



B&B  
VIŠJA STROKOVNA ŠOLA

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

**REŠITEV SPREMEMBE  
REKONSTRUKCIJE OMREŽJA SREDNJE  
IN NIZKE NAPETOSTI ZA BRUHANJO VAS**

Mentor: doc. dr. Matej Kranjc  
Lektorica: Manja Belina, mag. prof. slov. in mag. prof. špan.

Kandidat: Tone Lušin

Ljubljana, september 2024

## **ZAHVALA**

Zahvaljujem se mentorju doc. dr. Mateju Kranjcu za vso pomoč in podporo pri pisanju diplomskega dela.

Hvala g. Romanu, g. Damjanu in g. Jerneju iz podjetja Elektro Ljubljana, d. d., za usmeritve in nasvete pri izdelavi diplomskega dela.

Še posebej bi se rad zahvalil partnerki Janji za podporo in vzpodbudne besede v najtežjih trenutkih pisanja. Hvala tudi vsem, ki ste me vzpodbujali.

## **IZJAVA**

Študent Tone Lušin izjavljam, da sem avtor tega diplomskega dela, ki sem ga napisal pod mentorstvom doc. dr. Mateja Kranjca.

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 naselju Bruhanja vas se je s preходом na »zeleno energijo« in trendom povečave priključne moči nizkonapetostnih odjemalcev pojavila težava zagotavljanja zadostne količine priključne moči kakor tudi priklopa malih obnovljivih virov električne energije. Zaradi zavrnitve večjega števila vlog za povečavo priključne moči in vlog za priklop malih sončnih elektrarn smo se odločili za elektroenergetsko sanacijo vasi Bruhanja vas. Pri analizi obstoječega elektroenergetskega stanja omrežja smo z meritvami kakovosti električne energije ugotovili, da kakovost električne energije na koncu nizkonapetostnega voda ne ustreza standardu SIST EN 50160, kar je bil še dodaten razlog za takojšnjo sanacijo omrežja. Sanacijo omrežja bomo izvedli z izgradnjo nove transformatorske postaje TP 20/0,4 kV Bruhanja vas, pripadajočim srednjenapetostnim omrežjem in razbremenitvijo nizkonapetostnega omrežja.

V diplomskem delu smo izvedli analizo obstoječega elektroenergetskega napajalnega stanja vasi Bruhanja vas in analizirali več možnih projektnih rešitev izvedbe sanacije elektroenergetskega omrežja. Zaradi same lege vasi v neposredni bližini razdelilne srednjenapetostne postaje RP Dobropolje imamo na voljo več možnih rešitev priklopa na srednjenapetostno omrežje. Posledično se nam ponuja več možnih izvedb nove transformatorske postaje TP 20/0,4 kV Bruhanja vas in možnosti različnih izvedb umestitve transformatorske postaje v prostor. S primerjavo cene različnih izvedb in možnostjo umestitve v prostor smo prišli do zaključka, da je najbolj optimalna rešitev izvedba pločevinaste transformatorske postaje tipa TEN 2SF, priključene na daljnovod DV Prevole in umeščene v samo središče vasi.

Po končani izvedbi projekta izgradnje nove transformatorske postaje TP 20/0,4 kV Bruhanja vas smo opravili meritve kakovosti električne energije in prišli do ugotovitve, da je kakovost električne energije skladna s standardom SIST EN 50160.

## **KLJUČNE BESEDE**

- Rekonstrukcija
- Omrežje
- Analiza
- Kakovost oskrbe

## **ABSTRACT**

With the transition to "green energy" and the trend towards increasing the connection capacity of low-voltage consumers, the problem of providing sufficient connection capacity and the connection of small renewable energy sources arose in Bruhanja vas. As a result of the rejection of a large number of applications for increased connection capacity and applications for small solar power plants, we decided to reconstruct the electric supply in the village of Bruhanja vas. During the analysis of the existing electricity network, power quality measurements showed that the power quality at the end of the low voltage line did not meet the SIST EN 50160 standard, which was an additional reason for the immediate reconstruction of the network. The revitalisation of the network will be carried out through the construction of a new substation TS 20/0.4 kV Bruhanja vas, the associated medium voltage network and the disconnection of the low voltage network.

In this thesis, we have analysed the existing power supply situation in the village of Bruhanja vas, and we have analysed several possible project solutions for the reconstruction of the power grid. Due to the location of the village, in the immediate vicinity of the DS Dobropolje substation, we have several possible solutions for connection to the grid. As a result, there are a number of possible designs for a new 20/0.4 kV Bruhanja vas substation and several options for the location of the substation in the area. By comparing the price of the various designs and the possibility of implementing them in the area, we have come to the conclusion that the most optimal solution is a metal-sheet substation of TEN 2SF type, connected to the OTL Prevole and located in the very centre of the village.

After the completion of the project of constructing the new substation DS 20/0,4 Bruhanja vas, we carried out the measurements of power quality and came to the conclusion that the power quality complies with the SIST EN 50160 standard.

## **KEYWORDS**

- Reconstruction
- NetWork
- Analysis
- Quality of care

## KAZALO

1	UVOD .....	1
2	OPIS OBSTOJEČEGA NAPAVALNEGA STANJA TP 20/0,4 kV RATIKE .....	2
2.1	Transformatorska postaja .....	2
2.2	Srednje napetostno omrežje (SNO) .....	3
2.3	Nizko napetostno omrežje (NNO) .....	4
2.4	Meritve kakovosti električne energije (KEE) .....	4
3	RAZLOGI ZA SPREMEMBE .....	8
4	ANALIZA PROJEKTNE REŠITVE .....	9
4.1	Analiza možnosti projektne rešitve lokacijsko-tehnične izvedbe .....	9
4.2	Projektne rešitve možne tehnične rešitve priklopa SN dovoda .....	11
4.3	Analiza primerjave lokacije in cene izvedbe projekta .....	13
4.4	Analiza odškodnin služnosti .....	14
5	IZBRANA KONČNA IZVEDBA PROJEKTBE REŠITVE .....	15
6	UPORABLJENA ELEKTRO TEHNIČNA OPREMA IN IZVEDBA REŠITVE ..	16
6.1	Kratek opis del .....	16
6.2	Transformatorska postaja .....	17
6.3	Transformator .....	18
6.4	Uporaba opreme 20 kV .....	20
6.5	Uporaba opreme 0,4 kV .....	21
6.6	Tehnični podatki o kablilih .....	23
6.6.1	Samonosilni kabelski snop .....	26
6.7	Ozemljitve .....	28
7	MERITVE KAKOVOSTI ELEKTRIČNE ENERGIJE (KEE) PO IZGRADNJI NOVE TP 20/0,4 kV BRUHANJA VAS IN SANACIJI NN OMREŽJA .....	32
8	ZAKLJUČEK .....	34
9	LITERATURA IN VIRI .....	36

