zaščita za posamezne izvode	39
Tabela 5: Izbira dolžine ozemljila, glede na specifično upornost tal	40
Tabela 6: Padci napetosti in faktor induktivnosti na izvodu 1	40
Tabela 7: Legenda oznak v tabelah izračuna padcev napetosti in faktorja induktivnosti	41
Tabela 8: Toki na izvodu 1	41
Tabela 9: Legenda oznak v tabelah izračuna tokov	41
Tabela 10: kontrola termične obremenitve za izvod 1	42
Tabela 11: Legenda oznak v tabelah izračuna kontrole termične obremenitve	42

KRATICE IN AKRONIMI

TP	- transformatorska postaja
EM	- Elektro Maribor
OE	- območna enota
GIZ	- gospodarsko interesno združenje
NN	- nizkonapetostno
SN	- srednjenapetostno
VN	- visokonapetostno
SAIDI	- indeks povprečnega trajanja prekinitve sistema

EKK	- elektro kabelska kanalizacija
EPC	- elektro plastična cev
PVC	- polivinilklorid
PEHD	- polietilenske tlačne cevi
EKJ	- elektro kabelski jarek
UV	- ultravijolično valovanje
CE	- evropska skladnost
TS	- tehnične specifikacije
Cu	- baker
Al	- aluminij
PEN	- ozemljitveno nevtrarno
TSN	- tovarna stikalnih naprav
PP	- Perutnina Ptuj
CATV	- kabelska televizija
TK	- telekomunikacijski kablovod
DES	- distribucijski elektrosistem
PS-RO	- prostostoječa razdelilna omarica
PS-RMO	- prostostoječa razdelilno merilna omarica
V-PMO	- vgradna priključno merilna omarica
SODO	- sistemski operater distribucijskega omrežja
ELES	- sistemski operater prenosnega elektroenergetskega omrežja

1 UVOD

1.1 PREDSTAVITEV PROBLEMA

Vsak sistem, objekt in stroj ima življenjsko dobo, tako ima tudi nizkonapetostno omrežje kot celota svojo življenjsko dobo. Skozi leta sestavni deli omrežja dotrajajo, pri nadzemnih vodih so najbolj ranljiva oporišča. Vloga električne energije se skozi leta spreminja. V prihodnosti je pričakovati nadaljnjo rast porabe električne energije, zato je temu trendu potrebno slediti tudi pri rekonstrukciji električnega omrežja. Povečanje potreb po električni energiji zahteva nadgradnjo obstoječe infrastrukture. Pri nadgradnji velikokrat naletimo na težave, ki od nas zahtevajo premislek o smiselnosti obnove. Od upoštevanju vseh kriterijev se odločamo med smotrnostjo obnove ali nadomestne gradnje. Pri novih oziroma nadomestnih gradnjah moramo upoštevati obstoječe potrebe porabnikov električne energije in pričakovane potrebe v prihodnje. Pri izgradnji moramo upoštevati vse veljavne kriterije. Kriteriji za načrtovanje nizkonapetostnega omrežja se niso spreminjali že dolgo časa, zato je delo načrtovanja še toliko težje. Pri gradnji nizkonapetostnega omrežja je pomemben padec napetosti. Zakonodaja pravi, da padec napetosti ne sme biti večji kot 10 %, zaradi omejitev pri regulaciji napetosti, kakovosti in stroškov izgub naj ne bi bili padci večji kot 8 %. Pri načrtovanju nizkonapetostnega omrežja moramo upoštevati dolgoročno povečanje obremenitve, zato načrtujemo nove gradnje na največji padec 5 %. Pomemben kriterij predstavlja referenčna impedanca nizkonapetostnega omrežja. Dodaten izziv v prihodnje predstavljata velika integracija obnovljivih virov energije in delež električnih vozil.

1.2 CILJI NALOGE

V diplomski nalogi smo opisali področje načrtovanja nizkonapetostnega omrežja, podali bistvene kriterije za načrtovanje nizkonapetostnega omrežja in pravilno izvedbo podzemnega nizkonapetostnega omrežja. Izdelano je tehnično poročilo za izvedbo rekonstrukcije nizkonapetostnega omrežja, ki se napaja iz transformatorske postaje Hajdina 3 (T-832). Bistveni deli tehničnega poročila so izračun pomembnih veličin, določitev materiala, izdelava načrta za polaganje kablov in ocena stroškov.

1.3 PREDPOSTAVKE IN OMEJITVE

Pri izdelavi projektne dokumentacije (tehničnega poročila) je težko predvideti vse okoliščine, ki se bodo pojavile v nadaljevanju. Težave se pojavijo pri pridobivanju služnostnih pogodb, saj se nemalokrat lastniki zemljišč ne strinjajo s posegi na njihovem zemljišču, zato je potrebno traso kablovoda spreminjati in jo uskladiti z lastnikom. Veliko oviro nam predstavlja tudi obstoječa komunalna infrastruktura. Na področju predvidenih del potekajo plinovod, kanalizacija, elektroenergetski vodi,

vodovod, telefonsko omrežje in omrežje za kabelsko televizijo. Tip izbire kabla je določen v skladu s smernicami podjetja in to je NA2XY. Tip kabla ustreza vsem zahtevam, zaradi materiala izolacije ima večje prenosne zmogljivosti, je pa manj odporen na mehanske vplive okolice kot drug tip z izolacijo iz HDPE materiala. Na delih, kjer je pričakovano večje tveganje za mehanske poškodbe, ga polagamo v zaščitno cev.

1.4 METODE DELA

Pri izdelavi diplomske naloge smo uporabili več metod dela:

V teoretičnem delu smo uporabili metodo združevanja, saj smo združili zahteve iz različnih smernic in predpisov, prav tako smo združili raziskovalna dela različnih avtorjev. Metodo povzemanja smo uporabili, saj smo povzeli informacije iz različnih internetnih strani.

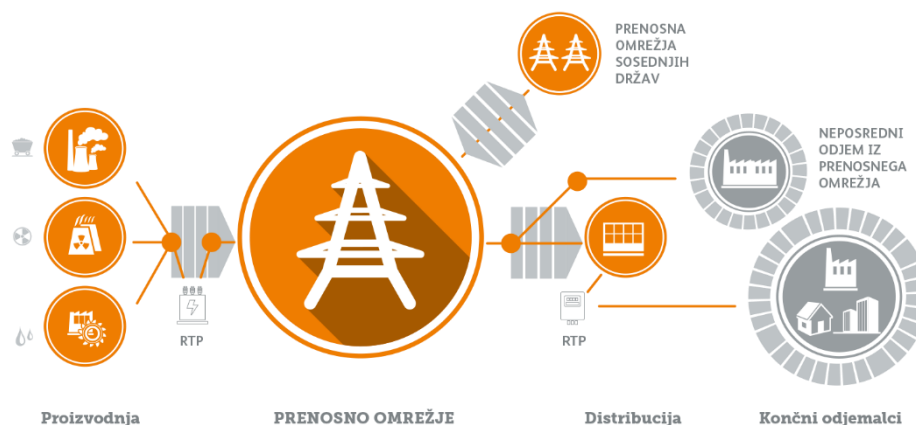
V praktičnem delu smo uporabili analitično metodo dela, saj smo razčlenili obstoječe stanje, z njo smo si pomagali tudi pri pripravi stroškovnega vidika. Opisno metodo dela smo uporabili, da smo opisali postopek dela na objektu.

V zaključku smo uporabili metodo sinteze, s katero smo teoretična izhodišča primerjali s praktičnim delom, primerjalna metoda je bila uporabljena za primerjavo s teoretičnimi izhodišči in odločitvami pri načrtovanju.

2 ELEKTROENERGETSKI SISTEM

2.1 ELEKTROENERGETSKI SISTEM

Imamo različne proizvajalce električne energije, ki primarne energije, kot so jedrska, kemična, gibalna ali potencialna, spreminjajo v električno energijo. Elektroenergetski sistem povezuje te proizvajalce preko prenosnega ali distribucijskega omrežja z uporabniki (vir: Eles, 2018).¹



Slika 1: Elektroenergetski sistem
(Vir: Eles, 2018)²

2.2 PRENOSNO OMREŽJE

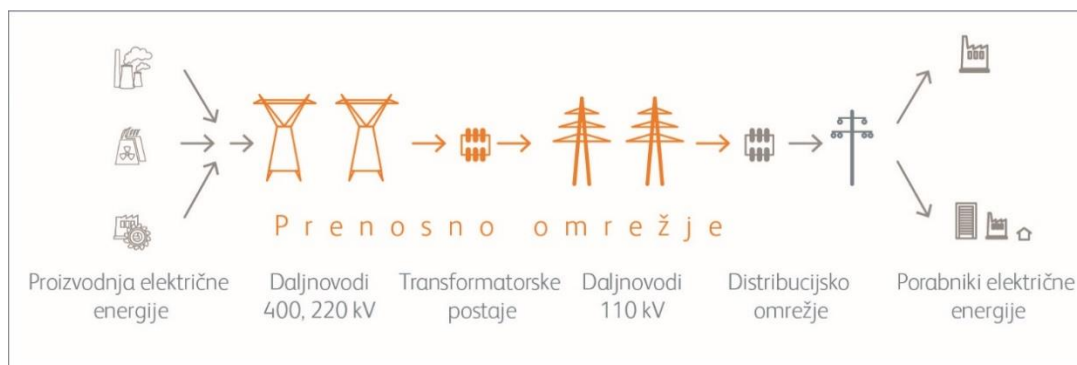
Prenosno elektroenergetsko omrežje služi prenosu električne energije od velikih proizvajalcev električne energije do območij koncentriranega odjema, ker se v razdelilno-transformacijskih postajah nanj priključijo distribucijska omrežja in največji odjemalci, kot so tovarne za proizvodnjo aluminija ali železarne. Prenosno omrežje v večji meri sestavljajo nadzemni vodi, redko podzemni vodi in razdelilne ali razdelilno-transformatorske postaje. Zaradi prenosa velikih moči se uporabljajo visoke ali najvišje napetosti. Napetostni nivoji prenosnega omrežja v Evropi so 110 kV, 220 kV in 400 kV. Prenosno omrežje služi tudi povezovanju nacionalnih elektroenergetskih sistemov (vir: Agencija za energetiko, 2018).³

¹ Na seznamu virov: Eles, Elektroenergetski sistem, pridobljeno 18. 9. 2018 z naslova: <https://www.eles.si/elektroenergetski-sistem>.

² Na seznamu virov: Eles, Elektroenergetski sistem, pridobljeno 18. 9. 2018 z naslova: <https://www.eles.si/elektroenergetski-sistem>.

³ Na seznamu virov: Agencija za energijo (2017), Električna energija, pridobljeno 18. 9. 2018 z naslova: <https://www.agen-rs.si/izvajalci/elektrika/prenosno-omrezje>.

Sistemske operater je odgovoren za zagotavljanje varnega in zanesljivega obratovanja prenosnega omrežja na 400, 220 in 110 kV napetostnem nivoju. Pri nas je to ELES, ki upravlja s skupno dolžino 2.859 km daljnovodov. Od teh je na 110 kV napetostnem nivoju 1.862 km, na 220 kV napetostnem nivoju 328 km ter na najvišjem napetostnem nivoju 400 kV v skupni dolžini 669 km (vir: esvet.si, 2018),⁴ (vir: Eles, 2018).⁵



Slika 2: Prenosno omrežje

(Vir: Eles, 2018)⁶

2.3 DISTRIBUCIJSKO OMREŽJE

Distribucijsko omrežje je priključeno na prenosno omrežje prek razdelilnih transformatorskih postaj. Poleg končnih odjemalcev so na distribucijsko omrežje priključeni tudi manjši proizvajalci električne energije. Operater distribucijskega sistema zagotavlja več kot 933.000 uporabnikom zanesljivo, varno in učinkovito oskrbo z električno energijo (vir: SODO, 31. 12. 2017).⁷ Distribucijsko omrežje deluje na treh napetostnih nivojih. Visokonapetostni nivo (napetost nad 35 kV) obsega 867 km vodov in 191 VN/SN transformatorjev. Sredjenapetostni nivo, v katerega spadajo napetosti med 1 kV in 35 kV, obsega 16.654 km vodov, 36 SN/SN transformatorjev in 16087 SN/NN transformatorjev. V nizkonapetostni nivo spadajo napetosti pod 1 kV, dolžina teh vodov je 45.023 km (vir: esvet.si, 2018).⁸

⁴ Na seznamu virov: Esvet.si, Elektroenergetski sistem, pridobljeno 20. 9. 2018 z naslova: <http://www.esvet.si/energija/elektroenergetski-sistem>.

⁵ Na seznamu virov: Eles, Elektroenergetski sistem, pridobljeno 18. 9. 2018 z naslova: <https://www.eles.si/elektroenergetski-sistem>.

⁶ Na seznamu virov: Eles, Elektroenergetski sistem, pridobljeno 18. 9. 2018 z naslova: <https://www.eles.si/elektroenergetski-sistem>.

⁷ Na seznamu virov: Sodo, Družba SODO, pridobljeno 20. 9. 2018 z naslova: <https://www.sodo.si/kdo-smo>.

⁸ Na seznamu virov: Esvet.si, Elektroenergetski sistem, pridobljeno 20. 9. 2018 z naslova: <http://www.esvet.si/energija/elektroenergetski-sistem>.

Javno službo distribucijskega operaterja električne energije na ozemlju Republike Slovenije izvaja družba SODO, d. o. o. Družba SODO, d. o. o., ima podeljeno koncesijo od dne 14. 6. 2007 za obdobje 50 let, ki določa naloge opravljanja systemskega operaterja distribucijskega omrežja električne energije. Na podlagi pogodbe o najemu elektrodistribucijske infrastrukture in izvajanju storitev za SODO izvajajo v imenu SODA dejavnosti naslednja distribucijska podjetja (vir: SODO, 31. 12. 2017):⁹

- Elektro Maribor, d. d.,
- Elektro Celje, d. d.,
- Elektro Ljubljana, d. d.,
- Elektro Gorenjska, d. d.,
- Elektro Primorska, d. d.

2.4 NIZKONAPETOSTNO OMREŽJE

Napetostni nivo za nizkonapetostno omrežje je do 1 kV. V to kategorijo spadajo napetosti, na katere se priključujejo gospodinjstva in industrija. V večini primerov je ta nivo 230/400 V, v industriji pa se pojavlja tudi nekaj drugih napetostnih nivojev.

