



ICES  
VIŠJA STROKOVNA ŠOLA

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

## **REKONSTRUKCIJA NN OMREŽJA V TP 20/0,4kV PLATINOVEC**

Mentor: mag. Georgi Zlatarev, univ. dipl. inž. el.  
Lektorica: Danila Bartol, univ. dipl. bibl.

Kandidat: Darko Šmit

Varoš, december 2020

## **ZAHVALA**

Zahvaljujem se mentorju mag. Georgiju Zlatarevu, univ. dipl. inž. el., za strokovno pomoč in usmerjanje.

Največje zahvala pa vsekakor velja moji družini: ženi Veroniki ter hčerkama Tinkari in Valentini, ki so mi moralno stale ob strani skozi ves študij.

## **IZJAVA**

Študent Darko Šmit izjavljam, da sem avtor tega diplomskega dela, ki sem ga napisal pod mentorstvom mag. Georgija Zlatareva univ. dipl. inž. el.

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

Dne \_\_\_\_\_

Podpis: \_\_\_\_\_

## **POVZETEK**

V diplomskem delu je na obravnavanem primeru prikazana sanacija dela NN omrežja. Obravnavano prostozračno NN omrežje je imelo slabe napetostne razmere, pogoste izpade in ni ustrezalo zahtevanim standardom dobave električne energije porabnikom. Opisan je celotni postopek obnove omrežja. Izvedene so meritve napetostnih razmer pred in po sanaciji omrežja. Izračunani so pretoki in napetostne razmere v omrežju. Usklajeno je varovanje in zaščita pri kratkih stikih. Opisan je tudi celotni postopek izvedbe sanacije in rekonstrukcije omrežja iz prostozračne v kabelsko izvedbo.

## **KLJUČNE BESEDE**

- nizkonapetostna omrežja
- zemeljski kabel
- prostostoječa priključno razdelilna omarica
- tehnične smernice
- enočrtna shema
- transformatorska postaja

## **ABSTRACT**

Rehabilitation of a part of the LV network in the case under consideration is given. The considered overhead lines had poor voltage conditions, frequent outages and did not meet the required standards of electricity supply to consumers. The diploma describes entire network renewal process. Measurements of voltage conditions were performed before and after the rehabilitation of the network. The flows and voltage conditions were calculated. Protection in case of short circuits is harmonized. It also describes the overall process of the restoration and reconstruction of the network from overhead to cable lines.

## **KEYWORDS**

- low-voltage grids
- sub-terrestrial cables
- freestanding electrical distribution box
- technical directives
- single-line diagram
- transforming station

## KAZALO

1	UVOD .....	1
1.1	Predstavitev problema.....	1
1.2	Cilji naloge .....	1
1.3	Predstavitev okolja .....	1
1.4	Predpostavke in omejitve .....	2
1.5	Metode dela .....	2
2	VELJAVNA TEHNIČNA REGULATIVA .....	2
2.1	Tehnična smernica GIZ.....	2
2.2	Pravilniki.....	3
3	NIZKONAPETOSTNA OMREŽJA .....	4
3.1	Vrste NN omrežij.....	4
3.2	Prostozračna omrežja .....	4
3.3	Kabelska omrežja.....	5
4	TEHNIČNO POROČILO.....	5
4.1	Opis obstoječega stanja.....	5
4.2	Opis predvidenega stanja.....	6
5	TEHNIČNI IZRAČUNI .....	10
5.1	Izračun napetostnih razmer s programom PSS .....	10
5.2	Izračun padca napetosti izvoda Jazbine.....	13
5.3	Izračun padcev napetosti .....	13
5.4	Dimenzioniranje (kontrola) na nazivni tok in ustreznost varovalnih elementov pri odcepu RO1 .....	14
5.5	Izračun toka enofaznega kratkega stika, izvoda Jazbine.....	14
5.6	Izračun najneugodnejših zank nizkonapetostnega omrežja in določitev varovanja.....	15
5.7	Izračun zanke od TP Platinovec na izvodu Jazbine do zadnjega odjemalca 17	
6	PRAKTIČNI PRIMER POSTAVITVE PS-RO NA TERENU.....	18
6.1	Končni izgled PS-RO na terenu.....	19
6.2	Načrt temelja za prostostoječe omarice.....	20
7	NAČINI POLAGANJA IN IZVEDBE KABLOV.....	21
7.1	Načini polaganja kablov .....	21
7.2	Načrt kabelskega jarka.....	23
7.3	Kabel NAY2Y-J – splošna uporaba .....	24
7.4	Označevanje .....	24
7.5	Vodnik.....	25
8	MERITVE ZARADI SLABIH NAPETOSTNIH RAZMER.....	25
8.1	Meritve z instrumentom Lem Memobox 800 .....	26
8.1.1	Omrežna frekvenca.....	27
8.1.2	Amplituda napajalne napetosti .....	28
8.1.3	Odkloni napajalne napetosti .....	28

8.1.4	Amplituda hitrih napetostnih sprememb .....	28
8.1.5	Jakost migetanja oziroma fliker .....	28
8.1.6	Upadi napajalne napetosti.....	28
8.1.7	Kratkotrajne prekinitve napetosti .....	29
8.1.8	Dolgotrajne prekinitve napetosti .....	29
8.1.9	Občasne prenapetosti omrežne frekvence med linijskimi vodniki in zemljo	29
8.1.10	Prehodne prenapetosti med linijskimi vodniki in zemljo .....	29
8.1.11	Neravnotežje napajalne napetosti .....	29
8.1.12	Harmoniki prenapetosti .....	29
8.1.13	Medharmoniske napetosti .....	30
8.2	Opravljenе meritve pred rekonstrukcijo omrežja.....	30
8.3	Graf meritev kritičnega trenutka .....	32
8.4	Opravljenе meritve po rekonstrukciji omrežja .....	33
9	ZAKLJUČEK .....	35
10	LITERATURA IN VIRI.....	36

## KAZALO SLIK

Slika 1:	Podprt dotrajan drog (vir lasten).....	6
Slika 2:	Situacija razdelilnih omaric (vir lasten).....	7
Slika 3:	Enopolna shema TP .....	9
Slika 4:	Modelirano omrežje .....	10
Slika 5:	Shema napetostnih zank 1 .....	11
Slika 6:	Shema napetostnih zank 2 .....	12
Slika 7:	Graf karakteristike NH2C ETI varovalnega vložka .....	16
Slika 8:	Prostostoječa omarica (Vir lasten) .....	18
Slika 9:	Notranjost prostostoječe omarice (Vir lasten).....	19
Slika 10:	Načrt temelja .....	20
Slika 11:	Polaganje kabla prosto v zemljo (Vir lasten) .....	21
Slika 12:	Polaganje kabla v cevi .....	22
Slika 13:	Cevna kanalizacija.....	22
Slika 14:	Položen kabel z opozorilnim trakom (Vir lasten).....	22
Slika 15:	Prikaz polaganja kabla prosto v zemljo .....	23
Slika 16:	Zadnji odjemalec (Vir lasten).....	26
Slika 17:	Merilni instrument .....	26
Slika 18:	Grafični prikaz meritev $U_{max}$ .....	30
Slika 19:	Grafični prikaz meritev $U_{min}$ .....	31
Slika 20:	Grafični prikaz meritev .....	32
Slika 21:	Grafični prikaz meritev $U_{max}$ po rekonstrukciji .....	34
Slika 22:	Grafični prikaz meritev $U_{min}$ po rekonstrukciji.....	34

## **KRATICE IN AKRONIMI**

DV:	daljnovod
NNO:	nizkonapetostno omrežje
RP:	razdelilna postaja
RTP:	razdelilna transformatorska postaja
SODO:	sistemski operater distribucijskega omrežja
TP:	transformatorska postaja
PS-RO:	prostostoječa razdelilna omarica
SKS:	samonosilni kabelski snop

# 1 UVOD

## 1.1 Predstavitev problema

Električna energija je eden od temeljev sodobnega načina življenja in dejavnik, ki omogoča tehnološki razvoj, zato si danes težko predstavljamo življenje brez nje.

Predvidoma bo poraba električne energije v prihodnje še naraščala, ker postaja naše delovanje vse kompleksnejše in se potrebe po električni energiji zaradi uporabe vedno novih električnih naprav povečujejo.

V Elektru Celje, d.d. skrbimo za zanesljivo, kakovostno, stroškovno učinkovito in okolju prijazno oskrbo odjemalcev električne energije ter izvajanje s tem povezanih storitev. V ta namen gradimo nove elektroenergetske objekte, s čimer zmanjšujemo število intervencij in slabih napetostnih razmer.

V diplomski nalogi je obravnavana rekonstrukcija NN omrežja zaradi dotrajanosti omrežja in slabih prenapetostnih razmer, za katero je bilo potrebno izdelati tehnično dokumentacijo, v kateri smo uporabili potrebne tipizacije in smernice.

## 1.2 Cilji naloge

Cilji naloge so, da:

- predstavimo rekonstrukcijo NN omrežja iz prostozračne v zemeljsko izvedbo,
- opišemo postopek, na kakšen način sploh pričnemo s takšnim projektom,
- si z izračuni in pravilniki pomagamo pri dimenzioniranju kabla,
- dokažemo, da bi s tem izboljšali napetostne razmere, prav tako pa zmanjšali možnost izpadov električne energije zaradi vremenskih nevšečnosti.

## 1.3 Predstavitev okolja

Rekonstrukcija NN omrežja se je izvajala v podjetju Elektro Celje, d. d., in sicer na nadzorništvu Mestinje, kjer sem tudi sam zaposlen.

V našem nadzorništvu upravljamo z RTP v Rogaški Slatini in pa z RP v Podplatu.

TP Platinovec pa se napaja na DV Tratna iz RTP Šentjur. DV Tratna posluhuje nadzorništvo Mestinje, RTP Šentjur pa nadzorništvo Šentjur.

V tej naši TP 20/0,4 kV Platinovec se nahaja 0,4 kV NN izvod Platinovec, ki ga bomo rekonstruirali.



## 1.4 Predpostavke in omejitve

Problem pri nas je, da je omrežje že zelo dotrajano, velikokrat so neurja, ki omrežje zelo poškodujejo. Prihaja pa tudi do motenj v oskrbi električne energije. Zato je potrebno veliko intervencij, na koncu pa dobivamo še neljube pritožbe nekaterih strank.

Pri vsaki intervenciji nastajajo nepotrebni stroški, ki bi se lahko namenili že za obnovo omrežja. Ob tem nastopi problem birokracije, saj traja kar nekaj časa, preden izpeljemo takšno rekonstrukcijo.

Pri načrtovanju trase bo treba pridobiti ustrezno dokumentacijo: soglasja lastnikov zemljišč, prečkanje cestne infrastrukture...

V diplomskem delu smo prikazali kakšen material potrebujemo in pa praktični potek, kako poteka sama rekonstrukcija omrežja.

## 1.5 Metode dela

Pri izdelavi diplomske naloge smo uporabili naslednje metode:

- v teoretičnem delu smo povzeli literaturo uporabljene tipizacije, smernic in študij
- izdelali smo matematični model obravnavanega NN omrežja in izračunali pretoke moči ter napetostne razmere za eno izbrano obratovalno stanje;
- v praktičnem delu pa smo podrobneje opisali rekonstrukcijo NN omrežja iz lastnih izkušenj.

## 2 VELJAVNA TEHNIČNA REGULATIVA

Pri dimenzioniranju nizkonapetostnega kabla smo uporabljali tehnično smernico TSG-N-002:2013.