## KAZALO SLIK

Slika 1: Enopolna shema TP .....	3
Slika 2 : Obstoječ NNO skozi naselje .....	4
Slika 3 : Diagram toka v TP .....	6
Slika 4 : Diagram napetosti in flikerja .....	6
Slika 5 : Najmanjši dovoljeni odmiki TP .....	10
Slika 6: Prikaz lokacije izvedbe TP .....	11
Slika 7 : Prikaz SN in NN omrežja .....	16
Slika 8 : Enopolna shema TP 20/04 .....	17
Slika 9 : Transformatorska postaja .....	18
Slika 10 : Transformator .....	19
Slika 11 : SN kabelski vod .....	24
Slika 12 : NN kabelski vod .....	25
Slika 13 : Samonosni kabelski snop .....	26
Slika 14 : Označevanje žil SKS .....	26
Slika 15 : Proti koroziji pravilno .....	28
Slika 16 : Vijalna - križna sponka .....	28
Slika 17 : Pritrdilo za ozemljilno vrv .....	29
Slika 18 : Pritrdilo za ozemljitveno vrv za betonski drog .....	29
Slika 19 : Diagram napetosti .....	32
Slika 20 : Diagram napetosti in flikerja .....	33

## KAZALO TABEL

<i>Tabela 1: Prikaz cenovnega izračuna glede na izvedbo .....</i>	13
<i>Tabela 2: Jakost varovalnih vložkov .....</i>	20

## KRATICE IN AKRONIMI

BD:	Betonski drog
DV:	Daljnovod
EKK:	Elektro kabelska kanalizacija
FLIKER:	Migotanje
GIZ:	Gospodarsko interesno združenje
KEE:	Kakovost električne energije
MFE:	Mala fotovoltaična elektrarna
N:	Nevralni vodnik
NN:	Nizka napetost
NNO:	Nizko napetostno omrežje
NNR:	Nizko napetostni razdelilec
PEN:	Ozemljitveni sistem
PISO:	Prostorski informacijski sistem
PMO3:	Priključno merilna omarica – trimestna
PSKRMO:	Prosto stoječa kabelska razdelilno priključna merilna omara
RP:	Razdelilna postaja
RTP:	Razdelilna transformatorska postaja
SKS:	Samonosilni kabelski snop
SN:	Srednja napetost
SNO	Srednjenapetostno omrežje
TN:	Obratovalna in zaščitna ozemljitev – združeni
TP:	Transformatorska postaja
TT:	Obratovalna in zaščitna ozemljitev – ločeni



## 1 UVOD

Naselje Bruhanja vas je razpotegnjena vas, ki se energetske napaja iz razdelilne postaje (RP) 20 kV Dobropolje po daljnovodu (DV) J09 20 kV DV Stolarna. Priključena je na transformatorsko postajo (TP) 20/0,4 kV Ratike. TP 20/0,4 kV Ratike je TP z mešanim industrijsko-gospodinjiskim odjemom, prostorsko umeščena na rob industrijske cone, ki napaja del bližnje industrijske cone in po dveh nizkonapetostnih (NN) izvodih tudi naselje Bruhanja vas. Zaradi trenda povečave priključne moči industrijskih odjemalcev in velikega povpraševanja po izdaji soglasji za priključitev malih sončnih elektrarn v bližnji industrijski coni in naselju Bruhanja vas se je pojavila potreba po izgradnji nove TP 20/0,4 kV Bruhanja vas. Izgradnja nove TP 20/0,4 kV Bruhanja vas bo tokovno razbremenila obstoječo TP 20/0,4 kV Ratike. S pravilno izbiro umestitve v prostor bomo zmanjšali veliko razdaljo NN odjemalcev od TP (pribl. 800 m) in posledično pričakujemo izboljšanje kakovosti električne energije (KEE) v naselju Bruhanja vas.

V TP 20/0,4 kV Ratike in na NN merilnem mestu Bruhanja vas 30 smo izvedli meritve električnih parametrov in osnovnih parametrov KEE po slovenskem standardu za KEE SIST EN 50160. Analiza rezultatov meritev v TP 20/0,4 kV Ratike je pokazala, da tokovne vrednosti transformatorja dosegajo mejne vrednosti zmogljivosti transformatorja. Rezultati analize meritev na odjemnem mestu Bruhanja vas 30 so pokazali, da fliker presega zgornjo dopustno mejo po standardu SIST EN 50160. Zabeleženo je bilo večje število napetostnih upadov različnih amplitud in trajanj, kar lahko vpliva na nemoteno delovanje občutljivih električnih naprav in strojev.

Naselje Bruhanja vas geografsko leži blizu RP 20 kV Dobropolje, kar nam omogoča izbiro za priklop TP na tri različne DV 20 kV. Analizirali smo možnost priklopa na vse tri DV tako v energetske smislu kakor tudi lokacijskem. Cenovno smo primerjali različne izvedbe TP z upoštevanjem pridobitve vseh lokacijskih dokumentov v čim krajšem možnem času. Z upoštevanjem naših analiz in primerjav se je izdelala projektna dokumentacija za izgradnjo nove TP 20/0,4 kV Bruhanja vas, kar bo naselju Bruhanja vas omogočilo nadaljnji razvoj in širitev ter možnost priklopa novih obnovljivih virov.

## 2 OPIS OBSTOJEČEGA NAPAVALNEGA STANJA TP 20/0,4 kV RATIKE

### 2.1 Transformatorska postaja

Naselje Bruhanja vas je napajana iz sosednje industrijske cone oz. TP 20/0,4 kV Ratike, ki se nahaja na severozahodni strani naselja. TP je sestavljena iz sedmih NN izvodov, od tega treh prostozračnih in štirih kabelskih izvodov. Naselje Bruhanja vas napajata dva NN izvoda – izvod št. 4: Levo Zagorica in izvod št. 5: Desno glavna cesta.