Po podatkih iz strateške konference elektrodistribucije Slovenije iz leta 2017 je bila povprečna starost NN nadzemnega omrežja na dan 31. 12. 2015 v Sloveniji 29,5 let. Le nekaj boljše stanje je na podzemnem NN omrežju, kjer je povprečna starost omrežja 24,2 leti. Ta podatek je izračunan za štiri distribucijska podjetja, brez Elektro Primorske. Predvidena življenjska doba je določena s stopnjo amortizacije. Nadzemnih vodov s prekoračeno življenjsko dobo smo imeli v Sloveniji ob koncu leta 2015 24,3 %, za podzemne vode je na isti datum podan podatek 8,4 %. Zgoraj opisana kazalnika spadata v kategorijo fizične dotrajanosti. Poleg le-teh je pomembno tudi stanje NN omrežja iz vidikov njegove strukture, vrste in prerezov vodnikov ter dolžine izvodov iz transformatorskih postaj. Dotrajanost omrežja ima vpliv na kakovost napetosti, zmanjšuje se varnost in zanesljivost dobave, v omrežju se širi več motenj, pomemben razlog za obnovo omrežja je tudi možnost priključevanja novih odjemalcev, povečanje priključne moči obstoječim in priključevanje proizvajalcev električne energije (vir: 3. strateška konferenca elektrodistribucije Slovenije 2017, 2017).¹⁰

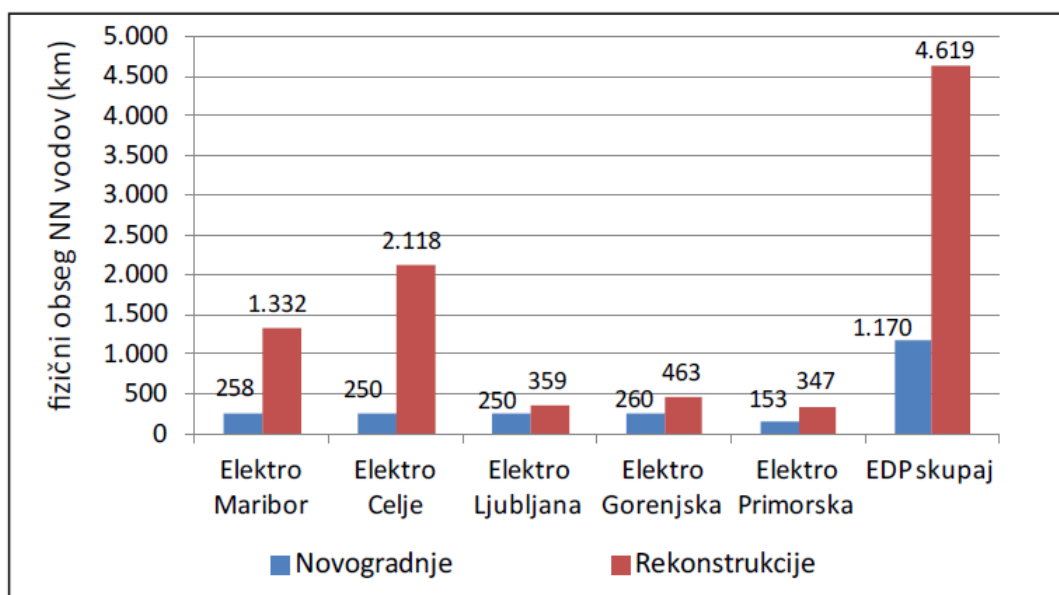
⁹ Na seznamu virov: Sodo, Družba SODO, pridobljeno 20. 9. 2018 z naslova: <https://www.sodo.si/kdo-smo>.

¹⁰ Na seznamu virov: GIZ, 3. strateška konferenca elektrodistribucije Slovenije 2017, 2017.

2.5 RAZVOJNI NAČRT ZA NN OMREŽJE OD 2017 DO 2026

Razlogi za odločitev za vlaganje v novogradnje in rekonstrukcijo obstoječega NN omrežja so predvsem povečanje obremenitev zaradi pričakovanih novih odjemalcev električne energije in povečanje priključne moči obstoječim odjemalcem, še en pomemben razlog je standard SIST 50160. Ta standard določa 13 značilnosti kakovosti napetosti. Pri nadzemnih vodih je najpogostejši razlog za dotrajanost NN omrežja v oporiščih. Elektrodistribucijska podjetja si želijo postopno povečati delež podzemnih vodov in s tem zvišati odpornost NN omrežja na vremenske vplive. Priključujejo se razpršeni proizvajalci električne energije, kar v določenih primerih zahteva gradnjo novih izvodov ali povečanje preseka obstoječih (vir: GIZ, 3. strateška konferenca elektrodistribucije Slovenije 2017, 2017).¹¹

Elektrodistribucijska podjetja za obdobje od 2017 do 2026 načrtujejo naslednji obseg novogradenj in rekonstrukcij NN omrežja.



Slika 3: Predviden obseg novogradenj in rekonstrukcije NN omrežja za obdobje 2017–2026

(Vir: 3. strateška konferenca elektrodistribucije Slovenije 2017, 2017)¹²

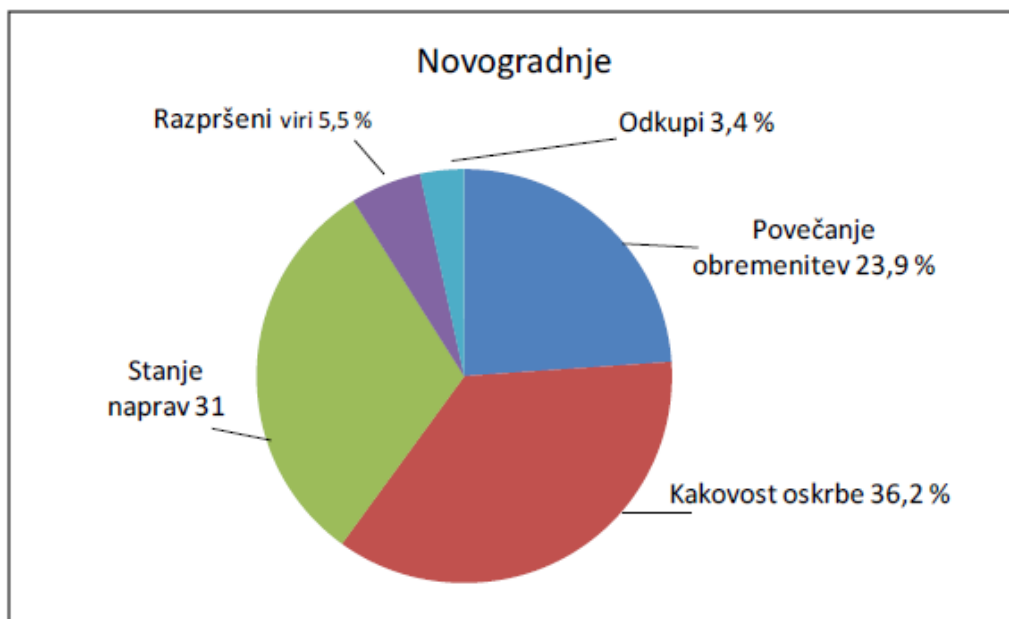
Elektrodistribucijska podjetja za obdobje 2017–2026 načrtujejo kar 89 % vseh novogradenj v podzemni izvedbi. Pri rekonstrukcijah predstavlja podzemna izvedba približno dve tretjini vseh rekonstrukcij. Elektro Gorenjska ima v načrtu novogradenj in rekonstrukcij zgolj podzemno omrežje. Za načrtovano obnovo in rekonstrukcije

¹¹ Na seznamu virov: GIZ, 3. strateška konferenca elektrodistribucije Slovenije 2017, 2017.

¹² Na seznamu virov: GIZ, 3. strateška konferenca elektrodistribucije Slovenije 2017, 2017.

predvidevajo elektrodistribucijska podjetja v naslednjem 10-letnem obdobju nameniti 182,9 milijona evrov (vir: GIZ, 3. strateška konferenca elektrodistribucije Slovenije 2017, 2017).¹³

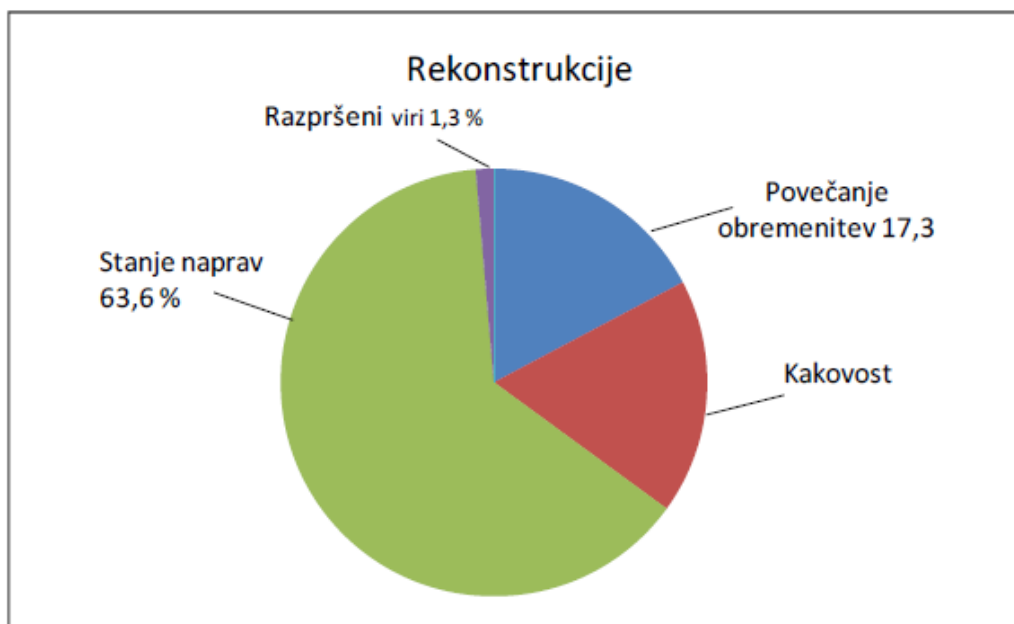
Na spodnjih dveh grafih (sliki 4 in 5) je predstavljen odstotek predvidenega obsega vlaganj v NN omrežje po vzrokih za odločitev v vlaganje.



Slika 4: Fizični obseg novogradenj v NN omrežja za obdobje 2017–2026 (Vir: 3. strateška konferenca elektrodistribucije Slovenije 2017, 2017)¹⁴

¹³ Na seznamu virov: GIZ, 3. strateška konferenca elektrodistribucije Slovenije 2017, 2017.

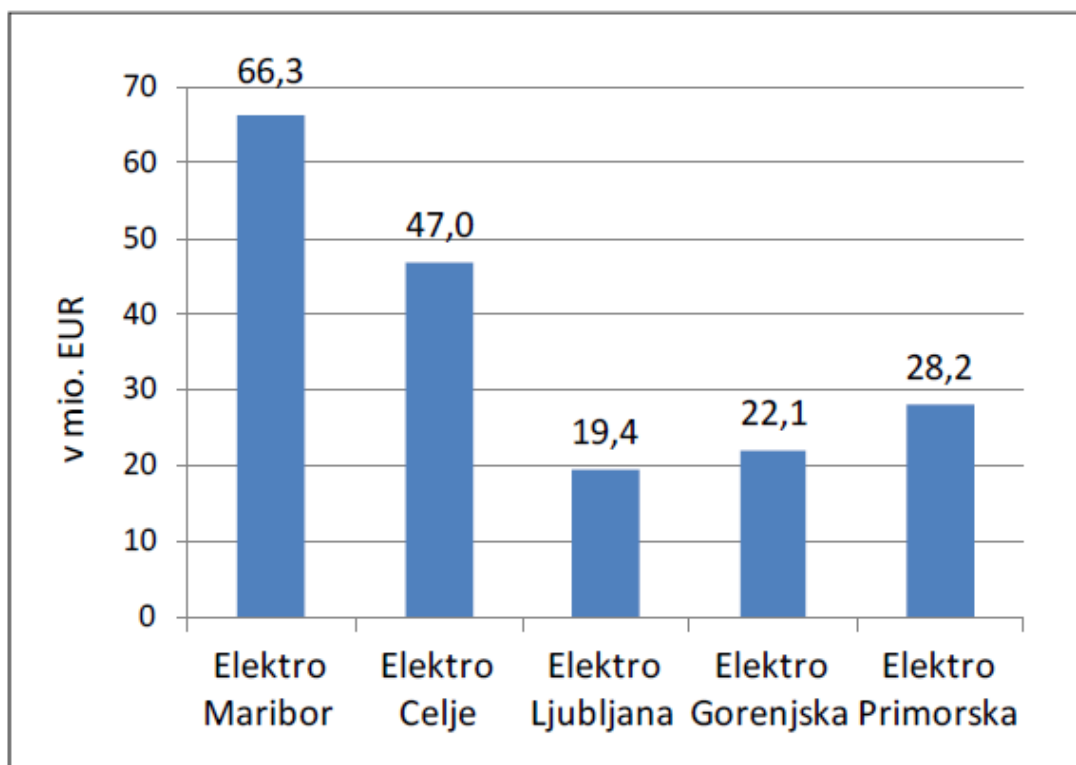
¹⁴ Na seznamu virov: GIZ, 3. strateška konferenca elektrodistribucije Slovenije 2017, 2017.



Slika 5: Fizični obseg rekonstrukcij NN omrežja za obdobje 2017–2026
(Vir: 3. strateška konferenca elektrodistribucije Slovenije 2017, 2017)¹⁵

Največja investicijska vlaganja v NN omrežja predvideva Elektro Maribor, sledi Elektro Celje, najmanjši obseg pa predvideva Elektro Ljubljana, višina investicij je prikazana na sliki 6.

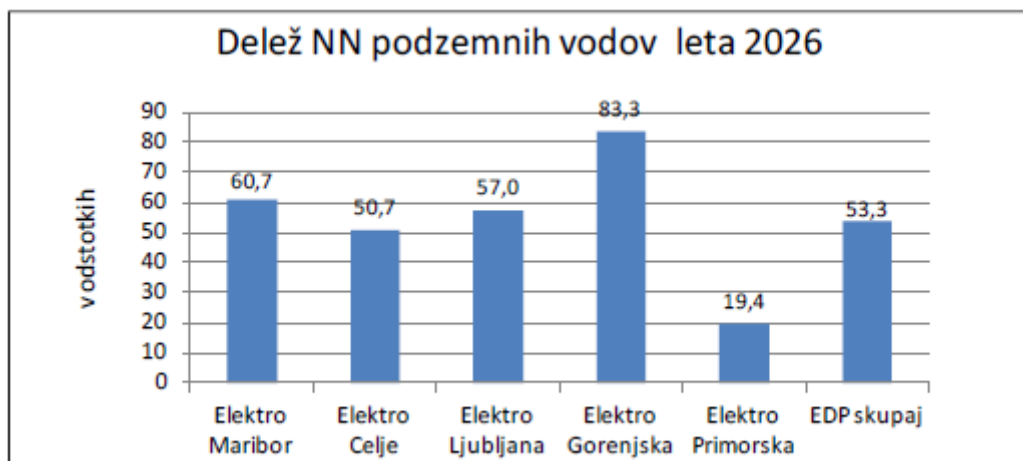
¹⁵ Na seznamu virov: GIZ, 3. strateška konferenca elektrodistribucije Slovenije 2017, 2017.