### 2.1 Tehnična smernica GIZ

1. Tipizacija omrežnih priključkov, GIZ distribucije električne energije, maj 2005
2. Tipizacija EC : Prosto stoječe priključno merilne in razdelilne NN omarice
3. Tipizacija EC: Samonosni kabelski snop 0,6 – 1 kV
4. Tehnična smernica GIZ TS -1-9/2013 »Enožilni energetske kabli 12/20/24 kV«
5. Tehnična smernica GIZ TS - 3 - 12/2013« Trižilni energetske kabli 12-20-24 kV«

6. Tehnična smernica GIZ TS - 4 Pribor za kable 12-20-24 kV
7. Tehnična smernica GIZ TS - 5 Kabelski čevlji in tulci
8. Tehnična smernica GIZ TS - 6 Tehnični podatki distribucijskega elektroenergetskega omrežja
9. Tehnična smernica GIZ TS - 7 - 6/2014 » Smernica za gradnjo nadzemnih vodov«
10. Tehnična smernica GIZ TS - 8 - 6/2014 » Smernica za gradnjo podzemnih kabelskih vodov«
11. Tehnična smernica GIZ TS - 9 Pojmovnik s področja obratovanja in vzdrževanja DEES Slovenije
12. Tehnična smernica GIZ TS - 10 - 2/2015 »SN univerzalni energetski kablji 12/20/24 kV »
13. Tehnična smernica GIZ TS - 11 » Smernice za izbiro polaganje in prevzem kablov napetosti 1-35 kV
14. Tehnična smernica GIZ TS - 12-8/2015 » Usmeritve za gradnjo TP 20(10)/0,4 kV »
15. Tehnična smernica GIZ TS - 13 - 9/2017 » Elektro kabelska kanalizacija«
16. Tehnična smernica GIZ TS - 15 - 5/2015 » Smernica za gradnjo montažnih TP 20(10)/0,4 kV »
17. Tehnična smernica GIZ TS-16-9/2015 » Smernica za gradnjo kompaktnih TP 20(10)/0,4 kV« Tehnična smernica GIZ TS - 2 - 9/2013 » NN energetski kablji 1 kV
18. Smernice in navodila za izbiro, polaganje in prevzem elektroenergetskih kablov nazivne napetosti 1kVdo 35 kV . (EIMV, ref.št.2090)
19. Tehnična smernica za lesene drogove impregnirane z baker etanolaminskimi pripravki in kostanjeve drogove, april 2012
20. Izbira tehničnih lastnosti SN kovinsko-oksidnih prenapetostnih odvodnikov različnim razmeram obratovanja in mestom vgradnje, (EIMV, ref.št. 1835, maj 2008)
21. Določitev najvišje vrednosti ozemljitvene impedance transformatorskih postaj in določitev napetosti dotika v odvisnosti od trajanja toka okvare, (EIMV, štud. št. 2291, september 2015)
22. SIST EN 50160:2011 je slovenski standard, ki določa in opisuje značilnosti napajalne napetosti v javnih razdelilnih omrežjih za nizkonapetostna in sredjenapetostna omrežja (1 marec 2011)

## 2.2 Pravilniki

1. Pravilnik o elektroenergetskih postrojih izmenične napetosti nad 1kV, (Ur.l.RS, št. 63/16)
2. Pravilnik o zaščiti nizkonapetostnih omrežij in pripadajočih transformatorskih postaj, (Ur.l. RS, št.90/15)

3. Pravilnik o vzdrževanju elektroenergetskih postrojev (Ur.l. RS, št. 98/2015)
4. Pravilnik o obratovanju elektroenergetskih postrojev (Ur.l. RS, št.56/2016)

## **3 NIZKONAPETOSTNA OMREŽJA**

### **3.1 Vrste NN omrežij**

NN omrežja so tista, ki prenašajo električno energijo od transformatorskih postaj do uporabnikov na napetostnih nivojih do 1000V.

To so napetosti, na katere se direktno priključujejo nizkonapetostni porabniki 230/400 v gospodinjstvih, v industriji pa so lahko še napetosti 400/690, 500, 750 in 1000V.

### **3.2 Prostozaračna omrežja**

Prostozaračna omrežja potekajo prosto nad zemljo po opornih točkah z neizoliranimi ali izoliranimi (kabli) vodniki. Izpostavljeni so vsem atmosferskim vplivom, prav tako pa morajo prenašati natezne sile, ki se pojavijo zaradi napenjanja vodnikov.

Prednosti:

- enostavnost,
- preglednost,
- ekonomičnost,
- dostopnost.

Slabosti:

- neestetski videz,
- vpliv na okolico (poseki gozdov),
- izpostavljenost atmosferskim vplivom,
- prenašanje nateznih sil,
- nevarna napetost dotika,
- žled.

Nekatere slabosti na nizkonapetostnih omrežjih lahko rešimo z izvedbo nadzemnih kabelskih omrežij (samonosilni kabelski snop SKS).

### 3.3 Kabelska omrežja

Kabelska omrežja polagamo v zemljo (direktno, v kanale, tunele, jaške) ali vodo. Uporabljamo jih večinoma v naseljenih področjih zaradi varnosti in estetskega videza, čeprav so bistveno dražja.

Prednosti:

- ugodnejša zaradi širše uporabe,
- ne vplivajo na okolico,
- ni nevarnosti za napetost dotika,
- manj električnih izpadov,
- neodvisnost od vremenskih prilik.

Slabosti:

- nepreglednost,
- težja dostopnost,
- težje je odkriti in odpraviti napako,
- dražja investicija.

## 4 TEHNIČNO POROČILO

### 4.1 Opis obstoječega stanja

Niskonapetostno električno omrežje Platinovec je iz TP izvedeno deloma podzemno z zemeljskim kablom tipa PP00-A 4X70+2,5 mm<sup>2</sup> Al, v skupni dolžini 478m.

Nato naprej poteka prosto zračno po lesenih drogovih z SKS 4x35 mm<sup>2</sup>Al in vodniki Al/Fe 4x 25 mm<sup>2</sup>.

Priključki stanovanjskih objektov so zgrajeni delno z zemeljskimi kabli do priključno merilnih omaric PMO, delno pa nadzemno na stanovanjske objekte.

Priključni zemeljski kabli do posameznih objektov so tipa

PP00-A-4x25+2,5mm<sup>2</sup>Al,SKS 4x16 mm<sup>2</sup>Al.

Kabli in goli vodniki Al/Fe 4x25 mm<sup>2</sup>.

Povzeti moramo, da so nekateri drogovi zelo dotrajani ter da omrežje ne more več zagotoviti kakovostne energije odjemalcem, ki so na tem NN izvodu.



*Slika 1: Podprt dotrajan drog (vir lasten)*

## 4.2 Opis predvidenega stanja

Iz obstoječe TP 20/0,4 kV Platinovec se izvede nov nizkonapetostni izvod Platinovec. Obstoječi izvod Platinovec-Metličar se preimenuje v Terčič-Metličar, saj se obstoječi kabel podaljša za 280m do PS-PMO Terčič na parc.št.705/1.



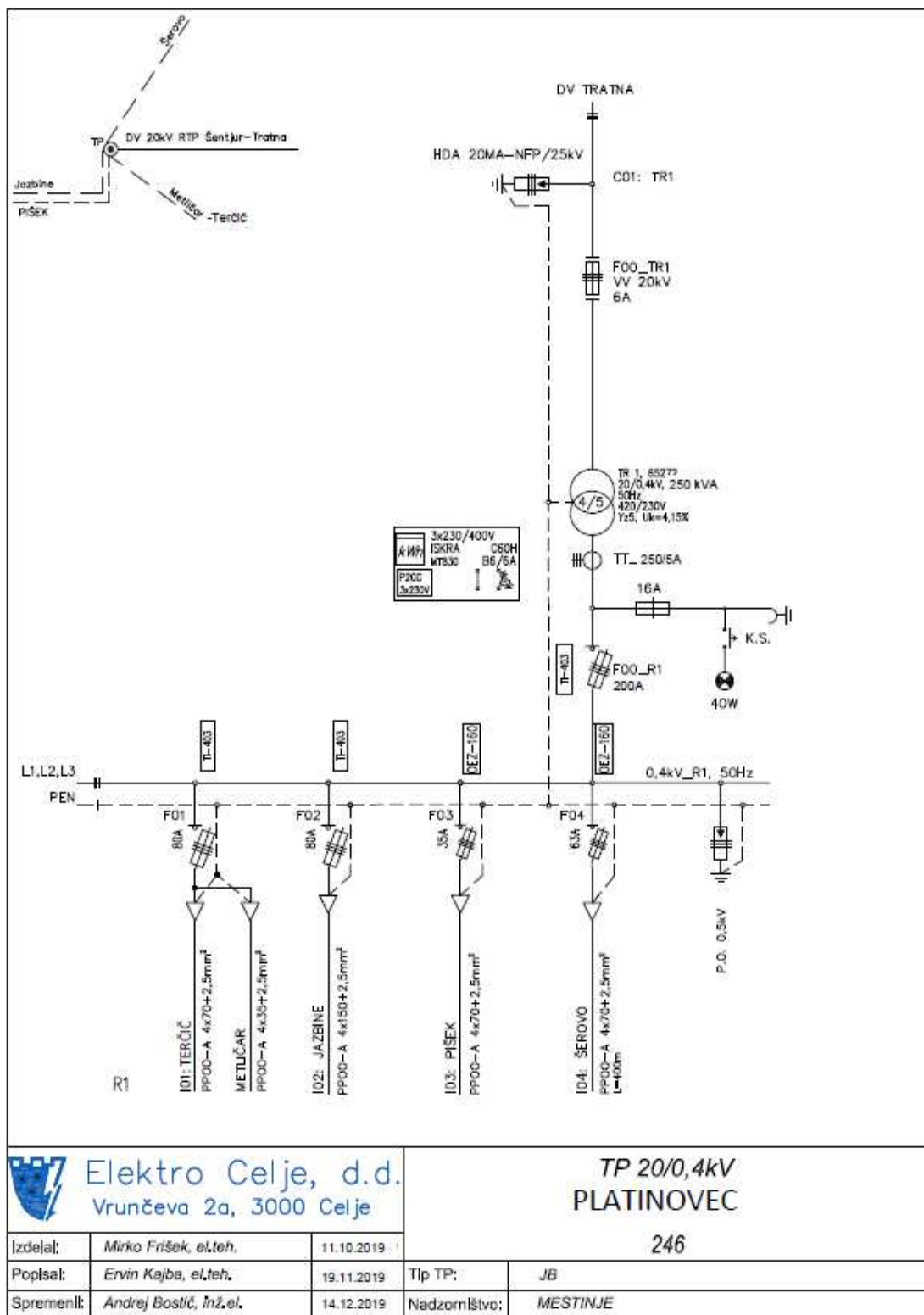
Slika 2: Situacija razdelilnih omaric  
(Vir lasten)

V transformatorski postaji je potrebno na kablovodih označiti smer poteka, dolžino in tip kabla. V TP Platinovec je potrebno z meritvijo kratkostičnih zank izvodov preveriti ustreznost varovalnih vložkov posameznih izvodov, ki se po potrebi zamenjajo z ustreznimi. Novi izvod Platinovec se iz TP Platinovec do predvidene omarice PS-RO1 izvede z zemeljskim kablom tipa NAY2Y-J 4x150mm<sup>2</sup>, v skupni dolžini 310 m, ki bo priključen skupaj z odvodom na stikalno letev tipa 2/400A/185. PS-RO1 bo locirana na rob parcelne številke 726,k.o.Dol. Za PS-RO1 se uporabi omarica tip DCWE 0 1140x605, ki se opremlja z eno stikalno letvijo tipa 2/400A/185 in dvema

letvama 00/160A/185, na kateri se priključita kabla hišnih priključkov Kajbe in Kolarič.

Povezava med PS-RO1 in PS-RO-2 se izvede z zemeljskim kablom tipa NAY2Y-J 4x150mm<sup>2</sup>, v skupni dolžini 90m, ki bo priključen skupaj z izvodom za PS-RO3 na stikalno lettev tipa 2/400A/185. PS-RO-2 bo locirana na parcelo št.714/1, k.o. Dol poleg obstoječe priključno merilne omarice Terčič. Za PS-RO2 se vgradi razdelilna omarica tip DCWE 0 EMITER, ki se opremi z eno stikalno letvijo tipa 2/400A/185 in eno NV stikalno letvijo tipa 00/160A/185, na katero se priklopi dovodni kabel 4x35 mm<sup>2</sup> za PMO Terčič.

Povezava med PS-RO2 in PS-RO3 se izvede z zemeljskim kablom tipa NAY2Y-J 4x150mm<sup>2</sup>, v skupni dolžini 140 m, ki bo priključen na nizkonapetostno stikalno lettev tipa 2/400/185. PS-RO3 bo locirana ob dovozni cesti na parcelno št.676/2,k.o.Dol. Za PS-RO3 se uporabi razdelilna omarica DCWE 0 1140x605, ki se opremi z eno stikalnoletvijo tipa 2/400A/185 in tremi letvami tipa 00/160/185, na te tri letve se priklopijo kabli za PS-RO4, odcep proti Guzeju in 35mm<sup>2</sup> za PMO Černoša. Povezava med PS-PMO3 in PS-PMO4 se izvede z zemeljskim kablom tipa NAY2Y-J-4x70mm<sup>2</sup>, v skupni dolžini 255m, ki se priključi na NN stikalno lettev tipa 00/160/185. PS-RO4 bo locirana ob desni strani stavbe parcelna št.655/1,k.o.Dol. Za PS-RO4 se uporabi razdelilna omarica DCWE 0 1140x605, ki se opremi s štirimi stikalnimi letvami tipa 00/160/185. Na prvo letev se priklopi dovodni kabel iz PS-RO3, na drugo kabel NAY2Y-J 4x70mm<sup>2</sup>, hišni priključek Zidar, na tretjo kabel NAY2Y-J-4 X 35 mm<sup>2</sup>, hišni priključek Šket Anton, in na zadnjo, četrto kabel NAY2Y-J 4x 35 mm<sup>2</sup>, hišni priključek Šket Marjan.