Elektroenergetski del:

*Tip TP:*

- Jamborska železna TP, leto gradnje 1963

*Transformator:*

- Tip transformatorja: 6HTM3 250-21/0,42, leto 2007
- Kratkostična napetost: 4,04 %
- Stik: Dyn5
- Nazivna napetost na SN strani: 21 kV
- Nazivna frekvenca: 50 Hz
- Nazivna napetost na NN strani: 420/230 V
- Nazivna moč transformatorja: 250 kVA

*SN naprave TP:*

- SN oprema: podstavek varovalke 24 kV
- Prenapetostni odvodnik 24 kV, 10 kA
- SN varovalke z udarno iglo – 16 A

*NN naprave TP:*

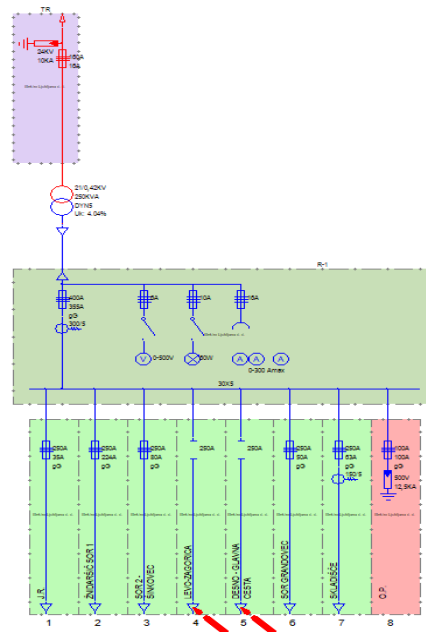
NN postroj je sestavljen iz omare na jamborski postaji, v kateri sta dovodni del in odvodni del. Dovod je umeščen iz zgornje strani, odvodi so speljani tako iz gornje strani kakor tudi spodnje strani.

- NN stikalo/varovalka: varovalčno podnožje 400 A, varovalka 355 A
- Skupno število odcepov: 7 × var. podnožje 250 A, 1 × var. podnožje 100 A
- Tokovni transformatorji: 300/5 A
- Ostala oprema: odvodniki prenapetosti

*NN izvodi/tokokrogi:*

- Izvod št. 1: Javna razsvetljava varovanje 35 A
- Izvod št. 2: Žnidaršič SOR1 varovanje 224 A

- Izvod št. 3: Šinkovec SOR2 varovanje 100 A
- Izvod št. 4: Levo Zagorica varovanje 80 A
- Izvod št. 5: Desno glavna cesta varovanje 80 A
- Izvod št. 6: Grandovec SOR varovanje 50 A
- Izvod št. 7: Skladišče varovanje 63 A
- Izvod št. 8: Prenapetostni odvodnik varovanje 100 A



Slika 1: Enopolna shema TP  
(Vir: Piso-lj, 2023)

Slika 1 prikazuje enopolno shemo TP 20/0,4 kV Ratike. Vrhni del (vijolična barva) enopolne sheme predstavlja srednjenapetostno omrežje (SNO) s simbolom ter vrednostjo tokovnega varovanja in prenapetostne zaščite ter močjo transformatorja. Spodnji del (zeleno barva) enopolne sheme predstavlja NN izvode, označene in oštevilčene s simboli in vrednostmi tokovnega varovanja. Rdeči del enopolne sheme predstavlja simbol in vrednost NN prenapetostne zaščite.

## 2.2 Srednje napetostno omrežje (SNO)

TP 20/0,4 kV Ratike je radialno napajana iz 20 kV DV Stolarna. Izvod je izveden z zemeljskimi kablji 150 mm<sup>2</sup> in prostozračnim omrežjem oz. vodnikom Al-Fe 3 × 70/12 mm<sup>2</sup>. Radialni odcep iz DV do TP 20/0,4 kV Ratike je izveden prostozračno z golimi vodniki AL-Fe 3 × 70/12 mm<sup>2</sup>.

## 2.3 Nizko napetostno omrežje (NNO)

Bruhanja vas je napajana iz TP 20/0,4 kV Ratike po dveh prostozračnih vodih. Tangirano območje se napaja po izvodu št. 4 in izvodu št. 5. Razdalja med TP in najoddaljenejšimi uporabniki je pribl. 800 m.

*Izvod 4 (levo Zagorica)* je izveden s samonosilnim kabelskim snopom (SKS) tipa N1XD9-AR 3×70+71,5+2×16 mm<sup>2</sup> in napaja vzhodni del Bruhanje vasi. Varovan je z varovalko 3×80 A.

*Izvod 5 (desno glavna cesta)* je izveden s SKS tipa N1XD9-AR 3×70+71,5+2×16 mm<sup>2</sup> (fazni vodniki + ničelni vodnik + vodnik javne razsvetljave) in napaja zahodni del Bruhanje vasi. Nekateri odcepi iz glavnega voda so izvedeni s SKS tipa N1XD9-AR 3×35+71,5+2×16 mm<sup>2</sup> in zemeljskim kablom NAYY 4×35+1,5 mm<sup>2</sup>. Izvod je varovan z varovalko 3×80 A. Ostali izvodi ne vplivajo na novogradnjo NNO v Bruhanji vasi.



*Slika 2: Obstoječe NNO skozi naselje*  
(Vir: Piso-lj, 2023)

Slika 2 prikazuje potek trase NNO (modre barve) skozi naselje na podlagi katastra nepremičnin.

## 2.4 Meritve kakovosti električne energije (KEE)

Leta 2020 so bile opravljene tedenske meritve električnih parametrov in osnovnih parametrov KEE na območju TP 20/0,4 kV Ratike. Meritve so bile izvedene zaradi

analize KEE v nizkonapetostnem razdelilcu (NNR) Bruhanja vas 30 in analize obremenitve transformatorja. Meritve so bile izvedene z merilnim inštrumentom Fluke 1744.

**Merilni parametri:**

Merljivi parametri KEE, tj. napetosti po SIST EN 50160, v vseh treh fazah:

- velikost napajalne napetosti,
- prekinitve napajalne napetosti (dolgotrajne, kratkotrajne prekinitve napetosti),
- upadi in porasti napetosti,
- harmonske in med harmonske napetosti,
- fliker (tj. utripanje oziroma migotanje),
- neravnotežje napajalne napetosti,
- signalne napetosti in
- omrežna frekvenca.