Slika 6: Obseg investicijskih vlaganj v NN omrežja za obdobje 2017–2026
(Vir: 3. strateška konferenca elektrodistribucije Slovenije 2017, 2017)¹⁶

Elektrodistribucijska podjetja nameravajo v obdobju od 2017 do 2026 povečati delež podzemnih vodov iz 49,2 %, kot jih je bilo leta 2015, na 53,3 %, do leta 2026. Posledično se bo zmanjšal delež dotrajanih NN vodov s prekoračeno predvideno dobo uporabe in znižala se bo povprečna starost naprav. Zagotovilo se bo možnost priključevanja novih odjemalcev električne energije. Izgube v NN omrežju se bodo zmanjšale. Z vlaganjem v omrežja se uresničujejo načrti Evropske unije na področju prometa in ogrevanja. Načrtovani delež podzemnih vodov za leto 2026 je prikazan na spodnji sliki.

¹⁶ Na seznamu virov: GIZ, 3. strateška konferenca elektrodistribucije Slovenije 2017, 2017.



Slika 7: Delež NN podzemnih vodov v NN omrežjih za leto 2026
(Vir: 3. strateška konferenca elektrodistribucije Slovenije 2017, 2017)¹⁷

2.6 NAČRTOVANJE NN OMREŽJA

Ministrstvo za infrastrukturo je na podlagi tretjega odstavka Energetskega zakona (Uradni list RS, št. 17/14 in 81/15) izdalo Pravilnik o zaščiti nizkonapetostnih omrežij in pripadajočih transformatorskih postaj, s katerim je določilo minimalne pogoje za zaščito NN omrežij in z njimi povezanih transformatorskih postaj. Ta pravilnik določa minimalne zahteve za zaščito pred električnim udarom, tokovno preobremenitvijo in prenapetostjo. Zaradi varnostnih zahtev je pomemben 4. člen: »Šteje se, da so izpolnjene zahteve tega pravilnika, če je zaščita nizkonapetostnih omrežij in pripadajočih transformatorskih postaj izvedena skladno z določbami tega pravilnika in v skladu z naslednjimi standardi:

- SIST EN 61936-1 Elektroenergetski postroji za izmenične napetosti nad 1 kV – 1. del: Skupna pravila,
- SIST EN 50522 Ozemljitve elektroenergetskih postrojev, ki presegajo 1 kV izmenične napetosti,
- SIST HD 60364-4-41 Nizkonapetostne električne inštalacije,
- 4-41. del: Zaščitni ukrepi – Zaščita pred električnim udarom,
- SIST HD 60364-4-442 Nizkonapetostne električne inštalacije,
- 4-442. del: Zaščitni ukrepi – Zaščita nizkonapetostnih inštalacij pred trenutnimi prenapetostnimi zaradi zemeljskega stika v visokonapetostnem sistemu in zaradi napak v nizkonapetostnem sistemu.« (Vir: Pravilnik o zaščiti nizkonapetostnih omrežij in pripadajočih transformatorskih postaj, 2015, str. 2)¹⁸

¹⁷ Na seznamu virov: GIZ, 3. strateška konferenca elektrodistribucije Slovenije 2017, 2017.

¹⁸ Na seznamu virov: Ministrstvo za infrastrukturo, Pravilnik o zaščiti nizkonapetostnih omrežij in pripadajočih transformatorskih postaj, 2015.

2.6.1 Podzemni ali nadzemni vod

Načrtovanje NN omrežja najprej zahteva premislek o izbiri nadzemnega ali podzemnega voda. Iz izkušenj vemo, da je za izboljšanje obratovalne zanesljivosti, zmanjšanje stroškov vzdrževanja in povečanje zadovoljstva odjemalcev ključnega pomena delež podzemnega omrežja v razmerju do nadzemnih vodov, kar se odraža v boljšem SAIDI in izboljšanem standardu kakovosti dobave. Zaradi teh razlogov stremimo k temu, da SN in NN omrežja gradimo v podzemni izvedbi.

Za izbiro izvedbe omrežja je bistveni faktor kategorija zemljišča, saj kategorija zemljišča bistveno vpliva na ceno izvedbe. Če je kategorija zemljišča do vključno IV. kategorije se odločimo za podzemno izvedbo omrežja, za kategorije višje od IV. oziroma, če je vsaj 50 % trase v V. kategoriji, se odločimo za nadzemni vod. Pomembno vlogo ima tudi lastništvo zemljišča, saj je potrebna ureditev služnosti za gradnjo in vzdrževanje omrežja. Pri izbiri trase se odločamo za tisto pot, ki zajema manj lastnikov zemljišč. Pri določanju trase se izogibamo tudi zaščiteni območij, gre predvsem za okoljevarstvene in arheološke okoliščine. Za odločanje med podzemnim ali nadzemnim vodom glede ekonomsko-tehničnega faktorja je v idejni zasnovi potrebna primerjava stroškov skozi celotno predvideno življenjsko dobo. (vir: GIZ, Smernice za gradnjo podzemnih vodov, junij 2014).¹⁹

2.6.2 Izbira načina polaganja kabla

Osnovni kriterij za izbiro načina polaganja kabla v zemljo je, da z najmanjšim stroškom zagotovimo energijo vsem uporabnikom in zadostimo vsem tehničnim zahtevam. Pri izbiri moramo upoštevati, da je investicijska vrednost elektro kableske kanalizacije v povprečju 4- do 5-krat višja kot neposredno polaganje kabla v zemljo. Zato velja, da ja najbolj smiselno polaganje kabla neposredno v zemljo. Praviloma velja, da se na področju mest uporablja EKK in kabelski betonski jaški ustreznih dimenzij po Tipizaciji izgradnje EKK. Pri dimenzioniranju je potrebno upoštevati nadaljnji razvoj omrežja, zato je potrebno v načrtovanju upoštevati dodatne rezervne cevi. Na primestnem območju se kable polaga neposredno v zemljo, EKK se izvede v primerih, kjer imamo večje število kablinskih vodov ali pa nam je nadaljnji dostop onemogočen. Na vaškem področju se kabel polaga direktno v zemljo, razen pri križanju cest in poti. Trase skozi gozd je potrebno prilagoditi gozdnim potem, če pa to ni mogoče, pa se je potrebno izogniti koreninam dreves. V primerih, kjer se koreninam dreves ni mogoče izogniti, je potrebno kabel položiti v cev. Neposredno v zemljo se kabel polaga tudi preko travnikov. Pri vseh načinih polaganja je potrebno upoštevati tudi ustrezno globino kableskega jaška (GIZ, Smernice za gradnjo podzemnih vodov, junij 2014).²⁰

¹⁹ Na seznamu virov: GIZ, Smernice za gradnjo podzemnih kablinskih vodov, junij 2014.

²⁰ Na seznamu virov: GIZ, Smernice za gradnjo podzemnih kablinskih vodov, junij 2014.

2.6.3 Gradnja elektro kableske kanalizacije

Za gradnjo EKK se uporabljajo samo notranje gladke EPC cevi premera 110 mm in 160 mm rdeče barve, izjemoma za daljše odseke vleke in večjih presekov kablov lahko tudi cevi premera 200 mm. Cevi premera 110 mm se praviloma uporabljajo za uvlek kablov do premera 50 mm, cevi premera 160 mm se uporabljajo za uvlek kablov premera med 50 mm in 80 mm. EKK se praviloma ne polaga v cestah po voznih pasovih, če pa se, naj bo trasa EKK vključno s protihrupnimi pokrovi umeščena na sredino voznega pasu, med obe kolesnici. Za križanje cest, vodotokov in drugih komunalnih vodov s podboji ali vodenim vrtanjem se uporabljajo debelostenske cevi PEHD (vodovodne), rezervne cevi se vgrajujejo samo tam, kjer so predvideni dodatni vodi. EKJ se uporabljajo samo tam, kjer je to potrebno, število in premer cevi se določi na podlagi potreb energetskega kabliranja, spodnji sloji so namenjeni SN vodom, zgornji pa NN kablom (vir: GIZ, Elektro kableska kanalizacija, september 2017).²¹

2.6.4 Dimenzije jarka

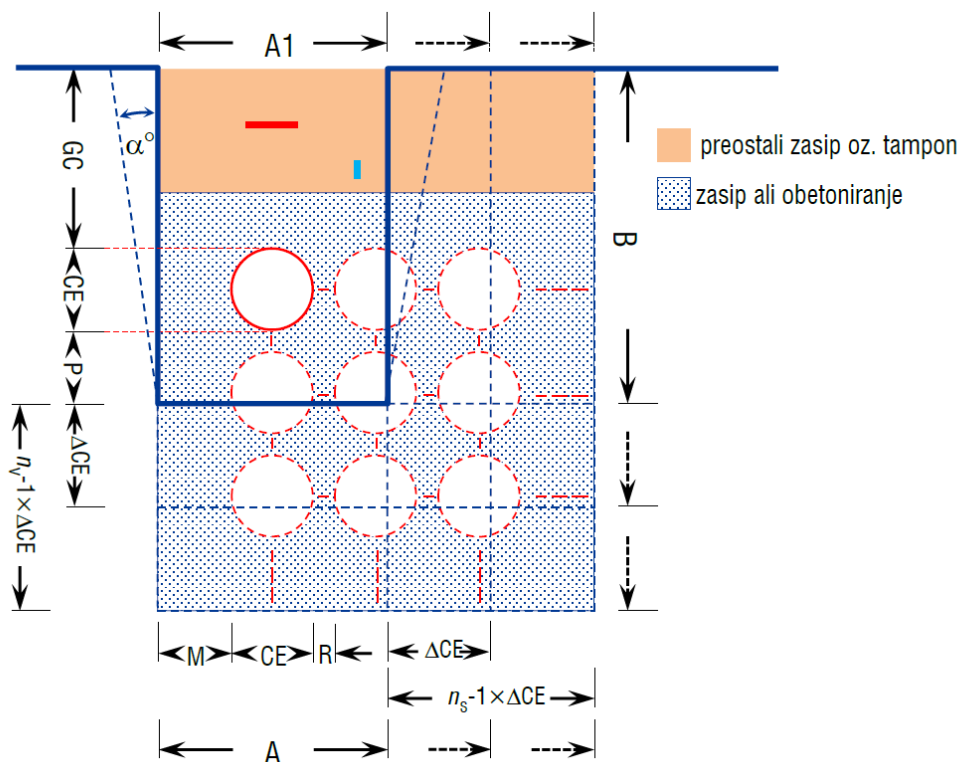
Pri določanju globine jarka je potrebno upoštevati število vrst cevi, medsebojno razdaljo med cevmi in debelino podlage (P), širina prostora za manipulacijo s cevmi (M) znaša 5 do 10 cm na zunanjih robovih prereza cevi, za jarke, globlje kot 1 m, je potrebno podpreti jarek iz obeh strani ali pa izvesti odpiranje ($\alpha > 0$, $A1 > A$).

Dimenzije jarka (A, A1 in B) so odvisne od (vir: GIZ, Elektro kableska kanalizacija, september 2017):²²

- mesta vgradnje in globine temena cevi,
- načina razporeditve cevi,
- števila cevi v vrsti,
- števila vrst cevi,
- premera cevi,
- razdalje med cevmi,
- širine prostora, potrebnega za manipulacijo s cevmi in
- minimalne razdalje od površine terena do temena cevi zgornje vrste, ki znaša:
 - za cevi, postavljene v nepovoznih površinah (zelenice, pločniki): 60 cm,
 - za cevi, postavljene v povozne površine (ceste, parkirišča): 80 cm,
 - za cevi, postavljene v kmetijske obdelovalne površine: 100 cm.

²¹ Na seznamu virov: GIZ, Elektro kableska kanalizacija, september 2017.

²² Na seznamu virov: GIZ, Elektro kableska kanalizacija, september 2017.



Slika 8: Karakteristični presek kabelskega jarka EKK
(Vir: GIZ, Elektro kabelska kanalizacija, september 2017)²³

Izračun jarka:

$$A = n_s \times CE + R \times (n_s - 1) + 2 \times M$$

$$B = n_v \times CE + R \times (n_v - 1) + GC + P$$

- A – širina dna jarka KK (cm),
 $A1$ – zgornja odprtina jarka KK (cm),
 B – globina jarka KK (cm),
 R – razmik med cevmi (cm),
 GC – minimalna globina cevi (cm),
 DCE – zunanji premer cevi (cm),
 ΔCE – dimenzijski pribitek vsake nove vrste ali niza cevi,
 M – prostor za manipulacijo pri palaganju (cm),
 P – podlaga (posteljica) oz. prekritje cevi (cm),
 n_v – število vrst cevi,
 n_s – število cevi v vrsti (število nizov),
 α° – kot poševnega izkopa.

²³ Na seznamu virov: GIZ, Elektro kabelska kanalizacija, september 2017.

(Vir: GIZ, Elektro kabelska kanalizacija, september 2017)²⁴

2.6.5 Opozorilni trak

Pred zasutjem jarka je pri polaganju kabla direktno v zemljo ali nad cevi potrebno položiti PVC-opozorilni trak, ki je rdeče barve s črnim napisom »POZOR ENERGETSKI KABEL«, v primeru širšega jarka (> 70 cm) je potrebno polaganje dveh trakov ob robovih trase (vir: GIZ, Elektro kabelska kanalizacija, september 2017).²⁵

2.6.6 Elektro kabelski jaški

Na mestih vertikalne in horizontalne spremembe trase energetskih kablov se vgradijo elektro kabelski jaški. Prav tako se vgradijo na mestih odcepov kabelske trase, na mestih kabelskih spojk. Lahko jih vgradimo tudi na ravnih delih trase, to počnemo zaradi lažje vleke kablov. Razdalje med jaški so odvisne od tipa, vrste in števila uporabljenih kablov. Na razdaljo vpliva tudi material cevi kabelske kanalizacije, navodila za vlečenje kablov in naprave za vlečenje kablov. Razdalje med kabelskimi jaški so med 50 in 100 m, izjemoma ob upoštevanju varnostno tehničnih pravil lahko tudi več in so omejeni z možnostjo uvleke, predvleke in silami na kabel pri vleki (vir: GIZ, Elektro kabelska kanalizacija, september 2017).²⁶

2.6.7 Izbira kablov

Kabli nazivne napetosti $U_0/U = 0,6/1$ kV se uporabljajo v omrežjih izmenične napetosti, v katerih največja napetost pri normalnih obratovalnih pogojih ne preseže nazivne napetosti kabla, povezane za 20 %; $U_m = 1,2 \times U$ (kV) (vir: Smernice in navodila za izbiro, polaganje in prevzem elektroenergetskih kablov nazivne napetosti 1 kV do 35 kV, 2011).²⁷

2.6.8 Označevanje NN kablov

Oznako kabla sestavlja skupina črk in številka, ki po vrsti označujejo konstrukcijo kabla od sredine kabla (vodnika) navzven (plašč), pri tem se ne označujejo vodnik iz bakra, izolacija iz papirja, notranji in zunanji prevodni plašči, skupni koncentrični ekran (vir: Smernice in navodila za izbiro, polaganje in prevzem elektroenergetskih kablov nazivne napetosti 1 kV do 35 kV, 2011).²⁸

²⁴ Na seznamu virov: GIZ, Elektro kabelska kanalizacija, september 2017.

²⁵ Na seznamu virov: GIZ, Elektro kabelska kanalizacija, september 2017.

²⁶ Na seznamu virov: GIZ, Elektro kabelska kanalizacija, september 2017.