Slika 3: Enopolna shema TP  
(Vir Elektro Celje)



## 5 TEHNIČNI IZRAČUNI

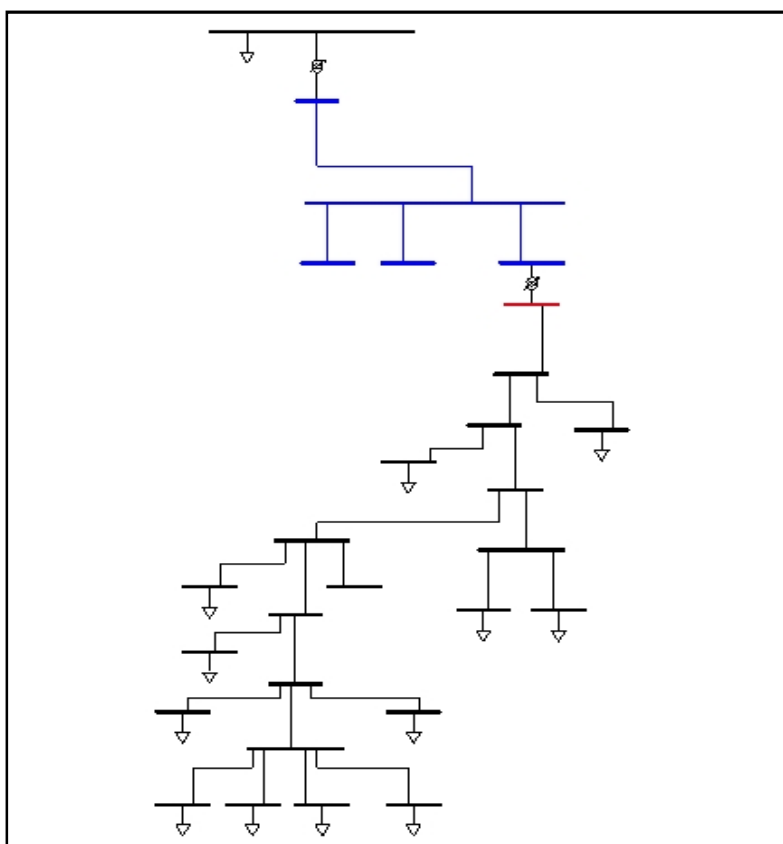
Izračun porazdelitev napetosti – pretokov moči po omrežju smo izračunali še s programom PSS<sup>®</sup>E, ki se uporablja za načrtovanje elektroenergetskih sistemov.

PSS<sup>®</sup>E omogoča izvajanje številnih analiz in funkcij, vključno s pretoki moči, dinamiko, kratkimi stiki, analizo nepredvidljivih dogodkov, optimalnim pretokom moči, napetostno stabilnostjo in simulacijo dinamične stabilnosti.

S programom PSS<sup>®</sup>E smo naredili izračun pretokov moči v obravnavanem omrežju od TP Platinovec 20/0,4 kV do odjemalcev na NN strani za odcep Jazbine.

### 5.1 Izračun napetostnih razmer s programom PSS

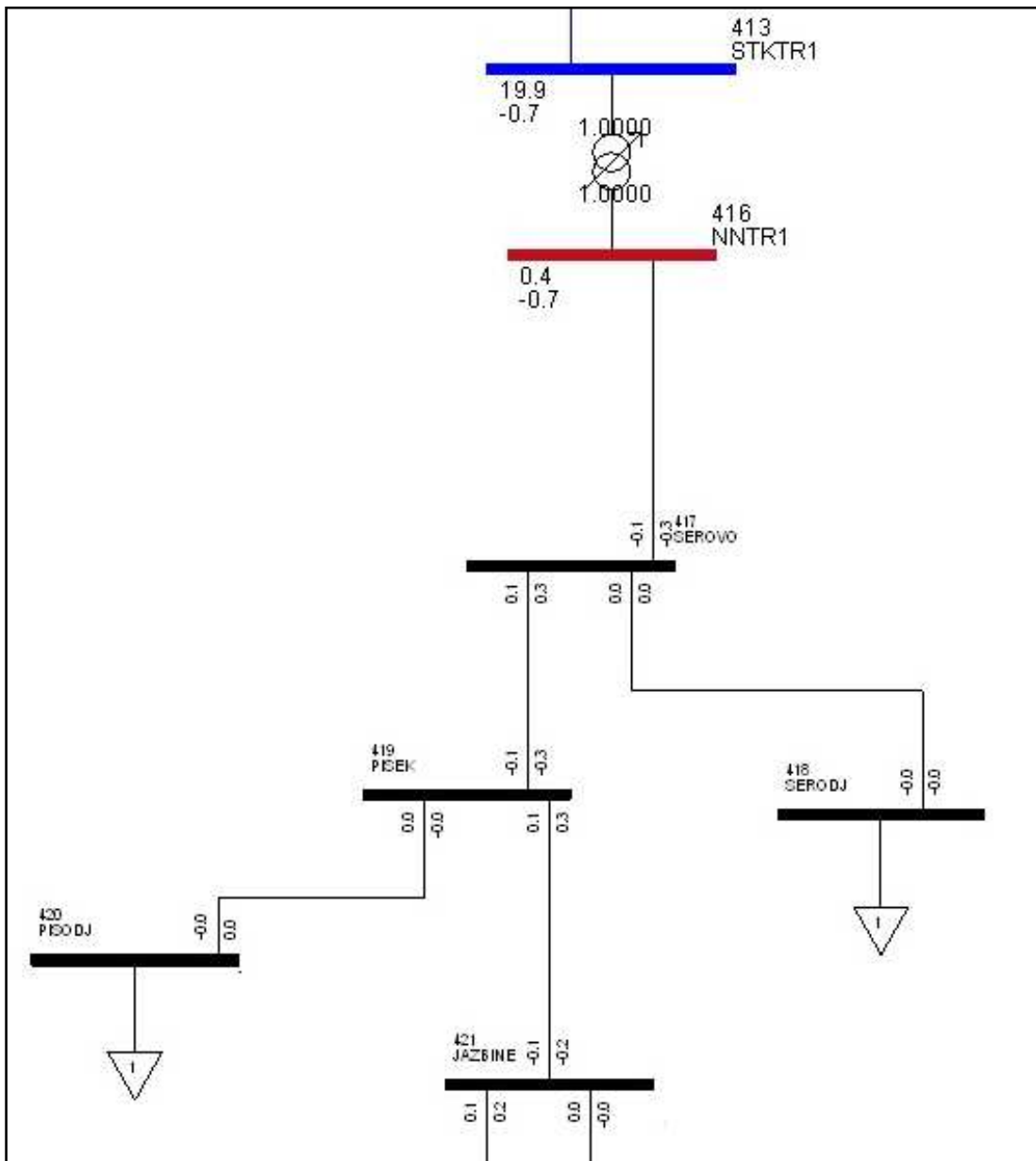
Modelirali smo NN omrežje iz TP 20/0,4 kV Platinovec za izvod Jazbine. Izračuni so narejeni za omrežje po rekonstrukciji. Odjemalci Šerovo, Pišek, Terčič in Metličar v normalnem obratovanju so priklopljeni na drugem izvodu z možnostjo preklopa na izvod Jazbine. Modelirano omrežje za izračun je podano na slikah 4, 5 in 6.



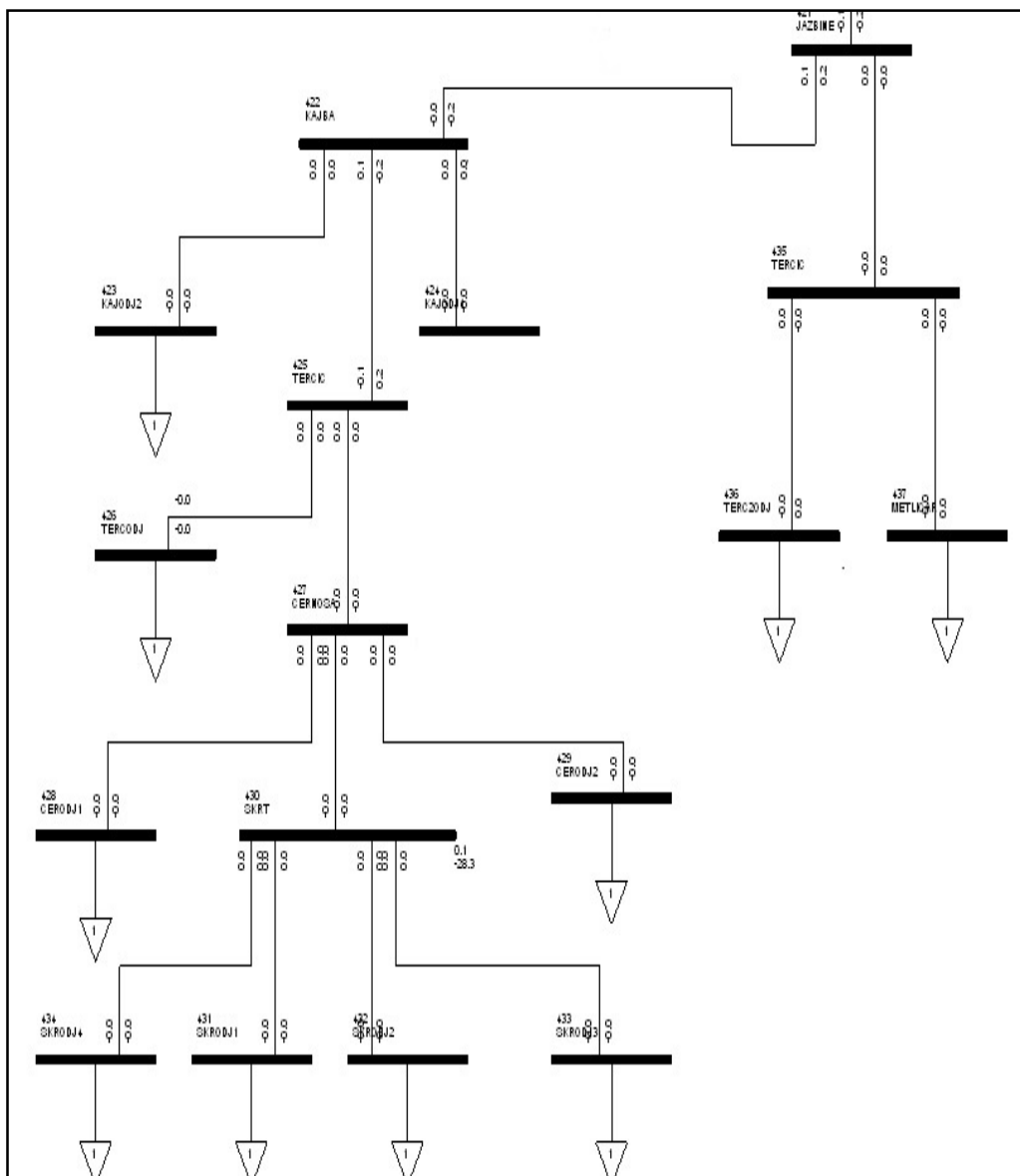
Slika 4: Modelirano omrežje

(Vir lasten)

Podroben prikaz omrežja je podan na slikah 5 in 6.



Slika 5: Shema napetostnih zank 1  
(Vir lasten)



Slika 6: Shema napetostnih zank 2  
(Vir lasten)

Obremenitve odjemalcev so enake maksimalni priključni moči. Ni upoštevan faktor istočasnosti, tj. vsi odjemalci imajo maksimalno priključno moč. Ta primer ni realen, v praksi omrežje nikoli ni tako močno obremenjeno.

Izračun pretokov po omrežju in napetosti je podan v prilogi A.

Pri tej maksimalni obremenitvi NN omrežja je padec napetosti na odseku TP Platinovec – Jazbine 7,2 % (napetost v TP Platinovec na NN strani je 397,6 V in v Jazbine 369 V (glej prilogo A).

Standard SIST EN 50160 dovoljuje napetosti v NN omrežju v mejah +/- 10 % (tj. od 360 V do 440 V). Tej omejitvi mora zadoščati najmanj 95 % izmerjenih 10-minutnih povprečnih vrednosti napetosti.

Že ta preprost primer, čeprav predpostavlja previsoko obremenitev omrežja, kaže na potrebo nekoliko dvigniti napetost v TP Platinovec na NN strani.