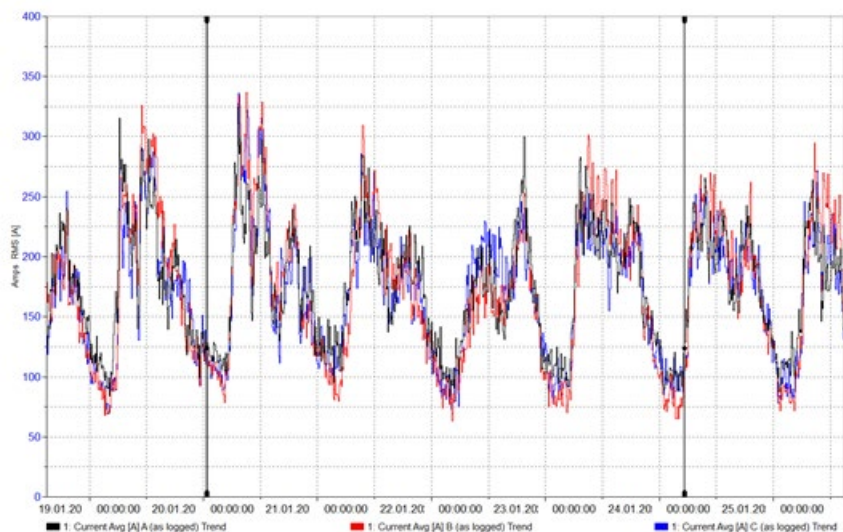
**Normativi in standardi, po katerih so ovrednoteni merilni rezultati:**

Sistemska obratovalna navodila za distribucijski sistem električne energije (Ur. l. št. 7/2021, januar 2021, člen 27).

Za ocenjevanje kakovosti napetosti se uporablja slovenski standard SIST EN 50160. Standard statistično ovrednoti izmerjene vrednosti in tako pri obravnavi večine zgoraj omenjenih parametrov govori o tem, da mora biti 95 % izmerjenih vrednosti v obdobju enotedenske meritve z 10-minutno integracijsko periodo znotraj predpisanih meja. Standard tako dopušča, da lahko 5 % vseh desetminutnih merilnih zapisov (tj. 8,4 ure v enem tednu) odstopa od predpisanih meja.

*Merilno mesto M1: TP 20/0,4 kV Ratike, meritve obremenitve TR*

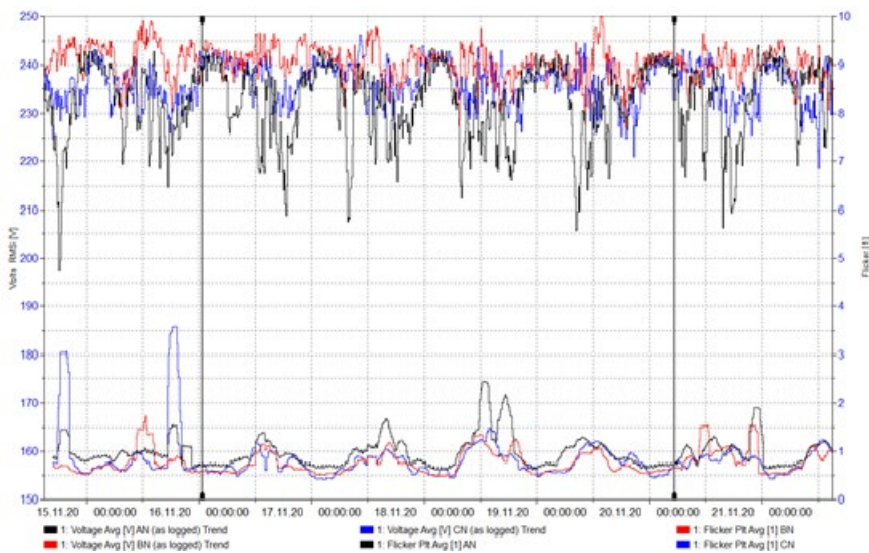
Transformator moči 250 kVA na NN strani, varovan z varovalko 355 A, dosega mejne vrednosti obremenitve transformatorja, kot je razvidno na diagramu toka (slika 3). Slika 3 prikazuje vrednosti toka po posameznih fazah v odvisnosti od časovnega intervala.



Slika 3: Diagram toka v TP po posameznih fazah  
(Lastni vir, 2023)

Merilno mesto M2: NNR Bruhanja vas 30, Dobropolje

Fliker presega s standardom predpisan nivo v vseh treh fazah. Ostali merljivi parametri KEE so znotraj standarda predpisanih meja. Diagram napetosti in sočasno diagram flikerja na merilnem mestu M2 predstavlja slika 4 v odvisnosti od časovnega intervala po posameznih fazah.



Slika 4: Diagram napetosti in flikerja na koncu NN voda  
(Lastni vir, 2023)

KEE na koncu voda Bruhanje vasi ni v skladu s standardom SIST EN 50160. Vzrok neskladja je fliker, kar je razvidno iz slike 4. Standard SIST EN50160 definira fliker kot učinek nestalnega vidnega zaznavanja, ki je povzročeno s svetlobnim dražljajem, katerega svetlobna jakost ali spektralna porazdelitev niha s časom (SIST IEC 60050(161)-08-13). Napetostno spreminjanje povzroča spremembe svetilnosti luči, kar ima za posledico pojav, imenovan migetanje – fliker. Učinek motenja raste zelo hitro z amplitudo spreminjanja napetosti. Gre za superponirana nihanja nižje frekvence od osnovnega harmonika (50 Hz), to je v območju najvišje občutljivosti človeškega očesa (od 0,5 Hz do 25 Hz oziroma z najvišjo občutljivostjo okoli 8,8 Hz). Določen prag tega je zelo moteč.

Standard veleva, naj bo ob normalnih obratovalnih pogojih v katerem koli obdobju tedna dolgotrajna jakost migetanja (Plt) zaradi napetostnih spreminjanj manjša ali enaka od 1 v 95 % tedenskega merilnega obdobja.

### 3 RAZLOGI ZA SPREMEMBE

Bruhanja vas od izgradnje NNO ni imela večjih posodobitev in vlaganj v omrežje. Zamenjali so se zgolj goli vodniki omrežja s SKS in manjšo razbremenitvijo z dodatnim izvodom. S širitvijo vasi se je izdalo tudi nekaj novih soglasij za priključitev novih odjemalcev ali samih povečav že obstoječih merilnih mest.