²⁷ NA seznamu virov: Elektroinštitut Milan Vidmar, Smernice in navodila za izbiro, polaganje in prevzem elektroenergetskih kablov nazivne napetosti 1 kV do 35 kV, september 2011.

²⁸ Na seznamu virov: Elektroinštitut Milan Vidmar, Smernice in navodila za izbiro, polaganje in prevzem elektroenergetskih kablov nazivne napetosti 1 kV do 35 kV, september 2011.

Primer oznake kabla (vir: GIZ, NN energetske kabli 1 kV, 2013):²⁹

N A 2X Y - J 4 × 150 SM + 2,5 RE 0,6/1kV
 1 2 3 5 6 7 8 9 10 11

1. Indikator označevanja po standardu

N – oznaka za kabel po SIST HD standardu

2. Vodnik

A – vodnik iz aluminija

_ – bakreni vodnik (brez oznake)

3. Izolacija

Y – polivinilklorid (PVC)

2X – omreženi polietilen (XLPE)

5. Plašč

Y – polivinil klorid (PVC)

2Y – termoplastični polietilen (PE)

6. Zaščitni vodnik

O – brez rumeno-zelene žile

J – z rumeno-zeleno žilo

7. Število žil

8. Nazivni prerez v mm²

9. Oblika vodnika

R – okrogel vodnik

S – sektorski vodnik

E – polni vodnik

M – večžilni vodnik

10. Žile v kablju dodatnih prerezov (v kolikor so prisotne)

11. Nazivna napetost (U₀/U)

Splošna uporaba kablov:

Tip kabla NAYY:

Ta tip kabla je primeren za polaganje na prostem, v vodi in v zemlji, zaradi sestave izolacije in plašča iz PVC se ga zaradi ugodnih lastnosti (upogljivost) največ uporablja pri polaganju v kabelski kanalizaciji oziroma se polaga na način, kjer ne more priti do mehanskih poškodb plašča kabla zaradi delovanja okolice (vir: GIZ, NN energetske kabli 1 kV, 2013).³⁰

²⁹ Na seznamu virov: GIZ, NN energetske kabli 1 kV, Tehnične smernice za material in dobavo, september 2013.

³⁰ Na seznamu virov: GIZ, NN energetske kabli 1 kV, Tehnične smernice za material in dobavo, september 2013.

Tip kabla NAY2Y:

Zaradi posebno trdega HDPE plašča je zelo primeren za direktno polaganje v zemljo in na prostem, polaga se tam, kjer so pričakovani večji mehanski vplivi okolja, v zaprtih prostorih se manj uporablja zaradi togosti, prav tako se ne priporoča polaganje v kabelskih ceveh in kanalih (vir: GIZ, NN energetske kabli 1 kV, 2013).³¹

Tip kabla NA2XY:

Ta kabel je primeren za polaganje na prostem, v vodi, v zemlji, zaprtih prostorih, po policah v kabelskih ceveh in kanalih. Ta kabel ni posebej odporen na mehanske vplive okolice. Zaradi višje dovoljene temperature izolacije XLPE (2X) ima pri enakem nazivnem prerezu, v primerjavi s kablom z izolacijo iz PVC-materiala, večjo prenosno zmogljivost (vir: GIZ, NN energetske kabli 1 kV, 2013).³²

TP Hajdina 3 – nadomestna (T-832) ima NN omrežje s TN sistemom ozemljevanja. V tem sistemu je dogovorjeno, da se rumeno-zeleni vodnik uporablja za: PEN-vodnik, zaščitni PE-vodnik in nevtralni N-vodnik, za fazni vodnik L1 je namenjena rjava barva, črna za L2 in siva za tretjo fazo L3.

³¹ Na seznamu virov: GIZ, NN energetske kabli 1 kV, Tehnične smernice za material in dobavo, september 2013.

³² Na seznamu virov: GIZ, NN energetske kabli 1 kV, Tehnične smernice za material in dobavo, september 2013.

2.6.9 Presek kabla

Presek vodnikov se dimenzionira glede na padec napetosti, za vse ostale kriterije se opravi kontrola, ali dimenzionirani vodnik ustreza pogojem.

Po priporočilih glede izbire kablov, ki so bila predstavljena na 3. strateški konferenci elektrodistribucije 2018, dne 5. 4. 2018, velja naslednja tabela:

Prerez Al kabla v (mm ²)	Mejni bremenski tok za načrtovanje (A)	Mejne obremenitve za načrtovanje (kW)	Največje število odjemalcev na izvodu	Največja dolžina izvoda (m)	Največji računalniški padec napetosti
35	60	40	8	150	5 %
70	100	70	17	300	5 %
150	150	100	30	625	5 %
240	200	140	40	1000	5 %

Tabela 1: Tabela vseh omejitev na NN izvodu

(Vir: GIZ, 3. strateška konferenca elektrodistribucije Slovenije 2017, 2017)³³

2.6.10 Referenčna impedanca v NN omrežju

Iz stališča kakovosti omrežja je najpomembnejši parameter električnega omrežja impedanca omrežja pri uporabniku. Priporočena vrednost impedance med faznim vodnikom in nevtralnim vodnikom je enaka impedanci kratkostične zanke. Pri odjemalcu v nizkonapetostnem omrežju je priporočena vrednost:

$$Z_{ref} = (0,4 + j0,25)\Omega$$

Omejitev referenčne impedance je namenjena zagotavljanju ustrezne kakovosti napetosti gospodinjskim aparatom, ki jih priključujemo na enofazno vtičnico v hiši (vir: Kriteriji načrtovanja NN omrežja, maj 2018).³⁴

Če NN omrežje gradimo s kablji ($X \leq 0,1\Omega/km$), lahko pri izračunih upoštevamo samo omsko upornost kabla (vir: Kriteriji načrtovanja NN omrežja, maj 2018).³⁵

³³ Na seznamu virov: GIZ, 3. strateška konferenca elektrodistribucije Slovenije 2017, 2017.

³⁴ Na seznamu virov: Elektroinštitut Milan Vidmar, Kriteriji načrtovanja NN omrežja, Študija št.: 2400, Ljubljana, maj 2018.

³⁵ Na seznamu virov: Elektroinštitut Milan Vidmar, Kriteriji načrtovanja NN omrežja, Študija št.: 2400, Ljubljana, maj 2018.

2.6.11 Največji dovoljeni računski padec napetosti

Padci napetosti v NN omrežju lahko v obratovanju obstoječih NN omrežij precej odstopajo od željenih vrednosti. Zgornja meja za NN omrežje je $\pm 10\%$, to je meja, pri kateri več ni možno zagotoviti dobrih napetostnih razmer. Vlaganja v ojačitve takih omrežij so smiselna, saj visoki padci napetosti pomenijo tudi visoke izgube in visoke stroške. Največji dopustni padec napetosti $7,5\%$ je dober kompromis med kakovostjo napetosti, stroški izgub in stroški za izgradnjo omrežja (vir: Kriteriji načrtovanja NN omrežja, maj 2018).³⁶

Pri novogradnjah se osredotočimo na računski padec napetosti na 5% .

Enačba za izračun padca napetosti za enofazno napetost:

$$\Delta u \% = \frac{2 \times \rho \times P \times l}{A \times U^2} \times 100 \%$$

Zgornja enačba velja za enega porabnika na enem izvodu, pri več porabnikih na različnih dolžinah upoštevamo momente moči. Za enofazno napetost velja spodnja enačba:

$$\Delta u \% = \frac{2 \times \rho \times \sum(P \times l)}{A \times U^2} \times 100 \%$$

Za trifazne porabnike veljata naslednji enačbi (Vir izračuna: lastni zapiski pri predmetu Tehnični predpisi in projektiranje).³⁷

$$\Delta u \% = \frac{\rho \times P \times l}{A \times U^2} \times 100 \%$$

$$\Delta u \% = \frac{\rho \times \sum(P \times l)}{A \times U^2} \times 100 \%$$

Kjer je:

$\Delta u \%$ - padec napetosti,

$\sum(P \times l)$ - moment moči (Wm),

A - presek tokovodnika (mm^2),

U - medfazna napetost (V),

ρ - specifična upornost vodnika ($\Omega\text{mm}^2/\text{m}$),

P - moč (W),

³⁶ Na seznamu virov: Elektroinštitut Milan Vidmar, Kriteriji načrtovanja NN omrežja, Študija št.: 2400, Ljubljana, maj 2018.

³⁷ Na seznamu virov: Moji zapiski pri predmetu Tehnični predpisi in projektiranje.

l - dolžina voda (m).

2.6.12 Nadtokovna zaščita kablov

Kabli morajo zdržati trajne tokove, ki se lahko pojavijo v omrežju. Delovna karakteristika naprave, s katero ščitimo kable pred prevelikim tokom, mora ustrezati dvema pogojema (vir: FE, Nadtokovna zaščita vodnikov in kablov, 2018):³⁸

Pogoj 1:

$$I_b \leq I_n \leq I'_z$$

Kjer je:

- I_b - bremenski tok, za katerega je tokokrog predviden,
- I_n - nazivni tok zaščitne naprave,
- I'_z - korigiran zdržni (trajno dovoljeni) tok kabla.

$$I'_z = I_z \times f_p$$

Kjer je:

- I_z - zdržni tok kabla – trajno dovoljen tok,
- f_p - korekcijski faktor.

Pogoj 2:

$$I_2 \leq 1,45 \times I'_z$$

Kjer je:

- I_2 - tok, ki zagotavlja zanesljivo delovanje zaščitne naprave.

$$I_2 = k \times I_n$$

Kjer je:

- k - razmerje med preskusnim in nazivnim tokom zaščitne naprave.

2.6.13 Kontrola pregoretega varovalka

Zaščitna naprava je izdelana za določeno nazivno moč, s tem je določen tudi nazivni tok. V omrežju se lahko pojavijo kratki stiki, ob katerih mora zaščitna naprava odklopiti omrežje od transformatorske postaje oziroma napajanja. Izbrati moramo primerno zaščitno napravo, ki bo ob najmanjšem toku kratkega stika odklopila napajanje.

³⁸ Na seznamu virov: Fakulteta za elektrotehniko Univerze v Ljubljani, Nadtokovna zaščita vodnikov in kablov, pridobljeni 29. 9. 2018 iz naslova: <http://lrf.fe.uni-lj.si/download/dimenzioniranje.pdf>.

Zaščitna naprava se mora izklopiti v dovolj kratkem času, da tok kratkega stika ne poškoduje vodnikov.

Kontrolo pregoretega varovalke izračunamo (vir izračuna: lastni zapiski pri predmetu Tehnični predpisi in projektiranje):³⁹

$$I_{kmin} = \frac{0,95 \times U_n}{\sqrt{3} \times Z_s}$$

Kjer je:

- I_{kmin} - minimalni tok enopolnega kratkega stika (na koncu NN izvoda) (A),
- U_n - nazivna napetost (kV),
- Z_s - impedanca kratkostične zanke ($Z_s = Z_{Tr} + Z_v$) (Ω);,
- Z_{Tr} - impedanca transformatorja (Ω),
- Z_v - impedanca voda (Ω).

Faktor pregoretega varovalke (vir izračuna: lastni zapiski pri predmetu Tehnični predpisi in projektiranje):⁴⁰

$$k = \frac{I_{kmin}}{I_v} \geq 2,5$$

Kjer je:

- I_v - nazivni tok NV talilnega vložka [A].

Za izračunani tok kratkega stika še preverimo termično kontrolo, pri tem moramo izpolniti pogoj:

$$t_{izk} < t$$

Kjer je:

- t_{izk} - čas izklopa zaščitne naprave (s),
- t - najdaljši dovoljeni čas kratkostičnega toka (s).

Najdaljši dovoljeni čas se izračuna po enačbi:

$$t = a \left(\frac{A \times 1000}{I_{kmin}} \right)^2$$

Kjer je:

- A - presek tokovodnika (mm^2),
- a - faktor materiala tokovodnika.

³⁹ Na seznamu virov: Moji zapiski pri predmetu Tehnični predpisi in projektiranje.

⁴⁰ Na seznamu virov: Moji zapiski pri predmetu Tehnični predpisi in projektiranje.

2.6.14 Prenapetostni odvodniki

Prenapetostni odvodniki so namenjeni za zaščito inštalacij in električnih naprav pred vplivi prenapetosti, ki so lahko posledica atmosferskih praznjenj ali stikalnih manevrov. Za priključno povezavo med odvodnikom in ozemljitvijo uporabimo najkrajšo pot. Ozemljitvena upornost ne sme presežati 5Ω oziroma 10Ω v primeru visoke specifične upornosti tal. Ozemljen mora biti vsak prenapetostni odvodnik.

2.6.15 Elektro omarice

Elektro omarice so lahko iz umetnega materiala (neprevodnega) ali kovinskega (prevodnega). Glede na vrsto postavitve imamo podometne in nadometne ter prostostoječe. Omarice morajo biti mehansko, toplotno in UV-odporne. Prostostoječa omarica je sestavljena iz dveh delov, temeljnega in zgornjega dela. Za namen uporabe poznamo razdelilne elektro omarice in pa razdelilno priključno merilne. Razdelilne omarice so enodelne, priključno merilne elektro omarice pa so večdelne, saj je obvezna mehanska ločitev merilnega in priključnega dela omarice. V priključnem delu omarice se nahaja oprema za priključitev kablov in varovalni elementi (varovalke, prenapetostni odvodniki in ostala oprema). Merilni del mora imeti okence za vidno kontrolo števca električne energije pri zaklenjenih vratih. Omarica mora zadostiti še nekaterim drugim pogojem, imeti mora naravno ventilacijo z nespremenjeno IP-zaščito, imeti mora streho, omogočati mora priključevanje kablov preseka do 240 mm^2 . Prav tako morajo biti ustrezno označene z opozorili za nevarnost napetosti, z oznako za sistem zaščite pred električnim udarom ter nalepko z oznake CE. CE znak nam pove, da je neodvisna akreditirana institucija testirala omarico in ugotovila ustreznost za zahtevane lastnosti. V primeru, da je omarica izdelana iz umetnih mas, je potrebna še oznaka dvojne izolacije. Na notranji strani vrat mora biti žep za dokumentacijo (vir: Elektro Ljubljana, Tehnična smernica za priključne in razdelilne elektro omarice z opremo TS za material in projektiranje, TS 30; 010-150, 2015).⁴¹

2.6.16 Notranja oprema omarice

V razdelilnem ali priključnem delu omarice so lahko nameščene zbiralke. Namen zbiralk je priklop dovodnih in odvodnih kablov, zato morajo biti tudi temu primerno izvedene. Zbiralke ZB/60 sistem 60 mm, ploščati baker $30 \times 5 \text{ mm}$ z neposnetimi robovi se uporablja do nazivnih tokov 379 A. Uporabljamo jih v razdelilnih in tudi priključnih omarah. Na njih se lahko priklapljajo kabli do največjega preseka 150 mm^2 , za kable preseka 240 mm^2 se uporabljajo zbiralke ZB/185 sistem 185 mm, ploščati baker $30 \times 10 \text{ mm}$, to zbiralko uporabljamo za nazivne tokove do 573 A. Zbiralke so