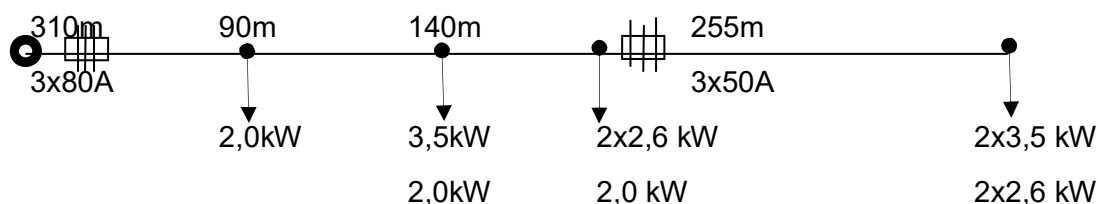
### 5.2 Izračun padca napetosti izvoda Jazbine

Na spodnji risbi je podano, s kakšnimi varovalkami bomo varovali to našo NNO in pa kakšne moči se predvidevajo za obratovanje.

Podana pa je tudi dolžina kabla.

TP Platinovec

NAY2Y-J 4x150SM RE mm<sup>2</sup>NAY2Y-J 4x70SMmm<sup>2</sup>



### 5.3 Izračun padcev napetosti

Na podlagi podanih podatkov smo izračunali padce napetosti v štirih vozliščih.

	Moč (kW)	Dolžina (km)	faktor (k)		Padec na veji
1	26,9	0,310	0,171	1	1,43
2	24,9	0,090	0,171	1	0,38
3	19,4	0,140	0,171	1	0,46
4	12,2	0,255	0,349	1	1,09
usk%=				SKUPNI u%	3,36

Skupni padec v liniji znaša 3,36%, kar je v mejah dovoljenega padca.

## 5.4 Dimenzioniranje (kontrola) na nazivni tok in ustreznost varovalnih elementov pri odcepu RO1

Zaščita pred preobremenitvenim tokom za najšibkejši prerez tokovodnika NAY2Y-J 4X35 RM RE mm<sup>2</sup> ( $I_z=120A$ ) je podana v nadaljevanju.

Zaščito pri tokovni preobremenitvi je treba uskladiti med vodnikom in zaščitno napravo, skladno z zahtevami standarda.

$P = 10,4 \text{ kW}$  (na podlagi tabele za gospodinjski in ostali odjem).

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \times U \times \cos \varphi} = \frac{26,9}{\sqrt{3} \times 0,4 \times 0,95} = 25,194 A$$

$$1. \quad I_B < I_{NV} < I_Z = 15,8A < 80A < 120A.$$

$$2. \quad I_{NV} < \frac{1,45 \times I_Z}{1,6} = \frac{1,45 \times 120}{1,6} = 108,75A$$

Zaščita je ustrezno usklajena.

Kjer so:

$I_B$  - tok, za katerega je tokokrog predviden,

$I_Z$  - trajno zdržni tok vodnika ali kabla,

$I_{NV}$  - nazivni tok zaščitne naprave,

$I_2$  - tok, ki zagotavlja zanesljivo delovanje zaščitne naprave, pri nadtokovnih zaščitnih napravah je to največji preizkusni tok,

$k$  - faktor za varovalke ( $k = 1,6$  za varovalke od 16A),

$P$  – priključna moč.

## 5.5 Izračun toka enofaznega kratkega stika, izvoda Jazbine

Kratkostične razmere morajo biti ugotovljene z meritvijo kratkostične zanke. Izvedemo računsko kontrolo.

- Izvod Jazbine:

Zemeljski kabel NAY2Y-J 4x150 mm <sup>2</sup> $l=0,540\text{km}$	$Z_1 = 0,540 \times 0,52 = 0,280\Omega$
Zemeljski kabel NAY2Y-J 4x70 mm <sup>2</sup> $l=0,255\text{km}$	$Z_2 = 0,255 \times 1,077 = 0,274\Omega$
Zemeljski kabel NAY2Y-J 4x35 mm <sup>2</sup> $l=0,105\text{km}$	$Z_3 = 0,105 \times 2,092 = 0,219\Omega$
Impedanca transformatorja NN navitja (250kVA)	$Z_{tr} = 0,039\Omega$
Pri zadnjem uporabniku	$Z_{sk} = 0,812\Omega$

$k$ – faktor izgube na spojih (0,95)

$$I = \frac{U \times k}{Z_{Jazbine}} = \frac{230 \times 0,95}{0,812} = 269,1 A \geq 2,5 \times I_{NV} \quad (2,5 \times 63 A = 157,5 A)$$

	Bremenski tok (A)	Kratkostični tok (A)	$I_B < I_{NV} < I_Z$
Izvod Jazbine	62,5	157,5,0	31,20A < 80A < 120A

## 5.6 Izračun najneugodnejših zank nizkonapetostnega omrežja in določitev varovanja

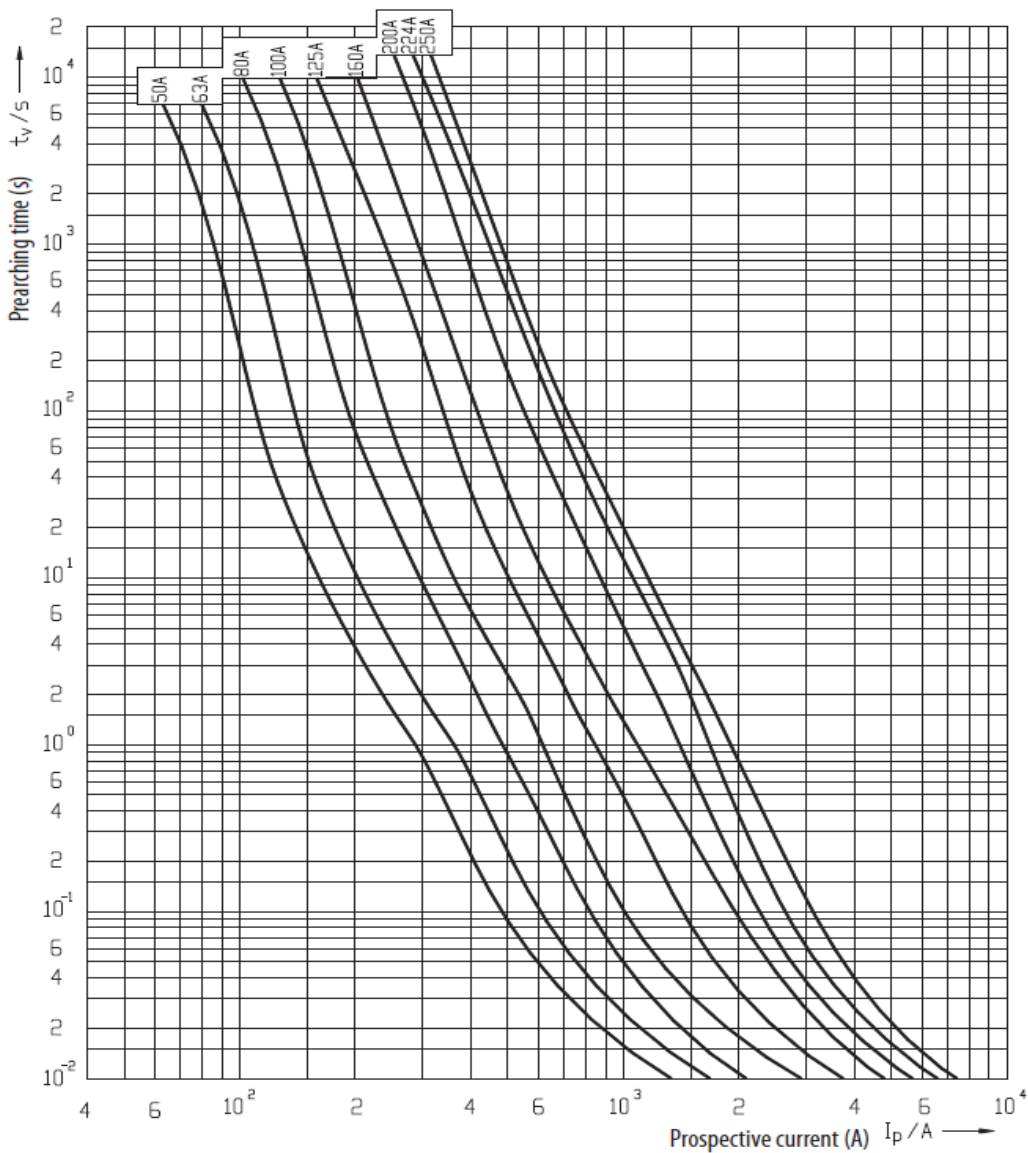
Impedanca transformatorja 250 kVA:  $Z_{tr} = 0,039 \Omega$ .

Impedance kablov, ki so predvideni za uporabo na izvodu Jazbine:

Vrsta kabla	Impedanca [ $\Omega$ /km]
NAY2Y-J / 4x150 mm <sup>2</sup>	0,52
NAY2Y-J / 4x70 mm <sup>2</sup>	1,077
NAY2Y-J / 4x35 mm <sup>2</sup>	2,092

Izklopni tok varovalk ( $t = 5s$ )

$I_n$ [A]	$I_k$ [A]
80	423,3
63	317,7
50	216,5



Slika 7: Graf karakteristike NH2C ETI varovalnega vložka

Trajno zdržni tok vodnika ali kabla:

Vrsta vodnika	$I_z$ [A]
NAY2Y-J / 4x150 mm <sup>2</sup>	275
NAY2Y-J / 4x70 mm <sup>2</sup>	175
NAY2Y-J / 4x35 mm <sup>2</sup>	120

## 5.7 Izračun zanke od TP Platinovec na izvodu Jazbine do zadnjega odjemalca

$$Z_{tr} = 0,039 \Omega.$$

$$Z_1 = 0,540 \text{ km} \times 0,52 \Omega/\text{km} = 0,280 \Omega.$$

$$Z_2 = 0,255 \text{ km} \times 1,077 \Omega/\text{km} = 0,274 \Omega.$$

$$Z_3 = 0,105 \text{ km} \times 2,092 \Omega/\text{km} = 0,219 \Omega.$$

$$Z_g = Z_{tr} + Z_1 + Z_2 + Z_3 = 0,039 + 0,280 + 0,274 + 0,219 = 0,812 \Omega.$$

$$I_k = (230/0,812) \times 0,95 = 269,08 \text{ A}.$$

Po katalogu «Elektroelementi Izlake» pregori uporabljeni varovalni vložek 80A v TP 20/0,4 kV Platinovec v času 5s pri toku 423,3A.

$$I_k < I_{KNV}; 238,8 \text{ A} < 423,3 \text{ A}.$$

Kot lahko vidimo, je kratkostični tok manjši od vrednosti toka, pri katerem varovalni vložek izklopi tokokrog v času 5s. To pomeni, da v primeru kratkega stika zaščita ne bo prekinila tokokroga po poteku 5s, zato je potrebno vmesno varovanje.

Zaradi selektivnega varovanja in manjšega kratkostičnega toka bomo izvedli vmesno varovanje v PS-RO3 z varovalkami 3x50A.



## 6 PRAKTIČNI PRIMER POSTAVITVE PS-RO NA TERENU

Prostostoječe omarice postavljamo v naravi običajno v dogovoru z lastnikom zemljišča, drugače pa je naša praksa, da jih postavimo ob objektu ali pa ob meji s sosedi in pa seveda, kar je najbolj pomembno, da jo postavimo tam, kjer nam je omogočen dostop.



*Slika 8: Prostostoječa omarica  
(Vir lasten)*

## 6.1 Končni izgled PS-RO na terenu

Slika nam predstavlja, kako je videti omarica na našem nizkonapetostnem izvodu, ko je v obratovanju.

V njej se nahajajo:

- bakrene letve (zgornje tri so L1,L2,L3 (faze) spodnja pa PEN (nični vodnik)),
- pet varovalnih stikalnih naprav (na katera so priklopljeni kabli),
- pet zemeljskih kablov različnega preseka NAY2Y-J,
- nizkonapetostni prenapetostni odvodniki protec B2S,
- polnilo, ki se nahaja v temelju omarice in je namenjeno temu, da prepreči vdor vlage v omaro.