S trendom prehoda na »zeleno energijo« se je izkazalo veliko zanimanje za priključitev obnovljivih virov električne energije, predvsem malih sončnih elektrarn (MFE). Vendar je zaradi preobremenjenosti omrežja in velike oddaljenosti merilnih mest od TP distributer električne energije odobril zgolj priklop ene individualne samooskrbe z inštalirano maksimalno močjo 13,2 kW. Zaradi zavrnitev več soglasij za priključitev malih proizvodnih virov s strani uporabnikov je distributer izvedel meritve KEE. Meritve obremenitve TP so pokazale, da obstoječa TP dosega maksimalne vrednosti moči. KEE na koncu voda presega zgornjo dopustno mejo po standardu SIST EN50160. Ob koničnih obremenitvah omrežja se povečuje nihanje napetosti na koncu voda, kar se izraža s pojavom flikerja, tako imenovanim utripanjem luči. V poletnih mesecih zaradi izrazitega podeželskega odjema prihaja do nihanja napetosti na merilnih mestih in preobremenitve omrežja, kar se izraža s pogosto menjavo varovalk. V zadnjih letih se povečuje trend menjave ogrevanja in več uporabnikov električne energije je prešlo na toplotne črpalke moči 10 kW ali več. V prihodnjih letih je pričakovati povečan trend e-mobilnosti in posledično porast porabe električne energije. Pričakovati je prehod na električna vozila, avtomobile, mala in velika tovorna vozila ter kmetijske stroje. Naselje Bruhanja vas ima še nekaj potencialno zazidljivih zemljišč in nadaljnje lahko pričakujemo dvig porabe električne energije, vendar trenutno stanje omrežja tega ne dopušča.

Z upoštevanjem vseh teh razlogov smo prišli do ugotovitve, da je najbolj smotrna izgradnja nove TP 20/0,4 kV Bruhanja vas s pripadajočima SNO in NNO. Izbrati je treba pravo lokacijo TP in pripadajoči elektroenergetski postroj tako z upoštevanjem finančne investicije kakor lokacijske informacije. TP ter SNO in NNO se dimenzionirajo za daljše časovno obdobje od 20 do 30 let. Transformator se lahko hitro zamenja (povečava moči), zato ga dimenzioniramo na krajši čas, to je od 5 do 10 let.



## 4 ANALIZA PROJEKTNE REŠITVE

Za izdelavo projektne dokumentacije za novo TP 20/0,4 kV Bruhanja vas smo upoštevali vse projektne pogoje umestitve v prostor kakor tudi cenovno tehnično izvedbo elektro montažnih del in postrojev. Geografska lega naselja Bruhanja vas leži v neposredni bližini elektroenergetske RTP Dobropolje. Lega kraja nam daje možnost SN priklopa TP Bruhanja vas 20/0,4 kV na tri različne SN DV: DV 20 kV Prevole, DV 20 kV Velike Lašče in DV 20 kV Stolarna. Pri izdelavi projektne dokumentacije smo primerjali tri različne izvedbe rešitve po kriteriju možnosti izvedbe napajanja SN DV. Primerjali smo energetske možnosti napajanja z vseh treh možnih DV z izvedbo različne elektroenergetske opreme in možnostjo umestitve v prostor s pripadajočo dokumentacijo. Možnosti smo primerjali tako cenovno kot tudi glede na tehnično izvedljivost.

Možnosti tehnične izvedbe po načinu elektro energetskega priklopa in lokacijske informacije:

- **Izvedba A** DV 20 kV Prevole SV del naselja
- **Izvedba B** DV 20 kV Velike Lašče sredina naselja
- **Izvedba C** DV 20 kV Stolarna SZ začetek naselja

### 4.1 Analiza možnosti projektne rešitve lokacijsko-tehnične izvedbe

Za TP 20/0,4 kV Bruhanja vas smo analizirali vse tri možne projektne rešitve glede umestitve v prostor po načinu možnosti elektro energetskega napajanja in izbiri različne elektro energetske opreme ter postroja.

Pri izbiri lokacije TP je treba izpolnjevati naslednje pogoje:

- da je dostop do lokacije neoviran zaradi izgradnje TP in elektro montažne opreme ter poznejšega vzdrževanja;
- da se ne postavlja na podzemne inštalacije drugih komunalnih vodov in da se zagotovijo ustrezni odmiki le-teh;
- da je lokacija usklajena z urbanističnimi prostorskimi pogoji in zahtevami, ki jih zahteva upravni organ;
- da je oddaljenost TP od sosednjih parcel meje več kot 4 m, za kar ni treba predhodno pridobiti soglasij lastnikov sosednjih parcel; v primeru pridobljenih soglasij je lahko oddaljenost TP od sosednjih parcel tudi manjša, vendar ne manj kot 1 m;

- da je na stranici TP, kjer se nahajajo vrata TP ter SN in NN postroja, zagotovljen minimalno dvometrski manipulativni prostor do robnika ceste, na ostalih straneh pa zadostuje manipulativni prostor v širini do 1 m od zunanje stene TP;
- da je dovoz do TP v širini najmanj 2,5 m ter da je omogočen neoviran uvoz z večjimi transportnimi sredstvi oz. kamioni in dvigali;
- da je v primeru lokacije na parkirišču talna oznaka za prepovedano parkiranje pred vhodom TP;
- da ne bo prekomerno obremenjevala okolja s hrupom, za dosego tega cilja je treba upoštevati naslednje najmanjše odmike TP od stavb.

Št.	Vrsta transformatorja	Vrsta TP	Moč TP [kVA]	Oddaljenost 1* [m]	Oddaljenost 2** [m]
1	oljni	vse TP	<630	0,9	1,8
2	oljni	vse TP	=630	1,2	2,3
3	oljni	vse TP	>630	1,3	2,6
4	oljni	vse TP	neglede na moč TP	5,8	11,6

*Slika 5: Najmanjši dovoljeni odmiki TP od stavb*  
(Vir: GIZ, 2019)

#### *Lokacija izvedba A:*

TP bomo postavili ob lokalni cesti Podgorica-Kompolje na parceli št. 2197 k. o. Podgora. Postavljena bo tako, da bo možen dostop pri montaži in kasnejšem vzdrževanju s pomočjo tovornjaka (avtodvigala). Lokacija TP je določena tako, da je v središču naselja in da je možen neoviran kamionski dostop do TP v vsakem letnem času. Od sosednje parcele št. 2201 k. o. Podgora bo odmaknjena 1,7 m in od ceste več kot 4,5 m.