⁴¹ Na seznamu virov: Elektro Ljubljana, Tehnična smernica za priključne in razdelilne elektro omarice z opremo TS za material in projektiranje, TS 30; 010-150, januar 2015.

vgrajene s pomočjo nosilca zbiralk (kot npr. N/ZB 3 × Cu 30 × 5), ki je izdelan iz umetne mase brez dodatkov silikona in halogenov ter ki je temperaturno odporen do 120° C. Nosilec je odporen na plazilne tokove, za večje tokove je primerna izvedba nosilca zbiralk 100/185 mm (do 2100 A in dimenzij 32 × 412 × 44 mm) (vir: Elektro Ljubljana, Tehnična smernica za priključne in razdelilne elektro omarice z opremo TS za material in projektiranje, TS 30; 010-150, 2015).⁴²

Na zbiralke lahko nameščamo varovalne ločilnike, ki so horizontalnega tipa. Ta tip varovalnih ločilnikov se uporablja v razdelilnih omaricah, za nazivne tokove do 160 A uporabimo varovalčni ločilnik tipa KVL 00, ki je namenjen za NV talilne vložke. Uporaba KVL 1 varovalnega ločilnika je namenjena za odcepne NV varovalke nazivnih tokov do 250 A. V priključno merilnih omaricah se uporabljajo varovalčni ločilniki tipa HVL, sistem za DO2 ali tripolni vertikalni ločilnik 60 mm za DO2 varovalne vložke (vir: Elektro Ljubljana, Tehnična smernica za priključne in razdelilne elektro omarice z opremo TS za material in projektiranje, TS 30; 010-150, 2015).⁴³

PEN zbiralko moramo pritrditi na podporne izolatorje, na le-to se potem priključi nevtralni vodnik in ozemljitveni vodnik Cu 25 mm². V priključno razdelilni del namestimo tudi odvodnike prenapetosti. Prenapetostni odvodniki naj bodo razreda 1, $U_c \geq 320$ V, $U_p \leq 1,5$ kV, $I_{imp} \geq 12,5$ kA oblike 10/350 μ s (vir: Elektro Ljubljana, Tehnična smernica za priključne in razdelilne elektro omarice z opremo TS za material in projektiranje, TS 30; 010-150, 2015).⁴⁴

3 OBSTOJEČE STANJE TP HAJDINA 3 (T-163)

3.1 OPIS TP HAJDINA 3 (T-163)

Obstoječa tipska transformatorska postaja 20/0,4 kV, 1 × 250 kVA TP Hajdina 3 (T-163) je bila zgrajena leta 1973. TP je locirana na parceli 619/69 k. o. 397 Hajdina.

Obstoječa TP Hajdina 3 (T-163 OE Ptuj) je tipska transformatorska postaja (TP) na jeklenem jamboru (TJ-250). TP je napajana z električno energijo iz 20 kV daljnovoda, odcep Hajdina 3 (d-176, OE Ptuj), ki je odcep od 20 kV izvoda Majšperk (d-401, OE Ptuj). 20 kV d-176 je zgrajen kot daljnovod na lesenih drogovih z ravnimi konzolami, 20 kV d-401 pa kot daljnovod na lesenih drogovih s trikotno razporeditvijo vodnikov.

⁴² Na seznamu virov: Elektro Ljubljana. Tehnična smernica za priključne in razdelilne elektro omarice z opremo TS za material in projektiranje, TS 30; 010-150, januar 2015.

⁴³ Na seznamu virov: Elektro Ljubljana. Tehnična smernica za priključne in razdelilne elektro omarice z opremo TS za material in projektiranje, TS 30; 010-150, januar 2015.

⁴⁴ Na seznamu virov: Elektro Ljubljana. Tehnična smernica za priključne in razdelilne elektro omarice z opremo TS za material in projektiranje, TS 30; 010-150, januar 2015.

Na območju NN omrežja, napajanega iz TP Hajdina 3, je predvidena trasa ostale energetske infrastrukture, razvidna iz slike 9, ki se nahaja med prilogami.

3.2 OSNOVNI PODATKI TP HAJDINA 3 (T-163)

Naziv objekta: TP Hajdina 3 (T-163)
Tip objekta: Jamborska Železna TP, 250 kVA
Nazivna napetost: 230/400 V

Število odjemalcev na izvodu 1: 23
Število odjemalcev na izvodu 2: 28
Število odjemalcev na izvodu 3: 1
Število odjemalcev na izvodu 4: 1
Število odjemalcev na izvodu 5: 55
Število odjemalcev na izvodu 6: 2
Skupaj število odjemalcev: 110



Slika 9: TP Hajdina 3 (T-163)
(Vir: Lasten)

3.3 TP HAJDINA 3 – NADOMESTNA (T-832)

Nova transformatorska postaja TP Hajdina 3 – nadomestna (T-832) bo izvedena kot montažna armirano betonska transformatorska postaja, tip TPR Bv, proizvod TSN Maribor.

Mikrolokacija nove TP Hajdina 3 – nadomestna je predvidena na vzhodnem delu parcele številka 160/10 k. o. 397 Hajdina.

TP Hajdina 3 – nadomestna (T-832) bo vzankana v bližino 20 kV distribucijskega elektroenergetskega omrežja na naslednji način:

- z 20 kV kablovodom do stojnega mesta št. 36 20 kV daljnovoda odcep Kidričevo farma »PP« (d-260), ki je odcep od 20 kV izvoda Sela in
- z 20 kV kablovodom do stojnega mesta št. 14 20 kV daljnovoda odcep Hajdina 3 (d-176), ki je odcep 20 kV izvoda Majšperk.

Vključitev TP Hajdina 3 – nadomestna v bližnje NN omrežje je predmet tehničnega poročila.



Slika 10: TP Hajdina 3 – nadomestna (T-832) v izgradnji
(Vir: Lasten)

3.4 ARGUMENTACIJA PREDVIDENIH DEL

Zaradi pozidave neposredne okolice mikrolokacije obstoječe TP Hajdina 3 (T-163) je vzdrževanje le-te zelo oteženo. Zato je potrebno zgraditi novo transformatorsko postajo TP Hajdina 3 – nadomestna (T-832).

Zaradi izgradnje nadomestne transformatorske postaje in demontaže obstoječe je potrebno nadomestno TP vključiti v obstoječe NN distribucijsko omrežje.

Obstoječe NN omrežje je večinoma dotrajano in v prostozračni izvedbi. Smiselno je, da se istočasno kot vključitev nove TP Hajdina 3 – nadomestna (T-832) opravi tudi rekonstrukcija NN omrežja, in sicer z zemeljskim kablom.

4 NAČIN IZVEDBE DEL IN IZRAČUNI PRI REKONSTRUKCIJI NN OMREŽJA

Pri svojem delu sem dobil zadolžitev, da pripravim dokumentacijo za rekonstrukcijo NN omrežja, ki se trenutno napaja iz 20/0,4 kV TP Hajdina 3 (T-163), rekonstrukcija NN omrežja se bo izvajala kot druga faza gradnje nadomestne transformatorske postaje. V dokumentaciji je bila zajeta tudi vključitev nadomestne 20/0,4 kV TP Hajdina 3 – nadomestna (T-832). Za izvedbo rekonstrukcije je potrebno izdelati tehnično poročilo. Tehnično poročilo predvideva preureditev obstoječega omrežja, ki je razdeljeno na 6 izvodov, in sicer na način, da bo urejeno v 8 izvodih.

4.1 PREDVIDENI MATERIAL

Za vključitev nadomestne transformatorske postaje in rekonstrukcijo nizkonapetostnega omrežja za rekonstrukcijo vseh devetih izvodov bo predvidoma uporabljenih 2.730 metrov zemeljskega kabla. Prevladujeta dva kabla, in sicer NA2XY-J 4 × 150 + 2,5 0,6/1 kV, ki je praviloma uporabljen za povezave med prostostoječimi razdelilnimi omaricami in povezave med TP in razdelilno omarico. Drugi precej uporabljen kabel je NA2XY-J 4 × 35 + 2,5 0,6/1 kV, ki je predviden za povezavo med razdelilno omarico in merilnim mestom pri samem odjemalcu. Za rekonstrukcijo omrežja sta v manjši meri uporabljena tudi kabla NA2XY-J 4 × 240 + 2,5 0,6/1 kV in NA2XY-J 4 × 70 + 2,5 0,6/1 kV, pri novo urejenih merilnih mestih v prostostojećih omaricah se povezava med merilnim mestom in hišnim priključkom uredi s kablom NYY-J 4 × 10 0,6/1 kV. Celotna rekonstrukcija je bila izvedena s sedemnajstimi prostostoječimi razdelilnimi omaricami tipa Mosdorfer A/FK 4 s podstavkom, za prestavitev merilnih mest v prostostoječe omarice pa je predvidena uporaba enajstih prostostojećih priključno merilnih omaric. Za izvedbo celotne rekonstrukcije je predvideno 2.200 metrov izkopov. V nadaljevanju se bomo osredotočili na prvi izvod.

4.2 IZVEDBA DEL

Pred pričetkom del je potrebno narediti zakoličbo predvidene trase NN kablovodov in zakoličbo trase obstoječih komunalnih vodov (plin, vodovod, kanalizacija, TK in CATV, elektrovodov) ter po potrebi korigirat traso NN kablovodov.

Vključitev in rekonstrukcija se izvede v skladu s priloženo risbo.

Zelo pomembno je, da se pred pričetkom del uredi služnostne pogodbe z lastniki zemljišč in pridobi ustrezna soglasja.

Po končanih delih je potrebno izmeriti vrednost združene ozemljitve TP in vrednosti posameznih ozemljitev. **Omenjeni protokol mora biti priložen ob strokovnem tehničnem pregledu.**

Podrobnosti vključitve (tip in presek uporabljenih 1 kV kablov, potek trase) so razvidne iz priložene skice. V zaključnih delih je potrebno obvezno izvesti meritev kakovosti električne energije.

Kontrola vodnikov po kriteriju padca napetosti in kontrola pregoretja varovalnih vložkov sta opravljena v nadaljevanju.

OPOMBA: Po preureditvi hišnih priključkov (prestavitve števca električne energije in ureditev povezave z razdelilcem), kar se šteje za poseg v električno inštalacijo, je potrebno upoštevati 11. točko tehnične smernice TSG-N-002:2013 Nizkonapetostne električne inštalacije in opraviti predpisani pregled električne inštalacije, meritev in zapisnika.

4.2.1 Gradbeni del

Potek trase preurejenega NN kabskega razvoda je razviden iz priložene situacije, možni so minimalni trasni odmiki, ki se lahko pojavijo kot posledica tehničnih ovir na terenu, obstoječih ali predvidenih komunalnih naprav in težav pri urejanju služnostnih pogodb med lastniki zemljišč, po katerih je predviden potek trase NN kablovoda, in investitorjem.

Natančen potek trase NN kabskega razvoda bo določen na samem kraju izvedbe.

Zakoličba trase NN kabskega razvoda bo izvedena v skladu s priloženo risbo trase NN kabskega razvoda, pridobljenimi lokacijskimi informacijami, dejanskim potekom trase obstoječih ali predvidenih komunalnih vodov in lastniki zemljišč parcel.

Gradbena dela bodo potekala na zemljišču, ki spada po oceni in ogledu v III. kategorijo. Pri oceni stroškov je upoštevan pretežno strojni izkop. V primeru odstopanj od navedenega je potrebno oceno prilagoditi dejanskemu stanju.

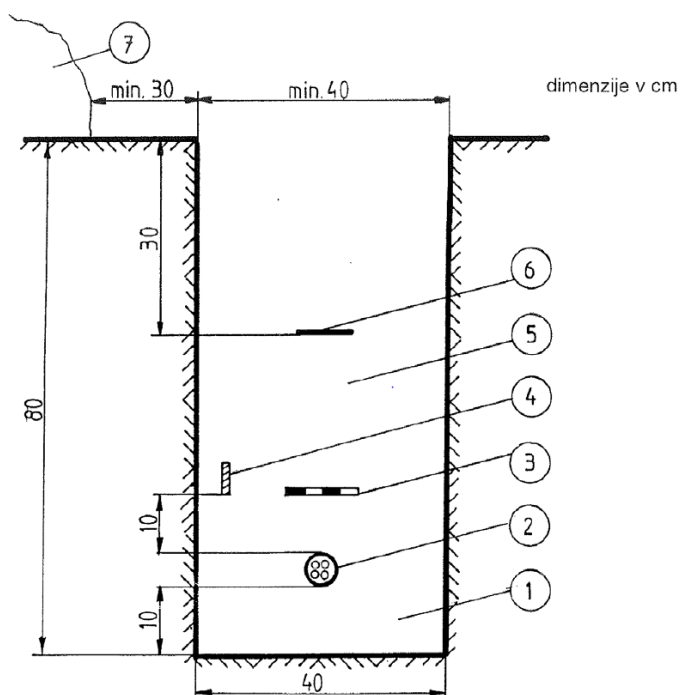
Med izvajanjem del bodo trase primerno zaščitene. Po končanih gradbenih delih bo zemljišče urejeno in vrnjeno v prvotno stanje.

4.2.2 Elektromontažni del

4.2.2.1 Zemeljski kabli

Polaganje nizkonapetostnih kablovodov bo izvedeno v skladu s smernicami in navodili za izbiro, polaganje in prevzem elektroenergetskih kablov nazivne napetosti 1 kV do 35 kV (tipizacija GIZ, TS-11, december 2014).

NN kabli za preureditev obstoječega NN kablskega razvoda bodo položeni v kabelski jašek globine 0,8 m, v plastične cevi Φ 110 ter v kabelsko kanalizacijo. Karakteristični prerez kablskega jarka za polaganje NN kablovodov v kabelski jarek je razviden iz spodnje risbe.