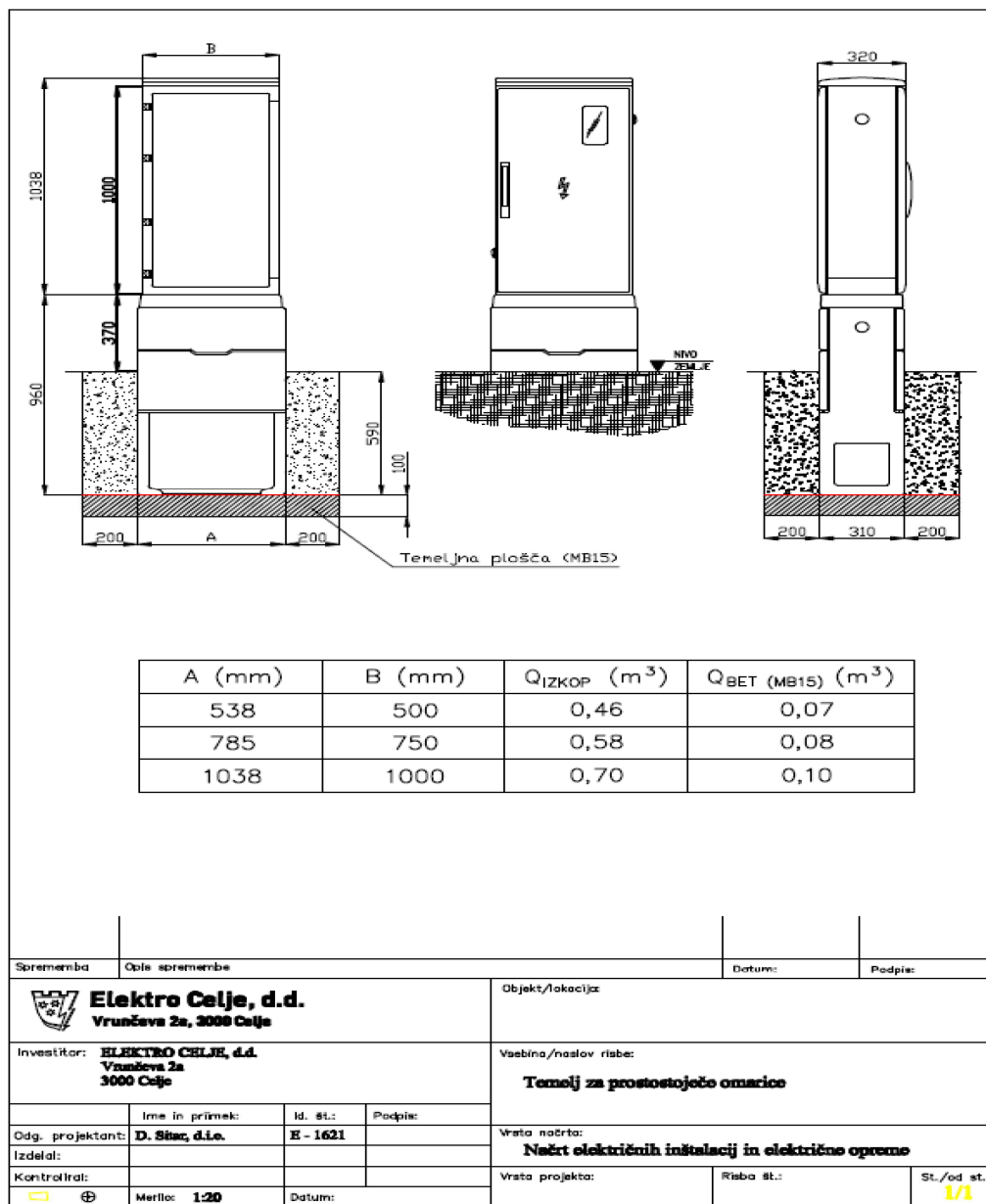
Vsaka omara pa mora biti opremljena z napisi in pa z enopolno shemo.



Slika 9: Notranjost prostostoječe omarice  
(Vir lasten)

## 6.2 Načrt temelja za prostostoječe omarice

Spodnja slika nam prikazuje dimenzije omarice in temelja in pa kako bomo temelj vgradili v zemljo. Zelo je pomembno, kako je vgrajen temelj, saj je od njega odvisno, na kateri višini bo potem omarica. Glede na velikost omarice pa se odločimo na podlagi števila odjemalcev, ki jih nameravamo priklopiti. Običajno vgrajujemo omarice tipa različnih proizvajalcev.



Slika 10: Načrt temelja  
(Vir Elektro Celje)

## 7 NAČINI POLAGANJA IN IZVEDBE KABLOV

### 7.1 Načini polaganja kablov

Pri polaganju kablov se moramo ravnati po navodilih in standardih, polaganje je lahko ročno ali strojno. Paziti moramo, da kabla ne vlečemo prek ostrih ovir. V teh primerih se uporabijo ustrezni valji in pazimo na polmer krivljenja. Globina polaganja je odvisna od načina polaganja in terena. V zemljo se polaga 0,8 metra globoko. Polmer upogibanja kabla pri polaganju je 12-kratni premer (D) kabla. Pri segrevanju kabla z odprtim ognjem (samo pri PVC izolaciji) pa se polmer krivljenja lahko zmanjša. Še dovoljena temperatura okolice za polaganje kablov je  $-5^{\circ}\text{C}$ . Če je hladneje, se mora kabel segreti na temperaturo  $+5^{\circ}\text{C}$  tako, da ga pustimo v toplejšem prostoru do tri dni ali pa ga segrevamo z električnim tokom. Lahko ga polagamo v suhih in vlažnih prostorih, na prostem in v kabelski kanalizaciji, kjer se ne pričakujejo mehanske poškodbe. Kabelski jarek ne zasipujemo z grobim materialom ali kamenjem. Rdeči opozorilni trak – pozor elektrika – se namesti nad kablom v višini 30 cm.

Načini polaganja kablov:

- v zemljo,
- v cevi,
- na police,
- v kanale,
- na stene,
- cevna kanalizacija.



Slika 11: Polaganje kabla prosto v zemljo  
(Vir lasten)



*Slika 12: Polaganje kabla v cevi  
(Vir lasten)*



*Slika 13: Cevna kanalizacija  
(Vir lasten)*

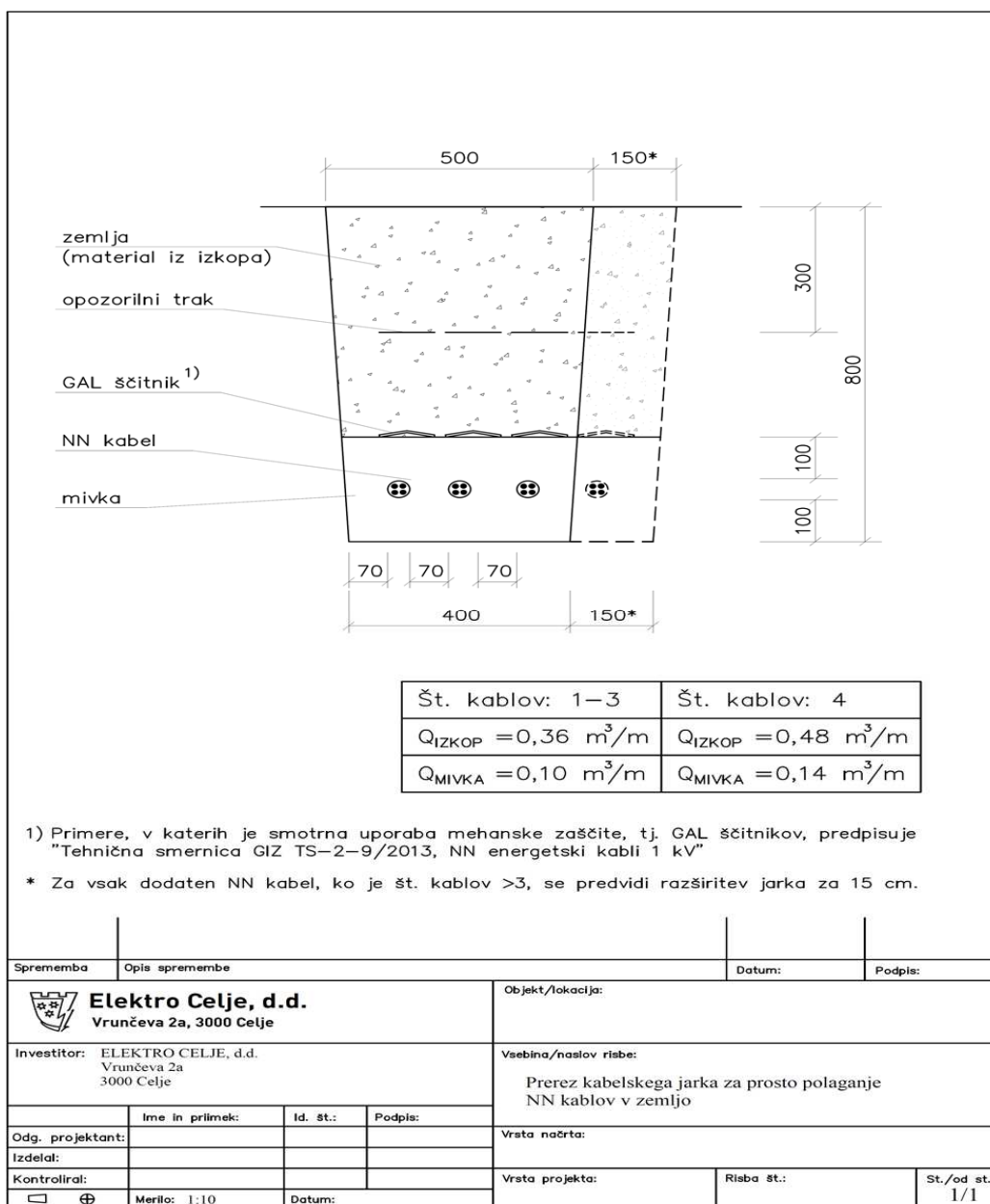


*Slika 14: Položen kabel z opozorilnim  
trakom  
(Vir lasten)*

## 7.2 Načrt kableskega jarka

Pri polaganju kablov prosto v zemljo je točno določeno, da mora biti jarek globok 0,8 m, širina jarka pa je odvisna od števila kablov v jarku.

Na dno jarka vsujemo mivko, vanj pa položimo kable. Nato položimo GAL ščitnike, na njih pa damo material iz izkopa. 0,3m pod vrhom zasutja pa položimo opozorilni trak, nato pa z materialom iz izkopa zasujemo do vrha.



Slika 15: Prikaz polaganja kabla prosto v zemljo  
(Vir Elektro Celje)

### 7.3 Kabel NAY2Y-J – splošna uporaba

Je primeren predvsem za polaganje na prostem in direktno polaganje v zemljo zaradi posebno trdega HDPE plašča. Polaga se tam, kjer se pričakuje večji mehanski vpliv okolja, zaradi večje togosti pa manj v zaprtih prostorih, kabelskih ceveh in kanalih.

### 7.4 Označevanje

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

1. Identifikator označevanja po standardu  
**N** oznaka za kabel po SIST HD standardu; (2.2.1)
2. Vodnik  
**A** vodnik iz aluminija  
**-** bakren vodnik (brez označbe)
3. Izolacija  
**Y** polivinilklorid (PVC)  
**2X** omreženi polietilen (XLPE)
4. Plašč  
**Y** polivinil klorid (PVC)  
**2Y** termoplastični polietilen (PE)
5. Zaščitni vodnik  
**O** brez rumeno – zelene žile  
**J** z rumeno – zeleno žilo
6. Število žil
7. Nazivni prerez v mm<sup>2</sup>
8. Oblika vodnika  
**R** okrogel vodnik **E** polni vodnik  
**S** sektorski vodnik **M** večžični vodnik
9. Žile v kablu dodatnih prerezov (v kolikor so prisotne 1xCu 1,5 RE ali 1xCu 2,5 RE(6)(7)(8))
10. Nazivna napetost (U<sub>0</sub>/U).

## 7.5 Vodnik

GIZ-TS-2 (2013) navaja, da je vodnik izdelan iz več Al ali Cu žic, izdelanih iz materialov v skladu s standardom in obliko po standardu. Vodnik je do preseka  $35 \text{ mm}^2$  okrogle oblike, nad  $35 \text{ mm}^2$  pa so žice sektorske oblike po standardu.

Tipski preseki vodnika okrogle oblike so za Al in Cu:  $35 \text{ mm}^2$ .

GIZ-TS-2 (2013) navaja tipске preseke vodnika sektorske oblike za baker in aluminij:

- $35 \text{ mm}^2$ ,
- $50 \text{ mm}^2$ ,
- $70 \text{ mm}^2$ ,
- $95 \text{ mm}^2$ ,
- $120 \text{ mm}^2$ ,
- $150 \text{ mm}^2$ ,
- $185 \text{ mm}^2$ ,
- $240 \text{ mm}^2$ .

## 8 MERITVE ZARADI SLABIH NAPETOSTNIH RAZMER

Na pritožbo stranke zaradi slabih napetostnih razmer smo pri tej stranki opravili meritve v priključni omarici.

Meritve so trajale en teden in iz njih je bilo razvidno, da so ob določenih urah preveliki padci napetosti.

Prevelik padec napetosti je nastal zaradi dotrajanega omrežja in povečane porabe električne energije.

Ugotovili smo, da je na izvodu priključena velika prašičja farma in je ravno ta največji porabnik električne energije ob določenih urah, ko potekajo dela v farmi.

Iz fizikalnih lastnosti pa vemo, da je napetost na koncu linije najslabša in da ta stranka najbolj občuti nihanja napetosti.



Opravljenе meritve pri odjemalcu Šket (glej sliko 16).