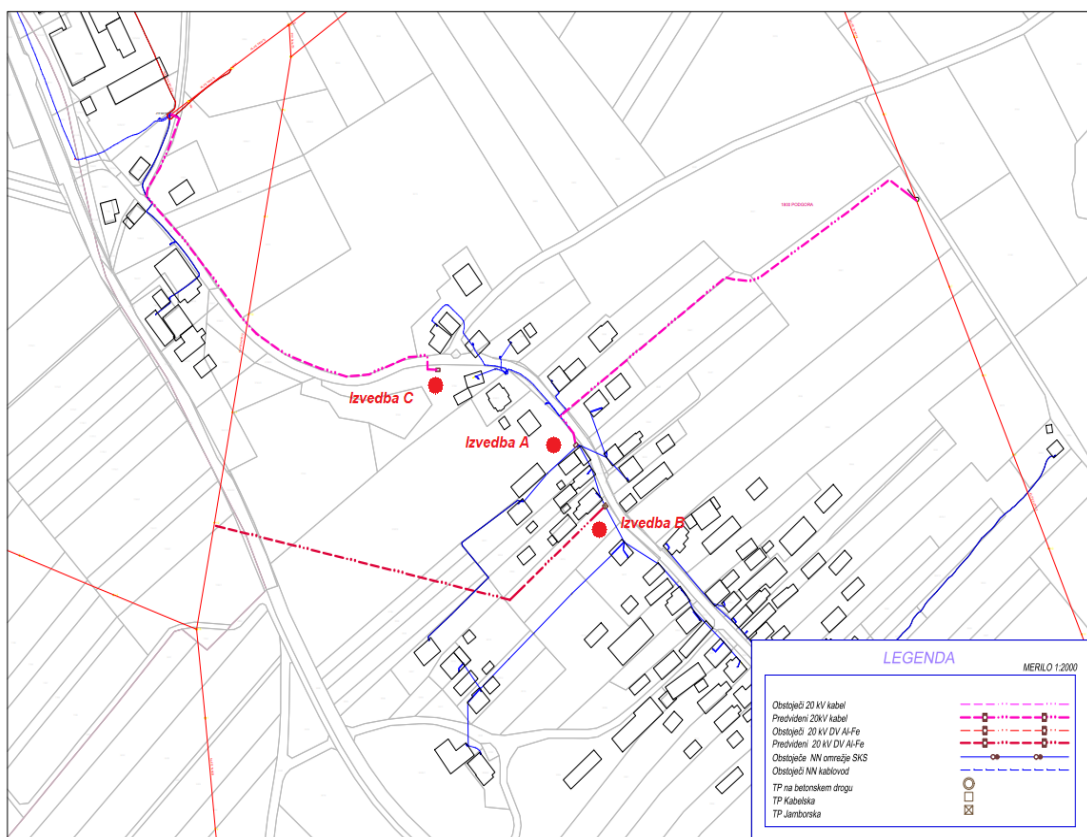
Za izbrano lokacijo smo definirali kompaktno pločevinasto kabelsko TP TIP TEN 2SF. SN napajanje bi izvedli s podeželskim DV 20 kV Prevole.

#### *Lokacija izvedbe B:*

TP bomo postavili ob lokalni cesti Podgorica-Kompolje med hišnimi številkami 10 in 11 na parceli št. 2213 k. o. Podgora. Lokacija postavitve ustreza dostopu pri montaži in kasnejšemu vzdrževanju s pomočjo tovornega avtodvigala. Izbrana lokacija ima glede na lego v naselju sredino. Odmik od cestišča je več kot 4 m in od sosednje parcele št. 2205 4 m. Za izbrano lokacijo smo definirali tipsko TP na betonskem drogu (BD) TB 250; 10-20/0,4 kV do 250 kVA. Hitro in enostavno razbremenimo tudi NN del omrežja s tremi tokokrogi. SN napajanje bi izvedli iz podeželskega DV 20 kV Velike Lašče.

**Lokacija izvedbe C:**

TP bomo postavili ob lokalni cesti v začetek naselja pri hišni št. 2 na parcelni št. 2196 k. o. Podgora. Lokacija postavitve ustreza dostopu pri montaži in kasnejšemu vzdrževanju s pomočjo tovornega avtodvigala. NNO se lahko preko novega BD vzanka obstoječa SKS vodnika. Odmik od cestišča je 4 m ter od poljske poti 2 m in omogoča najlažji dostop. Za izbrano lokacijo smo definirali kompaktno betonsko kabelsko TP TIP KTP/b 250/3. SN napajanje bi izvedli iz obstoječega industrijskega DV 20 kV Stolarna.



**Slika 6: Prikaz lokacije izvedbe TP**  
(Lastni vir, 2023)

Na podlagi katastrskega načrta nam slika 4 prikazuje možne izvedbe lokacije TP (izvedba A, izvedba B, izvedba C) z možnimi izvedbami SN priklopa (rdeča barva) in NNO (modra barva).

## 4.2 Projektne rešitve možne tehnične rešitve priklopa SN dovoda

Za SN napajalne dovode imamo zaradi dobrega položaja naselja v bližini RP Dobropolje na izbiro tri SN DV. Prvi je obstoječi industrijski (težki vod) DV 20 kV Stolarna, drugi je podeželski DV 20 kV Velike Lašče in tretji DV 20 kV Prevoje. DV so

nadzemni, izvedeni z lesenimi nosilnimi točkami z betonskimi kleščami. Vsi trije DV so v elektroenergetskem obratovanju.

#### *SN izvedba A:*

Podeželski DV 20 kV Prevole je napajan preko RP Dobropolje iz RTP Kočevje. Rezervno napajanje je možno po DV Suha krajina iz RTP Kočevje. Nov SN kablovod bo zankan na stebru št. 6, izveden kabelsko v dolžini 780 m po parceli št. 2051, 2037. Do nove TP bo treba potegniti kablovod  $2 \times (3 \times (\text{NA2XS(FL)2Y } 1 \times 150/25 \text{ mm}^2))$ . Kablovod bomo položili v PVC cevi  $\text{fi}160$ . Za polaganje optičnega kabla bomo po obravnavani trasi ob projektiranem kablovodu položili cev PEHD dvojček PE 02  $2 \times \Phi 50 \text{ mm}$ .