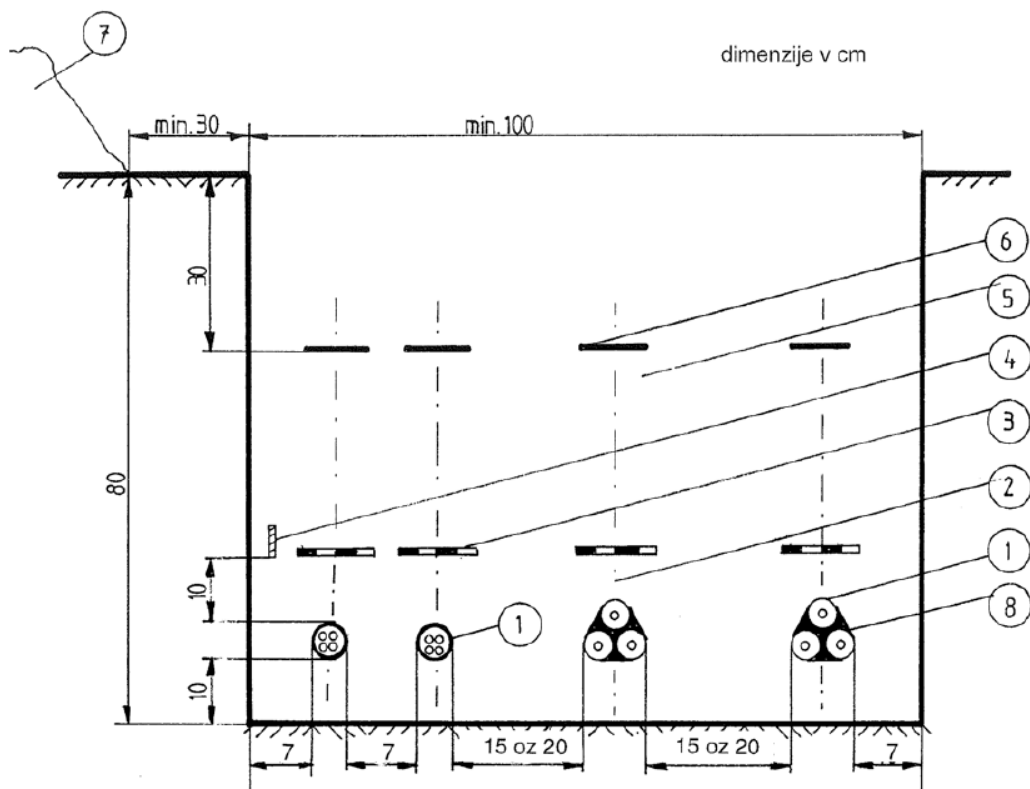
Slika 11: Prezrez kablskega jarka za polaganje NN kabla
(Vir: GIZ, TS-11, 2014)⁴⁵

Kjer je:

- 1 – zdrobljena zemlja, pesek ali mivka,
- 2 – kabel $U_0/U = 0,6/1$ kV,
- 3 – dodatna mehanska zaščita, opozorilna zaščita (če je predvidena),
- 4 – ozemljitveni trak,
- 5 – nabita zemlja,
- 6 – opozorilni trak,
- 7 – izkopana zemlja.

⁴⁵ Na seznamu virov: GIZ, Smernice in navodila za izbiro, polaganje in prevzem elektroenergetskih kablov nazivne napetosti 1 kV do 35 kV, december 2014.

Karakteristični prerez kabelskega jarka za polaganje NN kablov v isti jarek s SN kablji je razviden iz spodnje slike 12:



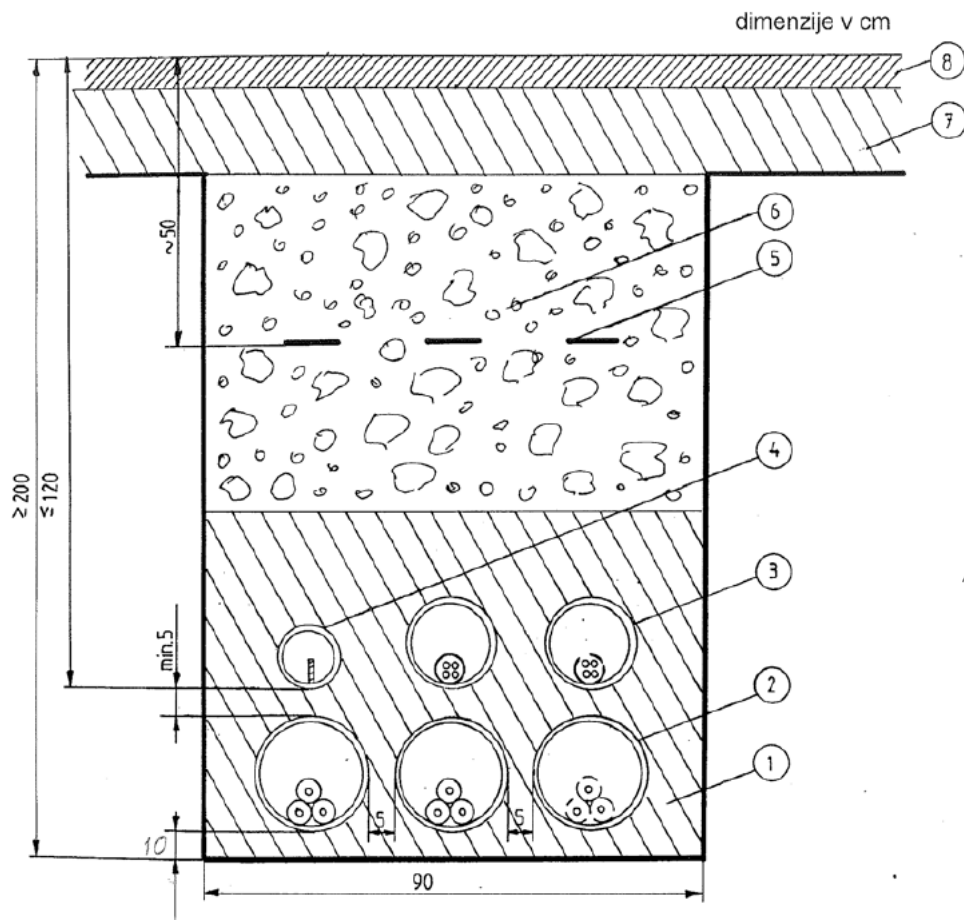
Slika 12: Prerez kabelskega jarka za polaganje NN in SN kabla v isti jarek
(Vir: GIZ, TS-11, 2014)⁴⁶

Kjer je:

- 1 – NN kabel in SN kabel,
- 2 – zdrobljena zemlja, pesek ali mivka,
- 3 – dodatna mehanska zaščita, opozorilna zaščita (če je predvidena),
- 4 – ozemljitveni trak,
- 5 – nabita zemlja,
- 6 – opozorilni trak,
- 7 – izkopana zemlja,
- 8 – objemka.

Prečni profil za križanje cestišč za VN in NN kablovode s prekopom je razviden iz spodnje slike 13:

⁴⁶ Na seznamu virov: GIZ, Smernice in navodila za izbiro, polaganje in prevzem elektroenergetskih kablov nazivne napetosti 1 kV do 35 kV, december 2014.



Slika 13: Prerez kablanskega jarka pri križanju s prometnimi potmi
(Vir: GIZ, TS-11, 2014)⁴⁷

Kjer je:

- 1 – suhi beton,
- 2 – TPE ali PVC cevi,
- 3 – TPE ali PVC cevi ,
- 4 – PVC cev,
- 5 – opozorilni trak,
- 6 – nabiti sloj proda ali debelejšega peska,
- 7 – beton,
- 8 – asfalt.

⁴⁷ Na seznamu virov: GIZ, Smernice in navodila za izbiro, polaganje in prevzem elektroenergetskih kablov nazivne napetosti 1 kV do 35 kV, december 2014.

Pri polaganju kablov je potrebno paziti, da se ne poškoduje zunanji plašč. Prav tako je pomembna največja sila vlečenja ter najmanjši polmer krivljenja.

Kabel 0,6/1 kV	Polmer krivljenja (mm)	Največja sila vlečenja (N)
NA2XY-J 4 × 240 + 2,5	708	28800
NA2XY-J 4 × 150 + 2,5	588	18000
NA2XY-J 4 × 70 + 2,5	456	8400
NA2XY-J 4 × 35 + 2,5	360	4200

Tabela 2: Najmanjši polmer krivljenja in največja sila vlečenja za vodnike
(Vir: Lasten)

Po navodilih proizvajalcev kablov polmer krivljenja kabla ne sme biti manjši od

$$r = 12 \times d$$

Primer izračuna polmera krivljenja:

$$r_{240} = 12 \times d_{240}$$

$$r_{240} = 12 \times 59,0$$

$$r_{240} = 708 \text{ mm}$$

r – polmer krivljenja,

d – zunanji premer kabla.

Sila vlečenja v primeru vlečenja za vodnike se računa po formuli:

$$F = \sigma \times S$$

Primer izračuna vlečenja:

$$F_{240} = \sigma_{Al} \times S_{240}$$

$$F_{240} = 30 \times 4 \times 240$$

$$F_{240} = 28800 \text{ N}$$

F – vlečna sila (N),

σ – dopustna natezna napetost za ($\sigma_{Al} = 30 \text{ N/mm}^2$; $\sigma_{Cu} = 50 \text{ N/mm}^2$),

S – presek vodnika.

Na začetku (v kletnem delu nove TP Hajdina 3 – nadomestna) kabla bodo izvedene kabselske rezerve za primer okvare kabselskih koncev, prav tako se bodo kabselske rezerve izvedle na začetkih in konceh ostalih kablov pri prostostojećih razdelilnih omarah, prostostojećih razdelilno merilnih omarah in pri spojkah.

Vsi NN kabli bodo označeni z napisno tablico, ki bo izvedena iz črno eloksirane Al ploščice debeline 1–2 mm, po navodilu za označevanje kabselskih koncev v SN in NN omaricah (01-ing. Zor./D1270, z dne 24. 8. 1995) in po priloženi tipski risbi EMB D-768.

Po navodilu proizvajalca kablov se lahko kabel polaga pri temperaturi okolice nad –5° C brez predhodnega segrevanja. Če se podatki proizvajalca razlikujejo od teh vrednosti, je potrebno upoštevati njihova navodila.

4.2.2.2 Kontrola vodnikov – izračun

Izračun padcev napetosti in faktorja induktivnosti tokovodnika

Kontrola vodnikov po kriteriju padca napetosti je narejena po formuli:

$$u_s(\%) = \frac{10^5 \times k_i \times \sum(P \times l)}{\lambda \times A \times U^2}$$

Kjer je:

- u_s (%) - padec napetosti na koncu voda,
- λ - specifična prevodnost tokovodnika [Sm/mm²],
- $\sum(P \cdot l)$ - moment moči [kWm],
- A - presek tokovodnika [mm²],
- U - medfazna napetost [V],
- k_i - faktor induktivnosti tokovodnika:

$$k_i = 1 + \frac{X}{R} \times \tan(\arccos(\cos \varphi))$$

$\cos \varphi$ - faktor moči; 0,95.

Izračun tokov

Obtežba je določena na osnovi podatkov o obračunski moči obstojećih objektov iz seznama merilnih mest za transformatorsko postajo in diagrama deležev koničnih moči odjemalcev široke potrošnje (Ta-77, Elektro Maribor). Maksimalna tokovna obremenitev vodnikov je računana po formuli:

$$i_{obr} = \left(\frac{n \times P_p}{\sqrt{3} \times U_n \times \cos \varphi} \right)$$

Kjer je:

- I_b - izračunana maksimalna tokovna obremenitev tokovodnika [A],
- n - število odjemalcev na izvodu,
- P_p - po diagramu Ta-77 določen delež posameznega odjemalca [kW],
- U_n - nazivna napetost [kV] in
- $\cos \varphi$ - faktor moči; 0,95.

Kontrola pregoretega varovalke je narejena za primer enopolnega kratkega stika med faznim in nevtralnimi (PEN) vodnikom na koncu NN izvoda po formuli:

$$I_{kmin} = \frac{0,95 \times U_n}{\sqrt{3} \times Z_s}$$

Kjer je:

- I_{kmin} - minimalni tok enopolnega kratkega stika (na koncu NN izvoda) [A],
- U_n - nazivna napetost [kV],
- Z_s - impedanca kratkostične zanke ($Z_s = Z_{Tr} + Z_v$) [Ω],
- Z_{Tr} - impedanca transformatorja [Ω],
- Z_v - impedanca voda [Ω].

Faktor pregoretega varovalke:

$$k = \frac{I_{kmin}}{I_v} \geq 2,5$$

Kjer je:

- I_v - nazivni tok NV talilnega vložka [A].

Izračun kontrole termične obremenitve

Kontrola termične obremenitve vodnikov je narejena za primer enopolnega kratkega stika med faznim in nevtralnimi (PEN) vodnikom na koncu NN izvoda po formuli:

$$t = a \times \left(\frac{A \times 1000}{I_{kmin}} \right)^2$$

Kjer je:

- A - presek tokovodnika [mm^2],
- a - faktor materiala tokovodnika.

4.3.2.3 Razdelilne omarice

Za izvedbo napajanja obstoječih in morebitnih novih odjemalcev z električno energijo na obravnavanem območju iz TP Hajdina 3 – nadomestna bodo uporabljene poleg obstoječih tudi nove prostostoječe razdelilne omarice (PS-RO). Lokacije in namembnost novih PS-RO so razvidne iz priložene risbe.

Omarice bodo izdelane iz izolacijskega materiala razreda II, s čimer je onemogočen prenos potenciala na ohišje omaric in s tem dosežena zaščita pred električnim udarom. Omarice morajo biti izdelane in opremljene v smislu tipizacije dobavitelja električne energije (GIZ Elektrodistribucije Slovenije, december 1977 ter GIZ Distribucije električne energije, Tipizacija omrežnih priključkov, maj 2005).

V PS-RO bodo montirali ustrezne temeljne dele, ki se dobavljajo v kompletu z omaricami.

V novi PS-RO bo montirana naslednja oprema:

- zbiralke ECu 30 × 5 mm,
- NV-stikalne letve velikosti 1 (In = 250 A) in velikosti 00 (In = 160 A) po enopolni shemi,
- podporni izolatorji,
- po enopolni shemi se montirajo tripolni odvodniki toka strele in prenapetostni odvodniki.

Odvodniki prenapetosti bodo varovani z varovalnimi vložki In = 100 A.

Dovodni NN kabel v posamezni PS-RO bo vedno montiran na prvo NV-stikalno leto velikosti 1.

4.3.2.4 Kabelske glave in spojke

Pri zaključku kablov bodo uporabljene kabelske glave Raychem:

- EPKT 0015 (preseki 16 mm² – obstoječi kabli),
- EPKT 0031 (preseki 35 mm²),
- EPKT 0047 (preseki 70 mm²),
- EPKT 0063 (preseki 150-240 mm²).

Za spajanje kablov bodo uporabljene kabelske spojke Raychen:

- Tip: POLJ-01/4X 150-240,
- Tip: POLJ-01/4X 70-120,
- Tip: POLJ-01/4X 25-50.

4.3.2.5 Sistem ozemljevanja

Iz TP Hajdina 3 – nadomestna bo izveden nizkonapetostni kabelski razvod, ki bo omogočal TN sistem ozemljevanja.

Na glavno zbiralko za izenačitev potenciala (GIP) morajo biti vezani:

- glavni zaščitni vodnik (povezava izpostavljenih delov),
- vodnik za glavno izenačitev potenciala (povezava vodovodne in strelovodne instalacije, centralne kurjave objekta, plinovod ...),
- ozemljitveni vodnik (povezava temeljnega ozemljila objekta),
- PEN vodnik.

Izračun dolžine ozemljila (primer za specifično upornost zemlje 75 Ω m):

$$l = \frac{k \times \rho}{R_{op}}$$
$$l = \frac{2 \times 75}{5} = 30m$$

Kjer je:

ρ – specifična upornost zemlje (Ω m),

R_{op} – ozemljitvena upornost (Ω),

k – faktor,

l – dolžina položenega ozemljila (m).

5 REKONSTRUIRANO NN OMREŽJE IZ TP HAJDINA 3 – NADOMESTNA (T-832)

Rekonstrukcija NN omrežja, ki se napaja iz TP Hajdina 3 – nadomestna (T-832), in vključitev nadomestne TP v NN omrežje zajema preureditev 6 obstoječih izvodov v 8 novih. Obstoječe prostozračno omrežje se bo uredilo kot podzemno omrežje. V prihodnje je na zahodni strani naselja predvidena širitev naselja Zgornja Hajdina, v ta namen se položi kabel za deveti izvod. V diplomski nalogi se bomo osredotočili na rekonstrukcijo prvega izvoda.