Slika 16: Zadnji odjemalec  
(Vir lasten)

## 8.1 Meritve z instrumentom Lem Memobox 800

Merilni instrument Lem Memobox 800 je merilni instrument avstrijskega proizvajalca Lem Norma.



Slika 17: Merilni instrument  
(Vir lasten)

Instrument se uporablja za merjenje kakovosti električne energije in odpravljanje težav na nizkonapetostnem in sredjenapetostnem omrežju.

Napetosti, ki so izmerjene, so shranjene v programiranem časovnem obdobju. Meritve se izvajajo v zaporedju sedmih dni, nato sledi analiza dobljenih rezultatov. Dobljene podatke naložimo na računalnik in v programu Codam izrišemo grafe izmerjenih veličin.

Je zelo enostaven za priključitev in ima pomnilnik, ki deluje po vrednostih SIST EN 50160. Določila standarda se lahko prav tako uporabijo pri sestavi pogodbe med odjemalcem in dobaviteljem, ki opredeljuje dobavo električne energije. Napajalno srednjo in nizko napetost v skladu s tem standardom definiramo s trinajstimi parametri, s katerimi se opiše kakovost napetosti.

Instrument beleži naslednje parametre:

- omrežna frekvenca,
- amplituda napajalne napetosti,
- odkloni napajalne napetosti,
- amplituda hitrih napetostnih sprememb,
- jakost migetanja oziroma fliker,
- upadi napajalne napetosti,
- kratkotrajne prekinitve napetosti,
- dolgotrajne prekinitve,
- občasne prenapetosti omrežne frekvence med linijskimi vodniki in zemljo,
- prehodne prenapetosti med linijskimi vodniki in zemljo,
- neuravnotežene napajalne napetosti,
- harmoniki prenapetosti,
- medharmonske napetosti.

### 8.1.1 Omrežna frekvenca

Nazivna omrežna frekvenca napetosti je 50 Hz. Ob normalnih pogojih je srednja vrednost osnovne frekvence, ki je merjena v deset sekundnem intervalu:

- za sisteme, ki obratujejo sinhrono v interkonekciji:
  - 50 Hz $\pm$ 1% ( to je od 49,5 do 50,5 Hz) v 95% enega tedna,
  - 50 Hz  $\pm$  4% /-6% ( to je od 47 do 52 Hz) v vsem(100%) tednu;
- za sisteme, ki ne obratujejo sinhrono v interkonekciji oziroma obratujejo otočno:
  - 50 Hz  $\pm$  2% ( to je od 49 do 51 Hz) v 95 % enega tedna,
  - 50 Hz  $\pm$  15% ( TO JE OD 42,5 DO 57,5 Hz) v vsem (100%) tednu.

### 8.1.2 Amplituda napajalne napetosti

Standardizirana nazivna napetost  $U_n$  javnih nizkonapetostnih omrežij je:

- za štirivodne trifazne sisteme:

$U_n = 230$  V med linijskim (faznim) vodnikom in nevtralnimi vodnikom;

- za trivodne trifazne sisteme:

$U_n = 400$  V med linijskim (faznim) vodnikom.

### 8.1.3 Odkloni napajalne napetosti

Ob normalnih obratovalnih pogojih, razen v razmerah, ki nastopijo zaradi okvar in prekinitev napajanja:

- mora biti 95% vseh 10-minutnih period srednjih efektivnih vrednosti napajalne napetosti enega tedna v mejah  $U_n + 10\%$  in
- morajo biti vse 10-minutne periode srednjih efektivnih vrednosti napajalne napetosti v mejah  $U_n + 10\% / -15\%$ .

### 8.1.4 Amplituda hitrih napetostnih sprememb

Hitre napetostne spremembe napajalne napetosti so večinoma posledice spremembe obremenitve v odjemalčevih inštalacijah ali stikanj v omrežju. Ob normalnih obratovalnih pogojih hitre napetostne spremembe v splošnem ne presegajo 5%  $U_n$ , v nekaterih okoliščinah pa lahko nekajkrat na dan nastanejo kratkotrajne spremembe napetosti v velikosti do 10%  $U_n$ .

### 8.1.5 Jakost migetanja oziroma fliker

Ob normalnih obratovalnih pogojih mora biti v kateremkoli tednu dolgotrajna jakost flikerja ( $P_{ft}$ ), ki se izračuna po spodnji enačbi, povzročena s kolebanjem napetosti v 95% tedna manjša ali enaka 1 ( $P_{ft} \leq 1$ ).

$$P_{ft} = \sqrt[3]{\sum_{i=1}^{12} \frac{P_{sti}^3}{12}}$$

$P_{sti}$  je kratkotrajna vrednost flikerja merjena v obdobju desetih minut.

### 8.1.6 Upadi napajalne napetosti

Ob normalnih obratovalnih pogojih sme biti pričakovano letno število upadov napetosti od nekaj deset do tisoč. Večina upadov napetosti traja manj kot sekundo in ima globino upada manjšo kot 60%, včasih pa lahko nastanejo tudi upadi napetosti z večjo globino in daljšim trajanjem. Na nekaterih območjih so lahko zelo

pogosti upadi napetosti z globino med 10% in 15%  $U_n$  zaradi stikanj bremen v odjemalčevih inštalacijah.

#### **8.1.7 Kratkotrajne prekinitve napetosti**

Ob normalnih obratovalnih pogojih je mogoče na leto pričakovati od nekaj deset do nekaj sto kratkotrajnih prekinitev. Približno 70% kratkotrajnih prekinitev lahko traja manj kot eno sekundo.

#### **8.1.8 Dolgotrajne prekinitve napetosti**

Ob normalnih obratovalnih pogojih je lahko letna pogostost prekinitev napajalne napetosti, daljših od treh minut, manjša od 10 ali pa od 50, kar je odvisno od območja.

#### **8.1.9 Občasne prenapetosti omrežne frekvence med linijskimi vodniki in zemljo**

V posebnih okoliščinah lahko kratek stik na VN strani transformatorja v času, ko tečejo kratkostični tokovi, povzroči občasne prenapetosti na NN strani transformatorja. Praviloma te prenapetosti ne presegajo 1,5 kV efektivno.

#### **8.1.10 Prehodne prenapetosti med linijskimi vodniki in zemljo**

V splošnem temena prehodnih prenapetosti ne presegajo 6 kV, občasno pa se pojavljajo višje vrednosti. Časi trajanja vzpona prehodnih prenapetosti zajemajo širok razpon od manj kot mikrosekunde pa do nekaj milisekund.

#### **8.1.11 Neravnotežje napajalne napetosti**

Ob normalnih obratovalnih pogojih mora biti v kateremkoli tednu 95% vseh 10-minutnih srednjih efektivnih vrednosti inverzne komponente napajalne napetosti med 0% in 2% direktne komponente napajalne napetosti. Na delih omrežja, kjer so deloma priključene tudi enofazne inštalacije odjemalcev, na predajnem mestu nastajajo neravnotežja napetosti, ki znašajo tudi do 3%.

#### **8.1.12 Harmoniki prenapetosti**

Ob normalnih obratovalnih pogojih mora biti v kateremkoli tednu 95% vseh 10-minutnih srednjih efektivnih vrednosti posameznih harmonskih napetosti enakih ali manjših od vrednosti. Resonance lahko povzročijo večje napetosti posameznih harmonikov.

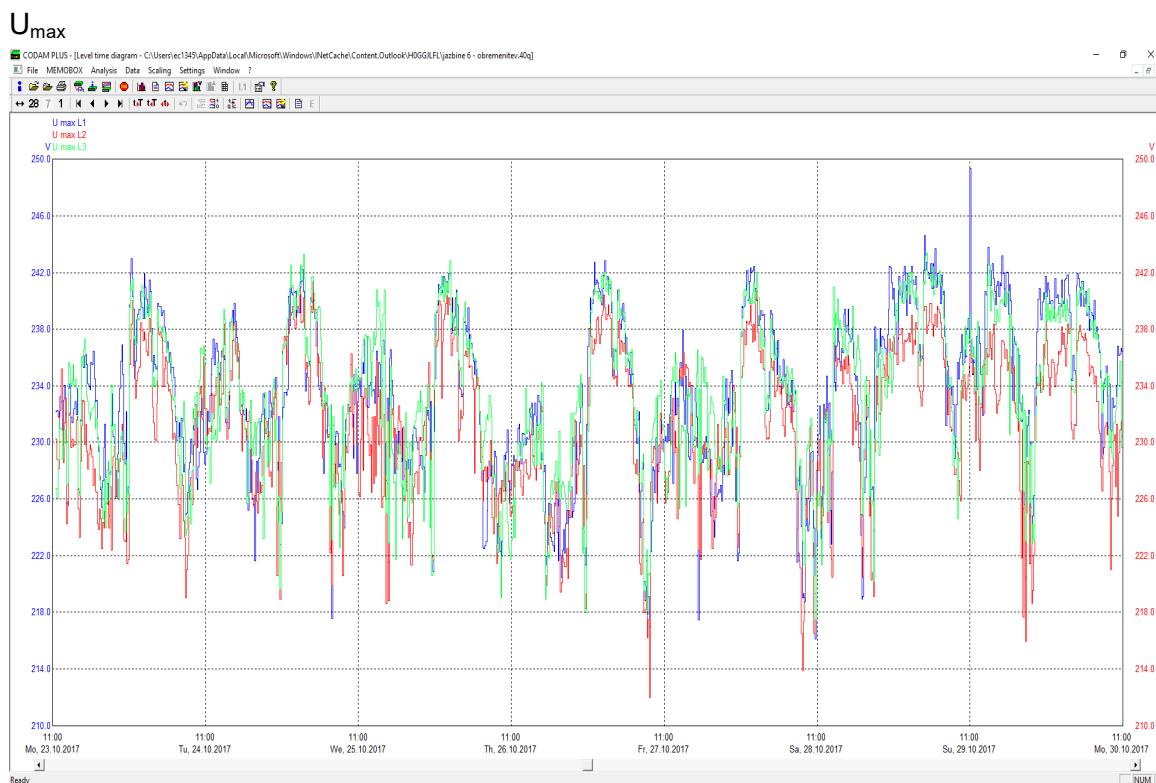
### 8.1.13 Medharmonske napetosti

Medharmonska napetost je sinusoidna napetost s frekvenco med harmonikoma, kar pomeni, da njena frekvenca ni celoštevilčni večkratnik osnovne frekvence. Medharmonske napetosti sosednjih frekvenc lahko nastanejo sočasno in tvorijo širokopasovni spekter.

Raven medharmonikov narašča zaradi porasta števila frekvenčnih pretvornikov in podobne krmilne opreme. Ravni medharmonikov še v tem trenutku niso postavljene, vrednosti so v preučevanju. V nekaterih primerih medharmonske napetosti, tudi v majhnih vrednostih, povzročajo fliker ali motenost sistemov tonskega krmiljenja.

## 8.2 Opravljene meritve pred rekonstrukcijo omrežja

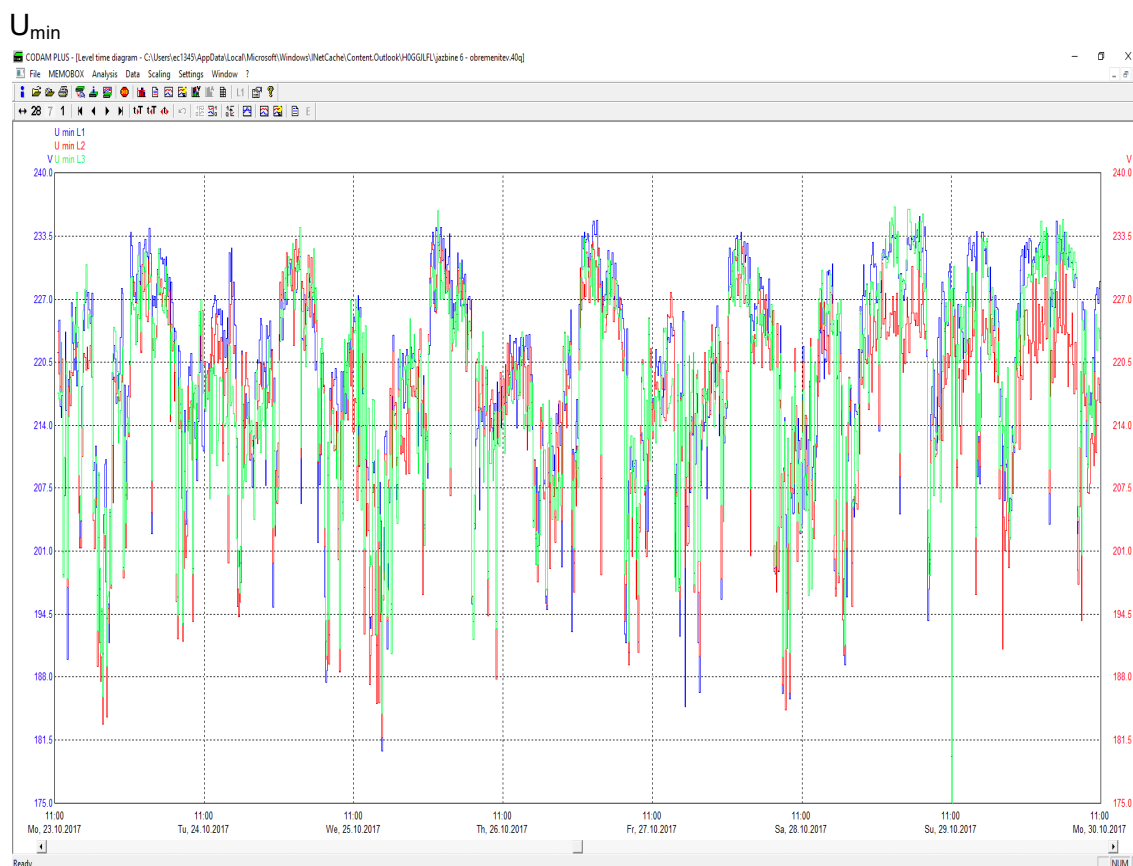
Pri vseh grafih smo povzeli podatke meritev na tedenski ravni, meritve so se pa beležile vsakih deset minut. Iz grafa je razvidno, da je bilo pri merjenju maksimalne napetosti pri kritičnih trenutkih tudi za več kot 25 V nihanja napetosti pri vseh treh fazah.