#### *SN izvedba B:*

Podeželski DV 20 kV Velike Lašče je napajan iz 06 – RP Dobropolje iz RTP Kočevje. Prostoziračnemu vodu, ki stoji na parceli št. 1138/1, se zamenja leseni nosilni drog z BD in naredi odcep v smeri Bruhanje vasi. Prostoziračni vod bo izveden s petimi lesenimi nosilnimi točkami in trikratnim enožilnim AL pas vodnikom  $70 \text{ mm}^2$ . BD bo odmaknjen od glavne ceste Videm–Kompolje 4 m. Naprej so nosilne točke razporejene po razmaku 60–70 m. Prostoziračni vod bo prečkal naslednje parcelne št. 2400, 2197/2, 2199, 2200, 2202, 2203, 2207, 2212, 2213. Na robu parcele št. 2213 bi stal BD s SN ločilnim stikalom LTZ 24/630 zaradi spremembe linije in potrebe odklopa nove TP. Na drugi strani parcele pri naselju bi stala tipska betonska jamborska postaja TB 250; 10-20/0,4 kV do 250 kVA, odmaknjena 4 m od cestišča.

#### *SN izvedba C:*

Industrijski DV 20 kV Stolarna je namenjen napajanju industrijske cone, ki se z leti širi in razvija. Napajanje se zaradi širjenja razvoja cone iz leta v leto povečuje. Izvedba SN novega omrežja bi izvedli iz obstoječe TP Ratike s kabelsko izvedbo pri robu cestišča Podgorica–Kompolje na parcelah št. 2140, 1919/8, 1919/11 v skupni dolžini 520 m. Treba je položiti kablovod  $3 \times \text{NA2XS(FL)2Y } 1 \times 150/25 \text{ mm}^2$ . Kablovod bomo položili v PVC cev  $\text{fi } 160$ . Za potrebe optičnega kabla se na trasi uporabi PEHD cev  $\text{fi}50$ .

### 4.3 Analiza primerjave lokacije in cene izvedbe projekta

V naslednjem segmentu smo opravili primerjavo možnih izvedb glede na ceno infrastrukture – cena opreme, pridobivanje služnostnih pogojev, odškodninske zahteve in ostali stroški izvedbe. Za cenovno primerjavo smo izbrali tri različne možnosti izvedbe, kar nam prikazuje tabela 1, in umestitve v prostor s stališča energetskega napajanja (možnost SN priklopa TP Bruhanja vas 20/0,4 kV na tri različne SN DV: DV 20 kV Prevole, DV 20 kV Velike Lašče in DV 20 kV Stolarna). Prišli smo do ugotovitve, da do najmanjših cenovnih razhajanj prihaja pri elektro energetski opremi kakor tudi njeni montaži. Večja odstopanja se izkazujejo pri lažjih in težjih gradbenih delih, kar velikokrat sovпада s pridobivanjem služnostnih soglasij in z odškodninskimi zahtevki.

Zap. št.	Opis	Cena izvedbe A	Cena izvedbe B	Cena izvedbe C
<b>1.</b>	<b>Gradbena dela</b>			
1.1.	Težja večja dela	5.000 €	5.000 €	35.000 €
1.2.	Lažja manj zahtevna dela	7.500 €	2.000 €	6.000 €
<b>2.</b>	<b>Dobava in montaža elektro opreme</b>			
2.1.	SN EL oprema	80.000 €	50.000 €	88.000 €
2.2.	NN EL oprema	30.000 €	30.000 €	25.000 €
2.3.	TP z opremo	50.000 €	40.000 €	40.000 €
<b>3.</b>	<b>Odškodnine in služnosti</b>			
3.1.	Odškodnine lastnikom	1.000 €	50.000 €	5.000 €
3.2.	Služnosti	900 €	2.500 €	300 €
<b>4.</b>	<b>Ostale storitve</b>			
4.1.	Projektiranje	8.000 €	15.000 €	8.000 €
4.2.	Demontaža odsluženega omrežja	1.500 €	1.500 €	1.500 €
4.3.	Tehnični prevzem	750 €	750 €	750 €
	<b>Skupaj</b>	<b>184.650 €</b>	<b>196.750 €</b>	<b>209.550 €</b>

Tabela 1: Prikaz cenovnega izračuna glede na izvedbo  
(Lastni vir, 2023)

#### **4.4 Analiza odškodnin služnosti**

Sodelovanje lastnikov zemljišč, po katerih se načrtuje trasa DV in sama umestitev v prostor TP 20/0,4 kV Bruhanja vas, je bilo zelo različno. Posamezni lastniki so planiranje nove TP sprejeli z navdušenjem, saj jim to omogoča nadaljnjo možnost priklopa novih mali obnovljivih virov napajanja kakor tudi povečavo moči na odjemnih mestih za nadaljnji razvoj naselja Bruhanja vas. Soočili smo se tudi z velikim neodobravanjem lastnikov parcel in posledično velikimi odškodninskimi zahtevki, kar nas je prisililo k iskanju druge lokacijsko-tehnične rešitve. Zaradi časovne in finančne omejitve projekta smo prišli do zaključka, da nam možnost izvedbe B predstavlja preveliko finančno breme z izplačevanjem odškodnin in služnostnih dovoljenj. Tabela 1 predstavlja primerjavo finančnega stroška glede na možnost lokacije in umestitve v prostor same TP kakor tudi napajalnega DV.

## 5 IZBRANA KONČNA IZVEDBA PROJEKTBE REŠITVE

Po analizi možnih umestitev v prostor TP 20/0,4 kV Bruhanja vas, primerjavi stroškov izbrane lokacije TP in tudi cenovne primerjave izbrane elektroenergetske opreme smo prišli do naslednjih ugotovitev.

*Izvedba A* je cenovno najugodnejša izvedba projekta tako pri umestitvi v prostor s pripadajočim SN kablovodom kakor tudi z izvedbo gradbenih del in izplačili odškodninskih zahtevkov lastnikov zemljišč.

*Izvedba B* predstavlja veliko finančno breme umestitve v prostor TP zaradi prevelikih finančnih zahtev posameznih lastnikov parcel in posledično plačila velikih odškodnin.