5.1 OSNOVNI PODATKI REKONSTRUIRANEGA OMREŽJA

Naziv objekta: TP Hajdina 3 – nadomestna (T-832)
Tip objekta: montažna betonska TP, tip: TPR-Bv 20/0,4 kV, 1 × 630 kVA
Nazivna napetost: 230/400 V

Število odjemalcev na novem izvodu 1:	30
Število odjemalcev na novem izvodu 2:	1
Število odjemalcev na novem izvodu 3:	19
Število odjemalcev na novem izvodu 4:	3
Število odjemalcev na novem izvodu 5:	27
Število odjemalcev na novem izvodu 6:	2
Število odjemalcev na novem izvodu 7:	11
Število odjemalcev na novem izvodu 8:	10
Število odjemalcev na novem izvodu 9:	0

5.1.1 Potreben material za nov izvod 1

Število odjemalcev 30, temno rjavi odjemalci

Tokovodniki predvideno:

NA2XY-J 4 × 150 + 2,5	0,6/1 kV	(380 m)
NA2XY-J 4 × 35 + 2,5	0,6/1 kV	(145 m)
NYJ-J 4 × 10	0,6/1 kV	(30 m)

Elektro omarice predvideno:

7 kos PS-RO (tip Mosdorfer A/FK 4 s podstavkom)
2 kos PS-RMO 2 (dve okni + dvojna vrata)

Zaščitne cevi predvideno:

Cev PC/E Φ 110 (380 m)

Dolžina trase izkopov: 440 m

5.1.2 Predvidena dela na izvodu 1

Zemljišče, kjer bodo potekala gradbena dela, spada v kategorijo 3, pri oceni stroškov je upoštevan v večji meri strojni izkop in v zelo malem obsegu ročni izkop, v primeru odstopanj navedenega je potrebno oceno stroškov prilagoditi dejanskemu stanju. Kabelski jarek, širine 0,4 metra in 0,8 metra globine, je prikazan na priloženi risbi. Predvideni so tudi preboji asfaltnege cestišča, v skupni dolžini 32 metrov, premera Φ 110.

Pred izkopom kabelskega jarka je potrebno v sodelovanju z upravljavcem komunalnih naprav zakoličiti vse obstoječe komunalne naprave v bližini, sam izkop pri križanjih pa izvršiti ročno. Pri izkopu kabelskega jarka je potrebno paziti na odmike in varnostne razdalje od obstoječih komunalnih naprav.

Predvideni zemeljski kabli bodo položeni v kabelsko kanalizacijo. Za izvedbo kabelske kanalizacije bodo uporabljene plastične cevi tipa PC/E Φ 110 mm.

Po končanih gradbenih del bo zemljišče urejeno v prvotno stanje. Položitev kabla bo izvedena v kabelskem jarku. V globini približno 0,3 m bo ohlapno položen opozorilni trak.

Pred pričetkom gradbenih del mora investitor zagotoviti zakoličbo vseh komunalnih vodov v zemlji, in sicer ob, pod ali nad traso novega kablovoda. V bližini komunalnih vodov se morajo izkopi izvajati ročno.

Vse prekopane površine je potrebno po koncu del spraviti v prvotno stanje, traso očistiti, po potrebi asfaltirati, na zelenicah pa posejati travo, ponovno posaditi odstranjene grmovnice in odvečni material odstraniti.

Za potrebe novega NN izvoda 1 bo treba od TP Hajdina 3 – nadomestna do obstoječe PS-RO, ki se nahaja v točki T1, položiti NN kabel, tip NA2XY-J 4 × 150 + 2,5 0,6/1 kV, l = 60 m.

Obstoječi NN kabel NA2XY-J 4 × 150 + 2,5 0,6/1 kV, po katerem je z električno energijo napajan NN izvod "1", bo pri obstoječi PS-RO, ki se nahaja v točki T1, lociran, odkopan, očiščen in prerezan. Del obstoječega NN kabla, ki napaja omrežje iz betonskega N-droga, se spoji z NN kabelsko spojko z novim NN kablom iz nadomestne TP. Na betonskem N-drogu se napajalni kabel odklopi in spoji z novim NA2XY-j 4 × 150 + 2,5 0,6/1 kV kablom, ki je priklopljen v PS-RO/1.

Tako so na izvodu 1 vse glavne povezane med TP in PS-RO/1, med PS-RO/1 in PS-RO/2, med PS-RO/2 in PS-RO/3, med PS-RO/3 in PS-RO/4 med PS-RO/4 in PS-RO/5, PS-RO/5 in PS-RO/6 in med PS-RO/6 in do PS/RO7 izvedene s kablom tipa NA2XY-J 4 × 150 + 2,5 0,6/1 kV. Povezave med posamezno podometno priključno merilno omarico in ustrezno PS-RO bomo izvedli z obstoječimi oziroma novimi kabli tipa NA2XY-J 4 × 35 + 2,5 0,6/1 kV. V posameznih primerih, kjer to dopušča, bomo uporabili obstoječe kable, ki bodo zgolj premontirani iz obstoječega prostozračnega nizkonapetostnega omrežja v ustrezno PS-RO. Za spajanje kablov bomo uporabili spojke SMOE proizvajalca Raychen. Za potrebe prestavitve merilnih mest v prostostoječe razdelilno merilne omarice se postavijo dve prostostoječi omarici PS-RMO/1 in PS-RMO2, za povezavo med ustrezno PS-RO in PS-RMO se uporabi kabel tipa NA2XY-J 4 × 35 + 2,5 0,6/1 kV, za interni vod med merilnim mestom in hišnim razdelilnikom pa uporabimo kabel NYY-J 4 × 10 0,6/1 kV.

Pri polaganju kablov je potrebno paziti, da se ne poškoduje zunanji plašč in na največjo silo vlečenja ter najmanjši polmer krivljenja:

Kabel 0,6/1 kV	Polmer krivljenja (mm)	Največja sila vlečenja za plašč kabla in vodnike
	$12 \times D$	$\sigma \times S$
NA2XY-J 4 × 150	588	18000
NA2XY-J 4 × 35	360	4200
NYY-J 4 × 10	216	2000

Tabela 3: Polmer krivljenja in vlečnih sil

Kjer je:

σ – dopustna natezna napetost za ($\sigma_{Al} = 30 \text{ N/mm}^2$; $\sigma_{Cu} = 50 \text{ N/mm}^2$),

S – presek vodnika,

D – zunanji premer kabla.

V kabelskem prostoru transformatorske postaje in pri kabelskih omaricah bodo izvedene kabelske rezerve za primer okvare kabelskih koncev. Kabelski konci bodo zaključeni s kabelskimi glavami.

Pri polaganju kabla je potrebno paziti tudi na temperaturo okolice ter se ravnati po navodilih proizvajalca.

Za potrebe rekonstrukcije izvoda 1 na obravnavanem območju bodo postavljene nove prostostoječe razdelilne omarice PS-RO 1, 2, 3, 4, 5, 6 in 7.

Omarice bodo narejene iz požarno odpornega in samougasljivega kompozita. Material ima visoko odpornost na kemične, atmosferske (UV, vlaga, visoke in nizke temperature) in mehanske vplive. Dobre dielektrične lastnosti zagotavljajo varnost uporabe. Modulska konstrukcija omarice omogoča povezovanje s kabelskim predalom ali temeljem (fundamentom), kakor tudi povezovanje omarice po vertikali in horizontali. Omarice morajo biti izdelane in opremljene skladno s SONDO št. 41/30.5.2011. Zaprte bodo z vrati in opremljene s ključavnico Elektro Maribor. Predvidene lokacije PS-RO so razvidne iz priložene risbe.

Možni so minimalni odmiki, ki se lahko pojavijo kot posledica tehničnih ovir na terenu ter obstoječih ali predvidenih komunalnih naprav. Zato bo natančna lokacija PS-RO določena glede na dejanske razmere na terenu in v dogovoru z lastniki prizadetih parcel.

PS-RO bo sestavljena iz plastične omarice za zunanjo montažo, proizvod MOSDORFER Avstrija, tipa A/FK 4H dimenzij 590 × 1080 × 320 mm s plastičnim

podstavkom tipa A/Ku-S4 H. Podstavek višine 1200 mm bo postavljen v zemljo 90 cm globoko na podložni beton/mrežo tako, da se bo spodnji rob omarice nahajal vsaj 30 cm nad zemljo.

Za potrebe prestavitve merilnih mest na obravnavanem območju bosta postavljeni dve novi prostostoječi razdelilno merilni omarici PS-RMO/1 in PS-RMO/2.

Omarici bosta narejeni iz požarno odpornega in samougasljivega kompozita. Material ima visoko odpornost na kemične, atmosferske (UV, vlaga, visoke in nizke temperature) in mehanske vplive. Dobre dielektrične lastnosti zagotavljajo varnost uporabe. Omarice morajo biti izdelane in opremljene skladno s SONDO št. 41/30.5.2011. Zaprte bodo z vrati in opremljene s ključavnico Elektro Maribor. Predvidene lokacije PS-RMO so razvidne iz priložene risbe.

Možni so minimalni odmiki, ki se lahko pojavijo kot posledica tehničnih ovir na terenu ter obstoječih ali predvidenih komunalnih naprav. Zato bo natančna lokacija PS-RMO določena glede na dejanske razmere na terenu in v dogovoru z lastniki prizadetih parcel.

Vodniki na NN plošči v TP – izvod 1 bodo pred preobremenitvijo in kratkim stikom varovani z varovalnimi vložki tipa NH2 125 A.

Pri novih PS-RO/1 in PS-RO/7 se v isti jarek kot kabel NA2XY-J 4 × 150 + 2,5 0,6/1 kV položi pocinkani valjanec Fe/Zn 4 × 25, dolžine 30 m, v PS-RO se PEN vodnik ozemlji in montira prenapetostne odvodnike.

Na ta način bodo temno rjavi odjemalci na risbi obstoječega stanja z električno energijo direktno napajani iz nadomestne TP.

5.2 ZAŠČITA NN OMREŽJA

4.4.1 Nadtokovna in kratkostična zaščita

Vodniki posameznih nizkonapetostnih izvodov bodo pred preobremenitvijo in kratkim stikom varovani v nizkonapetostni razdelilni omari v TP Hajdina 3 – nadomestna z nizkonapetostnimi varovalnimi vložki po spodnji tabeli:

Izvod:	Varovanje:
Izvod 1	125 A
Izvod 2	50 A
Izvod 3	80 A
Izvod 4	32 A
Izvod 5	100 A
Izvod 6	32 A
Izvod 7	63 A
Izvod 8	100 A
Izvod 9	Rezerva

Tabela 4: Nadtokovna zaščita za posamezne izvode

4.4.2 Zaščita pred električnim udarom

Zaščita pred električnim udarom pri obstoječih odjemalcih ostane obstoječa.

Zaščita pred električnim udarom pri predvidenih razdelilnih omaricah bo dosežena z uporabo omaric iz izolacijskega materiala razreda II.

4.4.3 Zaščita pred atmosferskimi prenapetostmi

Za zaščito pred atmosferskimi prenapetostmi bodo v predvidenih PS-RO (po priloženi situaciji) montirani izolirani odvodniki prenapetosti PO/NN 12,5 kA/320 V (v II. razredu IEC, 8/20).

Za pravilno in kakovostno delovanje odvodnikov prenapetosti je potrebno doseči ozemljilno upornost: $R_{op} = 5 \Omega$. Ta bo dosežena s položitvijo pocinkanega valjanca, dolžine po spodnji tabeli:

ρ (Ωm) specifična upornost tal na globini 0,6 m	50	75	100	125	150	175	200	225	300
l (m) potrebna dolžina valjanca za doseg ozemljitvene upornosti ($R = 5 \Omega$)	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Izbira polaganja ozemljila, označen z X glede na izmerjeno vrednost ρ		X							

Tabela 5: Izbira dolžine ozemljila glede na specifično upornost tal

Na omenjenem območju je izmerjena specifična upornost tal ca. $75 \Omega\text{m}$, za kar bo za doseg priporočila 5Ω potrebno položiti 30 m pocinkanega valjanca Fe-Zn 5×25 mm.

Ob polaganju ozemljitve PEN vodnika nizkonapetostnega omrežja v bližini objektov uporabnikov je potrebno preveriti lokacijo uporabnikove zaščitne ozemljitve. Omrežna obratovalna ozemljitev in odjemalčeva zaščitna ozemljitev morata biti učinkovito ločeni.

5.3 PREVERJANJE USTREZNOSTI IZBRANIH VODNIKOV NA IZVODU 1

5.3.1 Padci napetosti in faktor induktivnosti

Izvod 1

T.	Vodnik	l	n	P	u (%)	ki
PS-RO/1	NA2XY-J 4×150	200	6	65,90	1,72	1,13
PS-RO/2	NA2XY-J 4×150	40	4	59,02	2,03	1,13
PS-RO/3	NA2XY-J 4×150	50	5	54,00	2,38	1,13
PS-RO/4	NA2XY-J 4×150	40	2	46,97	2,63	1,13
PS-RO/5	NA2XY-J 4×150	40	4	43,80	2,85	1,13
PS-RO/6	NA2XY-J 4×150	40	5	36,53	3,05	1,13
PS-RO/7	NA2XY-J 4×150	60	3	24,00	3,23	1,13
V-PMO	NA2XY-J 4×35	50	1	6,00	3,39	1,03

Tabela 6: Padci napetosti in faktor induktivnosti na izvodu 1

Legenda:

T.	- razdelilno mesto
l	- dolžina (m)
n	- število odjemalcev v točki odjema
$u_{\%}$	- skupni padec napetosti do točke odjema (%)
P	- skupna moč na odseku (kW)
k_i	- faktor induktivnosti

Tabela 7: Legenda oznak v tabelah izračuna padcev napetosti in faktorja induktivnosti

5.3.2 Izračunani tokovi

Izvod 1

T.	Vodnik	I_d	I_b	I_v	Z	I_k	k
PS-RO/1	NA2XY-J 4 × 150	204*	100,1	125	0,09	2315,6	18,52
PS-RO/2	NA2XY-J 4 × 150	234*	89,7	125	0,11	1952,4	15,62
PS-RO/3	NA2XY-J 4 × 150	234*	82,0	100	0,13	1632,2	13,06
PS-RO/4	NA2XY-J 4 × 150	234*	71,4	100	0,15	1442,7	11,54
PS-RO/5	NA2XY-J 4 × 150	234*	66,6	100	0,17	1292,6	10,34
PS-RO/6	NA2XY-J 4 × 150	234*	55,5	100	0,19	1170,8	9,37
PS-RO/7	NA2XY-J 4 × 150	234*	36,5	100	0,21	1025,8	8,21
V-PMO	NA2XY-J 4 × 35	135	9,1	50	0,30	736,1	5,89

Tabela 8: Toki na izvodu 1

Legenda:

T.	- razdelilno mesto
I_d	- dopustni tok vodnika (A)
I_b	- bremenski tok vodnika (A)
I_k	- kratkostični tok v točki odjema (A)
I_v	- nazivni tok varovalke (A)
k	- faktor pregoretnosti varovalke
Z	- impedanca transformatorja in impedanca voda do točke odjema (Ohm)
*	- upoštevan korekcijski faktor

Tabela 9: Legenda oznak v tabelah izračuna tokov

5.3.3 Termična kontrola obremenitve

Izvod 1

T.	Vodnik	t
PS-RO/1	NA2XY-J 4 × 150	20,98
PS-RO/2	NA2XY-J 4 × 150	29,51
PS-RO/3	NA2XY-J 4 × 150	42,23
PS-RO/4	NA2XY-J 4 × 150	54,05
PS-RO/5	NA2XY-J 4 × 150	67,33
PS-RO/6	NA2XY-J 4 × 150	82,07
PS-RO/7	NA2XY-J 4 × 150	106,92
V-PMO	NA2XY-J 4 × 35	11,30

Tabela 10: Kontrola termične obremenitve za izvod 1

Legenda:

T.	- razdelilno mesto
t	- termična kontrola vodnika (s)

Tabela 11: Legenda oznak v tabelah izračuna kontrole termične obremenitve

5.3.4 Ustreznost kablov

Z izračunom je ugotovljeno, da izbrani tipi vodnikov ustrezajo obravnavanemu napajalnemu področju in načinu vključitve transformatorske postaje v NN omrežje. Prav tako ustrezajo obstoječim in pričakovanim obtežbam odjemalcev na tem področju.