Slika 18: Grafični prikaz meritev  $U_{max}$

Poudariti je treba, da so v tem grafu beležene minimalne napetosti vseh treh faz, kar nam pove, da je bila napetost ob kritičnih trenutkih krepko pod 190 V, kar pa ne zadostuje normativom in smo se na podlagi tega tudi odločili, da smo pristali v obnovo omrežja.

Padec napetosti pri kritičnih trenutkih je bila tudi več kot 35 V.



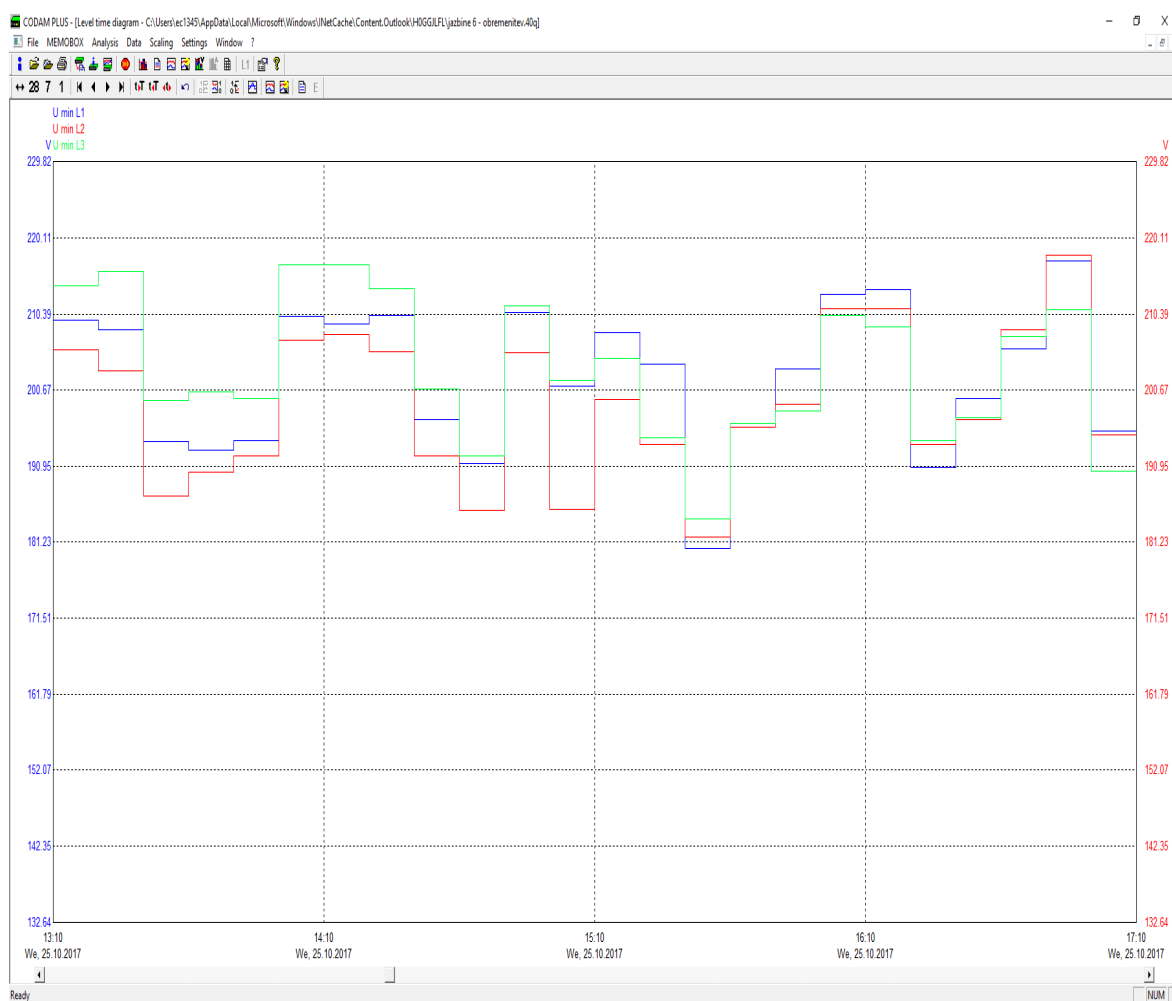
Slika 19: Grafični prikaz meritev Umin

### 8.3 Graf meritev kritičnega trenutka

V tem grafu smo prikazali najbolj kritičen trenutek, ki prikazuje štiri ure meritev.

Graf prikazuje meritev vseh treh faz minimalnih vrednosti, v katerih je bila prikazana kot najslabša faza L2. Meritve so bile zabeležene pred obnovo NN omrežja.

Po podatkih, ki jih je zaznal ta naš instrument, je razvidno, da so meritve pokazale, da napetost ne zadostuje našim normativom in je pritožba stranke upravičena, saj je padec napetosti ob kritičnih trenutkih prevelik.



Slika 20: Grafični prikaz meritev

datum	čas	U povprečje L1 (V)	U povprečje L2 (V)	U povprečje L3 (V)	U min L1 (V)	U min L2 (V)	U min L3 (V)	U max L1 (V)	U max L2 (V)	U max L3 (V)
25.10.2017	13:10:00	231,62	218,96	229,48	213,8	202,5	210,45	234,91	226,45	233,24
25.10.2017	13:20:00	225,62	222,21	228,48	209,61	205,85	214	233,66	231,78	236,48
25.10.2017	13:30:00	225,44	219,04	230,74	208,36	203,13	215,78	233,76	227,07	237,84
25.10.2017	13:40:00	226,2	219,83	229,97	194,14	187,24	199,37	232,82	231,88	236,9
25.10.2017	13:50:00	227,01	218,54	229,76	192,99	190,27	200,52	234,7	227,6	237,42
25.10.2017	14:00:00	227,09	223,31	232,82	194,25	192,26	199,58	236,48	235,85	240,77
25.10.2017	14:10:00	226,37	225,35	234,56	210,14	207	216,72	233,24	231,15	239,62
25.10.2017	14:20:00	228,12	223,78	234,22	209,09	207,84	216,62	235,65	229,79	239,93
25.10.2017	14:30:00	230,81	227,24	233,86	210,24	205,54	213,69	235,54	233,76	238,57
25.10.2017	14:40:00	227,33	221,75	229,54	196,96	192,36	200,83	233,97	231,67	236,8
25.10.2017	14:50:00	226,35	217,89	223,19	191,32	185,25	192,36	234,39	225,4	231,05
25.10.2017	15:00:00	229,73	220,55	229,01	210,55	205,43	211,5	237,21	226,13	239,1
25.10.2017	15:10:00	228,85	223,84	229,27	201,25	185,36	201,98	236,27	231,99	240,77
25.10.2017	15:20:00	223,09	219,34	220	208,05	199,47	204,7	229,9	226,13	227,6
25.10.2017	15:30:00	219,56	209,39	216,24	204,07	193,72	194,66	227,28	218,6	224,98
25.10.2017	15:40:00	214,93	212,45	214,95	180,34	181,8	184,21	233,14	227,07	231,46
25.10.2017	15:50:00	212,06	210,93	213,63	195,92	195,92	196,44	221,53	218,81	222,89
25.10.2017	16:00:00	225,16	221,91	219,77	203,45	198,85	198,01	235,96	232,61	228,85
25.10.2017	16:10:00	229,62	228,13	228,67	212,85	211,08	210,24	236,59	233,76	235,44
25.10.2017	16:20:00	228,97	226,93	224,33	213,48	211,08	208,78	234,39	231,99	229,48
25.10.2017	16:30:00	223,65	225,07	221,85	190,9	193,83	194,25	233,35	232,4	229,16
25.10.2017	16:40:00	220,94	220,2	216,46	199,68	196,96	197,17	230,31	230,31	227,07
25.10.2017	16:50:00	223,86	227,57	220,58	205,95	208,36	207,52	227,8	230,94	227,18
25.10.2017	17:00:00	226,26	224,42	218,3	217,14	217,87	210,97	230,52	228,12	221,74
25.10.2017	17:10:00	223,83	223,86	221,27	195,5	194,98	190,38	228,85	229,37	228,12

Tabela 1: Analitični prikaz meritev

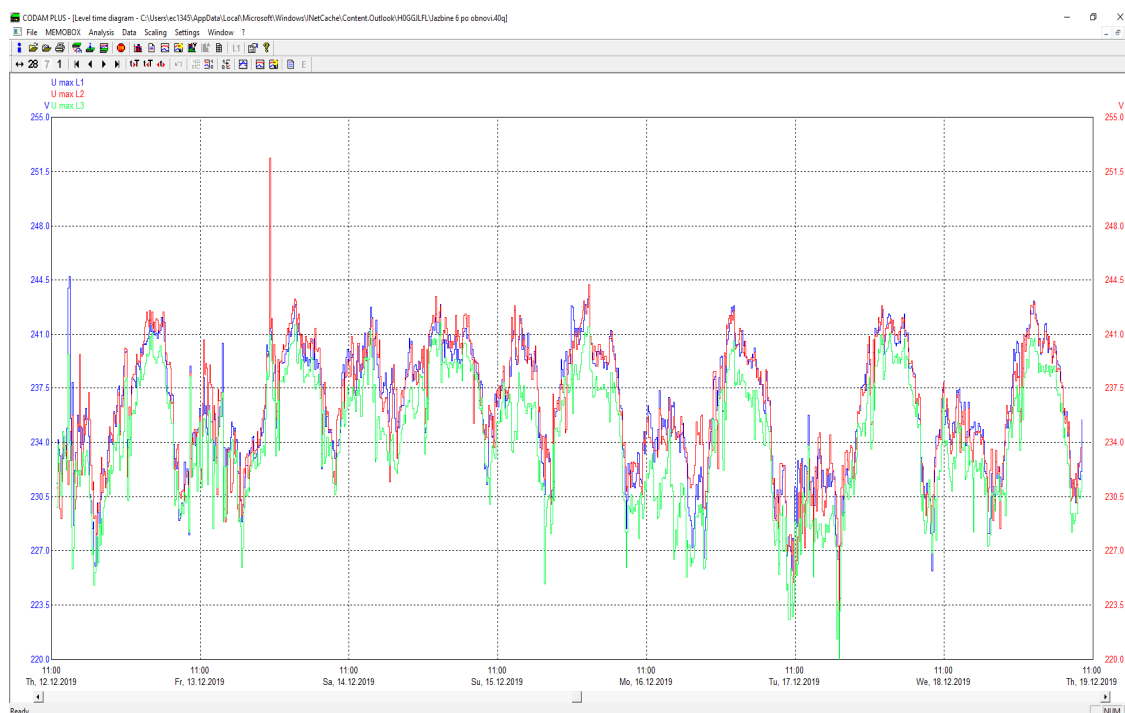
## 8.4 Opravljene meritve po rekonstrukciji omrežja

$U_{\max}$

Po rekonstrukciji omrežja smo prav tako namestili meritve za enako časovno obdobje kot pred rekonstrukcijo omrežja.

Slika 22 prikazuje maksimalno napetost vseh treh faz in nam pove, da se je napetost bistveno izboljšala, saj ni več takšnega nihanja.

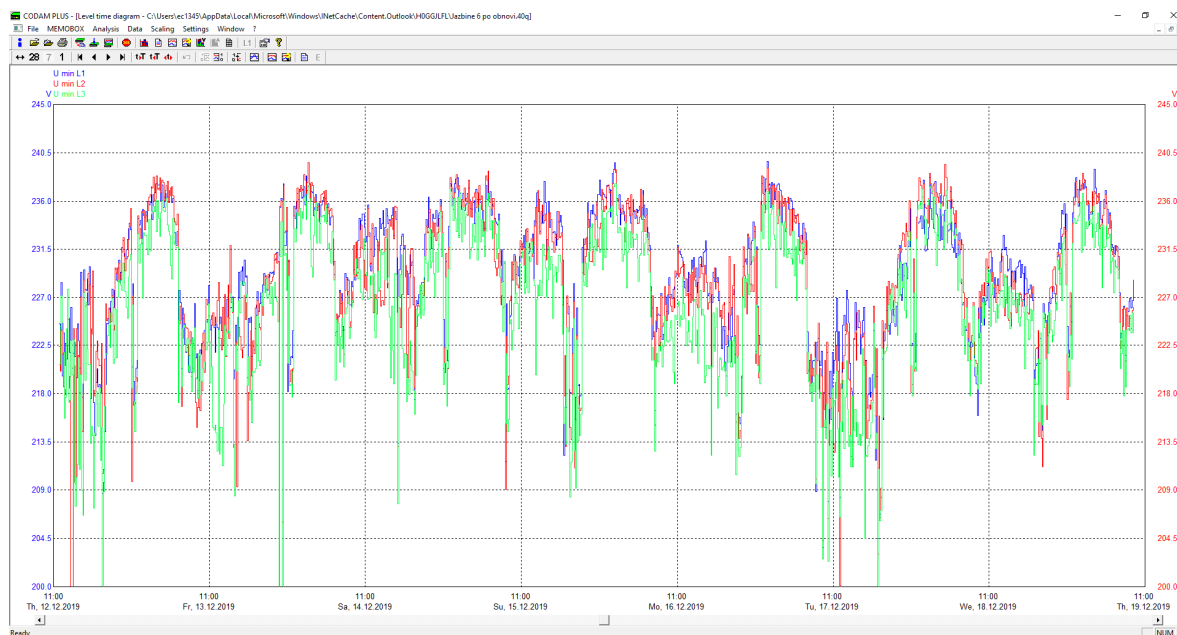




Slika 21: Grafični prikaz meritev  $U_{max}$  po rekonstrukciji

$U_{min}$

Tudi graf, ki nam prikazuje vrednost minimalnih napetosti, nam pove, da se je napetost izboljšala in da ni več takšnega padca napetosti.



Slika 22: Grafični prikaz meritev  $U_{min}$  po rekonstrukciji

## 9 ZAKLJUČEK

V nalogi so podani izračuni in opisani postopki pri rekonstrukciji dela NN omrežja (TP 20/0,4 kV Platinovec), ki je bila izvedena v podjetju Elektro Celje. Predstavili smo postopek od začetka do realizacije obnove NN omrežja.

Rekonstrukcija NN omrežja je bila narejena iz prostozračnega v kabelsko izvedbo. Omrežje je bilo dotrajano, prihajalo je do motenj v oskrbi električne energije. Zaradi neustreznih vodnikov so bile napetosti pod dovoljeno mejo. Izvedene meritve napetosti pred rekonstrukcijo dovoljeni meji (tj. 440 V). To potrjujejo tudi meritve napetosti po opravljeni rekonstrukciji omrežja so to potrdile. Meritve napetosti so bile izvedene tudi po rekonstrukciji omrežja in so potrdile ustreznost sanacije.

Izračunali smo pretoke in ustrezne padce napetosti v obravnavanem omrežju za maksimalno dovoljeno moč odjema odjemalcev (ni bila upoštevana istočasnost nastopa maksimalne moči) s programom PSS<sup>®</sup>E. Rezultati kažejo na ustrezno sanacijo omrežja. Kot priporočilo za nastavitev odcepov na TR 20/0,4 kV predlagamo nastavitev napetosti na zgornja omrežja.

Predlagamo, da se v bodočnosti pri rekonstrukciji delov omrežja (tako SN kot NN) poleg napetosti opravi tudi registracija obremenitev na napajalnem vodu. Rezultati meritev bodo v pomoč pri oceni uspešnosti izvedb sanacije kot tudi pri uvajanju novih tehnologij in storitev.

## 10 LITERATURA IN VIRI

Elektro Celje, d.d. interno gradivo

ETI Elektroelemnt d. o. o.. Dostopno na <http://www.eti.si/product-search-2?view=search&levelid=248&start=320> (13.10.2020)

Kupec, Gregor. (2016). Vpliv razpršenih virov na distribucijsko omrežje. Diplomsko delo. Maribor: Univerza v Mariboru: Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko.

Memobox. Dostopno na <http://www.helmut-singer.de/stock/-808835178.html> (5.7.2020)

Niskonapetostni energetska kabli 1 kV. Izolacija vodnika. Dostopno na <http://www.giz-dee.si/Portals/0/Tipizacija/GIZ-TS-2-NN-Energetska-kabli-1-kV>. (10.10.2020)

ProgramPSS<sup>®</sup>E–PowerSystemSimulator,  
<https://new.siemens.com/global/en/products/energy/energy-automation-and-smart-grid/pss-software.html> (15.11.2020)

SIST EN 50160:2011.SIST (2011). Značilnosti napetosti v javnih razdelilnih omrežjih (Voltage characteristics of electricity supplied by public distribution networks), Ljubljana : SIST.

Zlatarev, Georgi. (2019). Vodenje obratovanja elektroenergetskih sistemov. Zapiski predavanj.

## **PRILOGA A**

**Rezultati izračuna napetosti in pretokov moči obravnavanega omrežja s programom PSS<sup>®</sup>-E**

PTI INTERACTIVE POWER SYSTEM SIMULATOR--PSS(R)E WED, NOV 18 2020 11:50  
 SLOVENSKO OMREZE - TRENUTNO STANJE, MODELIRANI VSI G %MVA FOR TRANSFORMERS  
 STANJE BREZ TRANZITA, SAMO SLOVENSKO OMREŽJE, EKV. % I FOR NON-TRANSFORMER BRANCHES

X----- FROM BUS -----X		AREA	VOLT	GEN	LOAD	SHUNT	X----- TO BUS -----X		TRANSFORMER		RATING								
BUS#-SCT	X-- NAME --X	BASKV	ZONE	PU/KV	ANGLE	KW/KVAR	KW/KVAR	KW/KVAR	BUS#-SCT	X-- NAME --X	BASKV	AREA	CKT	KW	KVAR	RATIO	ANGLE	%	SET
415	STKCPV	20.000	10	0.9941	-1.4	0.0	0.0	0.0											
			1	19.882		0.0	0.0	-0.0	412	STKPE2	20.000	10	1	0.0	-0.0			0	245
416	NNTR1	0.4000	10	0.9941	-1.4	0.0	0.0	0.0											
			1	0.3976		0.0	0.0	-0.0	413	STKTR1	20.000	10	1	-112.4	-67.5	1.000UN		8	2
									417	SEROVO	0.4000	10	1	112.4	67.5				
417	SEROVO	0.4000	10	0.9689	-3.4	0.0	0.0	0.0											
			1	0.3876		0.0	0.0	-0.0	416	NNTR1	0.4000	10	1	-111.8	-61.8				
									418	SERODJ	0.4000	10	1	0.0	-0.0				
									419	PISEK	0.4000	10	1	111.6	61.9				
418	SERODJ	0.4000	10	0.9689	-3.4	0.0	0.0	0.0											
			1	0.3876		0.0	0.0	-0.0	417	SEROVO	0.4000	10	1	0.0	-0.0				
419	PISEK	0.4000	10	0.9451	-5.5	0.0	0.0	0.0											
			1	0.3780		0.0	0.0	-0.0	417	SEROVO	0.4000	10	1	-111.1	-56.3				
									420	PISODJ	0.4000	10	1	-0.0	-0.0				
									421	JAZBINE	0.4000	10	1	110.7	56.4				
420	PISODJ	0.4000	10	0.9451	-5.5	0.0	0.0	0.0											
			1	0.3780		0.0	0.0	-0.0	419	PISEK	0.4000	10	1	0.0	0.0				
421	JAZBINE	0.4000	10	0.9226	-7.8	0.0	0.0	0.0											
			1	0.3690		0.0	0.0	-0.0	419	PISEK	0.4000	10	1	-110.1	-50.8				
									422	KAJBA	0.4000	10	1	109.6	51.1				
									435	TERCIC	0.4000	10	1	0.0	0.0				
									M I S M A T C H				0.6	-0.3					
422	KAJBA	0.4000	10	0.8915	-11.3	0.0	0.0	0.0											
			1	0.3566		0.0	0.0	-0.0	421	JAZBINE	0.4000	10	1	-108.7	-42.7				
									423	KAJODJ2	0.4000	10	1	7.9	2.1				
									424	KAJODJ1	0.4000	10	1	7.9	2.1				
									425	TERCIC	0.4000	10	1	92.6	38.7				
423	KAJODJ2	0.4000	10	0.8872	-12.1	0.0	8.0	0.0											
			1	0.3549		0.0	2.0	-0.0	422	KAJBA	0.4000	10	1	-7.9	-2.0				
424	KAJODJ1	0.4000	10	0.8893	-11.7	0.0	8.0	0.0											
			1	0.3557		0.0	2.0	-0.0	422	KAJBA	0.4000	10	1	-7.9	-2.0				
425	TERCIC	0.4000	10	0.8915	-11.3	0.0	0.0	0.0											
			1	0.3566		0.0	0.0	-0.0	422	KAJBA	0.4000	10	1	-92.6	-38.7				
									426	TERCODJ	0.4000	10	1	16.7	5.0				

								427	CERNOSA	0.4000	10	1	75.7	33.8	
426	TERCODJ	0.4000	10	0.8905	-11.5	0.0	17.0	0.0							
			1	0.3562		0.0	5.0	-0.0	425	TERCIC	0.4000	10	1	-16.7	-5.0
427	CERNOSA	0.4000	10	0.8740	-13.4	0.0	0.0	0.0							
			1	0.3496		0.0	0.0	-0.0	425	TERCIC	0.4000	10	1	-75.3	-30.4
									428	CERODJ1	0.4000	10	1	11.8	4.0
									429	CERODJ2	0.4000	10	1	11.8	4.5
									430	SKRT	0.4000	10	1	51.2	22.2
									M I S M A T C H			0.5	-0.3		
428	CERODJ1	0.4000	10	0.8726	-13.6	0.0	12.0	0.0							
			1	0.3490		0.0	4.0	-0.0	427	CERNOSA	0.4000	10	1	-11.8	-4.0
429	CERODJ2	0.4000	10	0.8598	-15.4	0.0	12.0	0.0							
			1	0.3439		0.0	4.0	-0.0	427	CERNOSA	0.4000	10	1	-11.7	-4.0
430	SKRT	0.4000	10	0.8327	-19.0	0.0	0.0	0.0							
			1	0.3331		0.0	0.0	-0.0	427	CERNOSA	0.4000	10	1	-50.7	-16.3
									431	SKRODJ1	0.4000	10	1	13.5	4.3
									432	SKRODJ2	0.4000	10	1	11.6	4.1
									433	SKRODJ3	0.4000	10	1	13.5	4.1
									434	SKRODJ4	0.4000	10	1	11.6	4.1
431	SKRODJ1	0.4000	10	0.8264	-20.1	0.0	14.0	0.0							
			1	0.3306		0.0	4.0	-0.0	430	SKRT	0.4000	10	1	-13.5	-4.0
432	SKRODJ2	0.4000	10	0.8285	-19.6	0.0	12.0	0.0							
			1	0.3314		0.0	4.0	-0.0	430	SKRT	0.4000	10	1	-11.6	-4.0
433	SKRODJ3	0.4000	10	0.8302	-19.4	0.0	14.0	0.0							
			1	0.3321		0.0	4.0	-0.0	430	SKRT	0.4000	10	1	-13.5	-4.0
434	SKRODJ4	0.4000	10	0.8304	-19.4	0.0	12.0	0.0							
			1	0.3321		0.0	4.0	-0.0	430	SKRT	0.4000	10	1	-11.6	-4.0
435	TERCIC	0.4000	10	0.9226	-7.8	0.0	0.0	0.0							
			1	0.3690		0.0	0.0	-0.0	421	JAZBINE	0.4000	10	1	-0.0	-0.0
									436	TERC2ODJ	0.4000	10	1	0.0	-0.0
									437	METLICAR	0.4000	10	1	-0.0	-0.0
436	TERC2ODJ	0.4000	10	0.9226	-7.8	0.0	0.0	0.0							
437	METLICAR	0.4000	10	0.9226	-7.8	0.0	0.0	0.0							
			1	0.3690		0.0	0.0	-0.0	435	TERCIC	0.4000	10	1	0.0	0.0