5.4 KRIŽANJA

Pri vseh navedenih in morebitnih drugih križanjih ter približevanjih je potrebno upoštevati soglasje prizadetih upravljavcev, veljavne tehniške normative in Tipizacijo za polaganje elektroenergetskih kablov 1 kV, 10 kV in 20 kV (brošura DES – december 2014).

5.4.1 Medsebojno približevanje energetskih kablovodov

Medsebojni razmik kablovodov napetosti 1 kV mora znašati najmanj 7 cm, kablovodov različnega napetostnega nivoja pa najmanj 15 cm.

5.4.2 Križanje NN kabla s kolovoznimi cestami in poljskimi potmi

Križanje bo izvedeno s prekopom in položitvijo kabla v plastično cev Φ 110 mm. Cevi bodo obbetonirane. Najmanjša navpična oddaljenost od zgornjega roba kabelske kanalizacije do površine ceste je 0,80 m.

5.4.3 Križanje NN kabla s cestami in dovoznimi potmi

Križanje bo izvedeno s prekopom ali prevrtanjem cestišča in položitvijo kabla v plastično cev Φ 110 mm. V primeru prekopa bodo cevi obbetonirane. Najmanjša navpična oddaljenost od zgornjega roba kabelske kanalizacije do površine ceste je 1,2 m.

5.4.4 Križanje in vzporedni potek s telekomunikacijskimi in CATV kablji

Križanje energetskega kabla 1 kV in telekomunikacijskega kabla bo izvedeno na navpični oddaljenosti 0,5 m. Kot križanja mora biti praviloma 90° , ne sme pa biti manjši od 45° . Če te oddaljenosti ni mogoče zagotoviti, je potrebno energetski kabel položiti v železno cev Φ 159 mm, dolžine dveh do treh metrov, telekomunikacijski kabel pa v plastično cev Φ 160 mm iste dolžine. Tudi v tem primeru razdalja ne sme biti manjša od 0,3 m.

Pri vzporednem vodenju energetskega kabla 1 kV in telekomunikacijskega kabla mora znašati vodoravna oddaljenost najmanj 0,5 m.

Način izvedbe je razviden iz tipizacije.

5.4.5 Križanje in vzporedni potek s cevmi vodovoda

Križanje energetskega kabla 1 kV s cevmi vodovoda se izvede na oddaljenosti 0,5 m oziroma 0,3 m v primeru priključnega cevovoda. Kabel bo položen v gibljivo plastično cev Φ 160 mm v dolžini treh metrov na vsaki strani križanja. Izvedba je razvidna iz načrta R-554.

Pri vzporednem poteku energetskega kabla in cevi vodovoda je najmanjša dovoljena razdalja 0,5 m.

Energetski kabel mora biti od hidranta ali ventilske komore oddaljen najmanj 1,5 m.

5.5 VARSTVO OKOLJA IN RAVNANJE Z ODPADKI

Pri izvedbi predvidenih del morajo izvajalec del, njegovi podizvajalci, kooperanti in drugi zunanji sodelavci upoštevati določila Zakona o varstvu okolja (ZVO-1-UPB1; Ur. l. RS 39/2006, ZVO-1B; Ur. l. RS 70/2008), Uredbe o odpadkih (Ur. l. št. 103/2011), Uredbe o ravnanju z odpadki, ki nastanejo pri gradbenih delih (Ur. l. št. 34/2008) in interna Navodila za ravnanje z odpadki družbe Elektro Maribor, januar 2006.

Za ravnanje z odpadki na gradbišču je v celoti odgovoren investitor. Vsi odpadki in demontirana oprema so last in breme investitorja, ki pa lahko pooblasti izvajalca del, da v njegovem imenu preda nastale odpadke zbiralcu ali predelovalcu odpadkov. Ne glede na to kdo preda odpadke, mora investitor ob predaji vsake pošiljke odpadkov pridobiti od prevzemnika odpadkov izpolnjen evidenčni list in voditi evidenco o vrstah in količinah nastalih gradbenih odpadkov na posameznem objektu.

Glede ravnanja z odpadki in varstva okolja velja:

- Izvajalec del sme na gradbišču začasno skladiščiti nastale odpadke ločeno po vrstah iz klasifikacijskega seznama odpadkov. Skladiščenje je treba organizirati tako, da je onemogočeno onesnaženje okolja v smislu izlitja ali razsutja določene vrste odpadkov, preprečiti pa je potrebno tudi medsebojno mešanje posameznih vrst odpadkov. Če na gradbišču ni mogoče zagotoviti varnega začasnega skladiščenja odpadkov, je potrebno organizirati odlaganje v zabojnike, ki so nameščeni na gradbišču ali ob njem in so prirejeni za odvoz brez kasnejšega prekladanja.
- Pri delih na objektih Elektro Maribor je lastnik demontirane opreme OE, na območju katere se izvajajo gradbena dela. Investitor se lahko z izvajalcem del dogovori za odvoz odpadkov na lokacijo OE, zbirnega centra Radvanje ali k pooblaščenemu zbiralcu ali predelovalcu, kjer jih le-ta preda v njegovem imenu. V evidenčnem listu, ki spremlja vsako pošiljko odpadkov, mora biti kot imetnik odpadkov vpisan investitor.
- Prevzem nevarnih odpadkov izvajajo specializirani prevzemniki tudi neposredno na gradbišču. Elektro Maribor ima za predajo nevarnih odpadkov sklenjeno pogodbo z izbranim izvajalcem.
- V primeru razlitja, razsutja ali izpusta nevarnih snovi v okolje je treba takoj omejiti nadaljnje širjenje onesnaženja, obvestiti odgovorne osebe na gradbišču in sanirati nastalo onesnaženje okolja. V primeru velike okoljske nesreče je treba obvestiti Center za obveščanje (tel. 112) in odgovorne osebe v družbi.

Ravnanje z nastalimi odpadki mora potekati v skladu z veljavno okoljsko zakonodajo, politiko ravnanja z okoljem družbe Elektro Maribor in zahtevami standarda ISO 14001:2004.

6 ZAKLJUČEK

Cilj diplomske naloge je bil izdelati projektno dokumentacijo za rekonstrukcijo nizkonapetostnega omrežja, ki se napaja iz TP Hajdina 3 – nadomestna (T-832). Rekonstrukcija je bila potrebna zaradi dotrajanosti nizkonapetostnega nadzemnega omrežja in vključitve nove nadomestne transformatorske postaje.

V preteklosti sem delal kot monter, večino časa ravno na področju kabliranja omrežja. Pri opravljanju dela kot monter sem delo načrtovalca omrežja spoznal preko njegovega končnega izdelka. Pri izdelavi projekta in diplomske naloge sem spoznaval področje načrtovanja NN elektro omrežja tudi skozi oči načrtovalca. To delo je bistveno zahtevnejše, saj zahteva nenehno spremljanje novih zakonov, predpisov in smernic, ki določajo način projektiranja in predpisujejo minimalne zahteve za vgrajen material.

Odločitve, ki jih sprejmeš ob izbiri predlaganega materiala, ki se bo vgradil, morajo biti podprte z izračuni in vsemi potrebnimi certifikati. Izračun mora biti čim bolj natančen, z upoštevanjem vseh vplivnih faktorjev, saj smo lahko samo tako prepričani, da bodo meritve ob zaključnih delih ustrezale zahtevam standarda.

Za dobro izdelan projekt je potrebno dobro poznavanje obstoječega stanja, pregledati je potrebno razpoložljive načrte obstoječe infrastrukture in prilagoditi projekt stanju na terenu. V večini primerov investitor določi proizvajalca in tip opreme. Naloga projektanta pa je, da mu poleg upoštevanja želja svetuje in upošteva vse predpise glede minimalnih zahtev, da je na koncu projekt narejen kakovostno.

Sheme in načrte trase kablovoda sem izdelal s pomočjo računalniškega programa AutoCAD.

V strnjenih naseljih se bo tudi v prihodnje nadaljeval trend kabliranja prostozračnih omrežij. Ekonomska upravičenost kabliranja je vprašljiva pri razpršeni gradnji. Večje razdalje med odjemalci nam predstavljajo velik dodaten strošek, poleg tega pa nam postopki pridobivanja služnostnih pravic zaradi prečkanja večjega števila parcel podaljšajo čas gradnje. V precej velikem deležu je prisoten tudi razgiban teren, kar onemogoča strojno delo. Menim, da celotnega omrežja ne bo mogoče izvesti v podzemni izvedbi. Takšen tip omrežij je smiselno rekonstruirati z zamenjavo golih

vodnikov s samonosilnim kablskim snopom in s tem povečati odpornost omrežja na vremenske vplive.

Pri pametnih omrežjih gre za skupek tehnologij, storitev in konceptov – od naprednega merjenja in pametnih števecov do prilagajanja odjema električnega omrežja, aktivnih omrežij, elektromobilnosti in hranilnikov energije. Pametna omrežja bodo s svojim razvojem v prihodnje vplivala tudi na način reguliranja. Uvedba koncepta pametnih omrežij bo omogočila prilagodljivost (zadovoljevanje potreb odjemalcev z odzivi na njihove potrebe in zahteve), dostopnost (omogočanje priključevanja na omrežje vsem uporabnikom), zanesljivost dobave električne energije (zagotavljanje in izboljševanje zanesljivosti in kakovosti) in ekonomičnost. V koncept pametnih omrežij sodijo tudi vlaganja na področju naprednih sistemov merjenja. Pilotni projekti ter rezultati analize stroškov in koristi so pokazali, da napredni sistemi merjenja električne energije ponujajo mnogo več od samega merjenja in posredovanja merilnih podatkov in da je zaradi nižjih stroškov obratovanja smotrno pristopiti k njihovi uvedbi pri vseh uporabnikih. Pametna omrežja nam omogočajo tudi veliko hitrejšo lociranje napak in posledično tudi krajši čas prekinitve dobave električne energije. Z razvojem pametnega omrežja bo sistemski operater imel učinkovitejše orodje pri zmanjšanju konične obremenitve z uvajanjem novih tarif, s katerimi bo odjemalce motiviral s finančnimi prihranki, da bodo sodelovali pri zmanjšanju koničnih obremenitev.

7 LITERATURA IN VIRI

Agencija za energijo (2017), Električna energija, pridobljeno 18. 9. 2018 iz naslova: <https://www.agen-rs.si/izvajalci/elektrika/prenosno-omrezje>.

Elektro Ljubljana, Tehnična smernica za priključne in razdelilne elektro omarice z opremo TS za material in projektiranje, TS 30;010-150, januar 2015.

Elektroinštitut Milan Vidmar, Kriteriji načrtovanja NN omrežja, študija št.: 2400, Ljubljana, maj 2018.

Elektroinštitut Milan Vidmar, Smernice in navodila za izbiro, polaganje in prevzem elektroenergetskih kablov nazivne napetosti 1 kV do 35 kV, september 2011.

Eles (2018), Elektroenergetski sistem, pridobljeno 18. 9. 2018 iz naslova: <https://www.eles.si/elektroenergetski-sistem>.

Esvet.si, Elektroenergetski sistem, pridobljeno 20. 9. 2018 iz naslova: <http://www.esvet.si/energija/elektroenergetski-sistem>.

Fakulteta za elektrotehniko Univerze v Ljubljani, Nadtokovna zaščita vodnikov in kablov, pridobljeno 29. 9. 2018 iz naslova: <http://lrf.fe.uni-lj.si/download/dimenzioniranje.pdf>.

GIZ, 3. strateška konferenca elektrodistribucije Slovenije 2017, 2017.

GIZ, Elektro kabelska kanalizacija, september 2017.

GIZ, NN energetski kabli 1kV, Tehnične smernice za material in dobavo, september 2013.

GIZ, Smernice in navodila za izbiro, polaganje in prevzem elektroenergetskih kablov nazivne napetosti 1 kV do 35 kV, december 2014.

GIZ, Smernice za gradnjo podzemnih kabelskih vodov, junij 2014.

Ministrstvo za infrastrukturo, Pravilnik o zaščiti nizkonapetostnih omrežij in pripadajočih transformatorskih postaj, 2015.

Sodo, Družba SODO, pridobljeno 20. 9. 2018 iz naslova: <https://www.sodo.si/kdo-smo>.

PISO, Občina Hajdina, Prostorski informacijski sistem, pridobljeno 8. 10. 2018 iz naslova: <https://www.geoprostor.net/piso/ewmap.asp?obcina=HAJDINA>.

8 PRILOGE

- Pripravljalna dela za TP Hajdina 3 – nadomestna (T-832) izvod 1
- Gradbena dela za TP Hajdina 3 – nadomestna T-832 izvod 1
- Montažna dela za TP Hajdina 3 – nadomestna T-832 izvod 1
- Demontažna dela za TP Hajdina 3 – nadomestna T-832 izvod 1
- Predvideni prevozi pri rekonstrukciji TP Hajdina 3 – nadomestna T-832 izvod 1
- Zaključna dela za TP Hajdina 3 – nadomestna T-832 izvod 1
- Popis potrebnega materiala za rekonstrukcijo izvoda 1
- Obstoječe stanje gospodarskih vodov na območju izvoda 1
- Načrt predvidene rekonstrukcije za celotno TP
- Načrt predvidene rekonstrukcije za izvod 1
- Načrt predvidene vključitve omrežja na novo TP
- Načrt predvidene rekonstrukcije izvoda 1
- Načrt predvidene rekonstrukcije izvoda 1 (sevni del)
- Načrt predvidene rekonstrukcije izvoda 1 (južni del)
- Enopolna shema celotne TP
- Enopolna shema izvoda 1