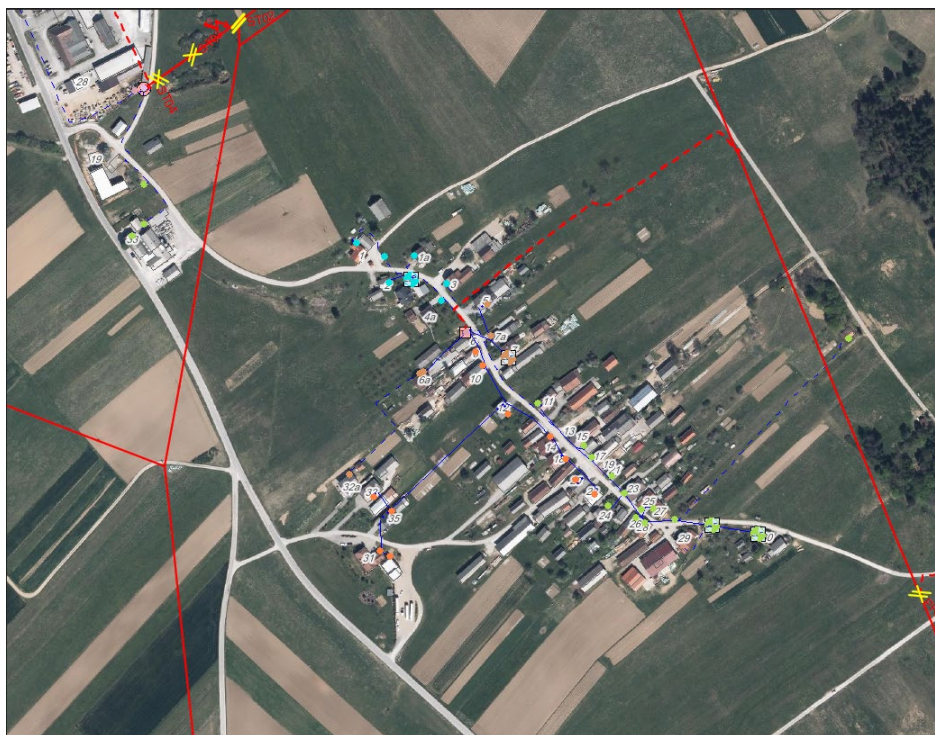
*Izvedba C* predstavlja težjo izvedbo gradbenih del, kar posledično podraži vrednost investicije projekta, tako same montaže TP kakor tudi izgradnjo novega SN kablovoda.

Za izbor lokacije ima velik pomen sodelovanje lastnikov in ostalih vpletenih, saj že malo sodelovanja pripomore k hitrim in tehnično primernim rešitvam po cenovno sprejemljivih cenah. Izbira projekta A nam omogoča dobro rešitev tudi za posodobitev NNO, saj je izbrana lokacija uvrščena bližje centru naselja. Tako iz dveh obstoječih tokokrogov z nekaj manjšimi posegi v omrežje nadgradimo elektroenergetsko omrežje v štiri tokokroge. Z izgradnjo novih tokokrogov energetsko razbremenimo obstoječe NNO, kar nam posledično doprinese kakovostnejšo in zanesljivejšo dobavo električne energije.

## 6 UPORABLJENA ELEKTRO TEHNIČNA OPREMA IN IZVEDBA REŠITVE

### 6.1 Kratek opis del

Napajanje nove TP Bruhanja vas se izvede s kabelskim vodom in vzankanjem v obstoječi DV, ki poteka po njivah in travnikih vzhodno od vasi. Na mestu vzankanja v DV se postavi nov leseni drog z ustrezno opremo in prenapetostno zaščito. TP bo montažna pločevinasta tipa TEN2 z dvema kabelskima jaškoma na vsaki strani postaje. TP bo od sosednje parcele odmaknjena pribl. 1,7 m. Dostop do TP je mogoč iz sprednje in zadnje strani.



*Slika 7: Prikaz SNO in NNO v naselju Bruhanja vas  
(Vir: Piso-lj, 2023)*

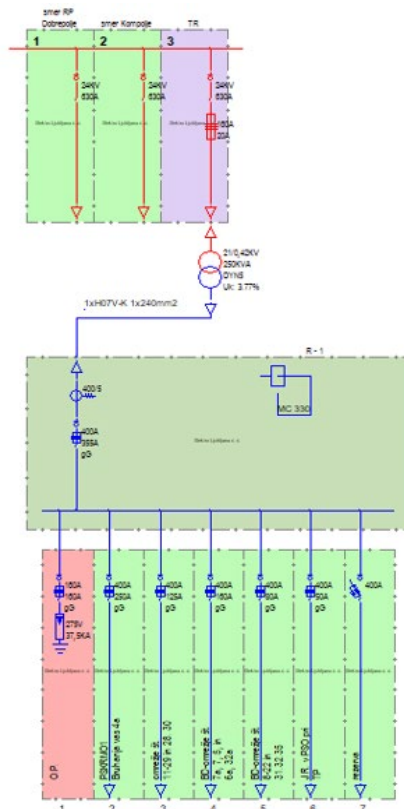
Slika 7 predstavlja zračni posnetek vasi s slikovnim prikazom umestitve TP v prostor ter potek SN voda (rdeča barva) in NNO v Bruhanji vasi (modra barva).

Obstoječe NNO bo po novem napajano iz štirih izvodov iz nove TP, ki bodo izvedeni kabelsko in prostoizračno. S prerazporeditvijo napajanja objektov in ustreznega preseka NN zemeljskih kablov bomo omogočili priklop novih sončnih elektrarn. Obstoječe NNO med TP Ratike in Bruhanjo vasjo se odstrani.



Izvodi TP 20/0,4 kV Bruhanja vas:

- Izvod št. 1 »PSKRM01 Bruhanja vas 4a«
- Izvod št. 2. »omrežje 11-29 in 28, 30«
- Izvod št. 3. »BD omrežje 7a-1 in 2«
- Izvod št. 4. »BD omrežje 6-22 in 31,32,35«



Slika 8: Enopolna shema TP 20/04 kV Bruhanja vas  
(Lastni vir, 2023)

## 6.2 Transformatorska postaja

Pločevinasta TP je tipa TEN 2SF, podaljšana in je namenjena transformaciji moči do vključno 250 kVA in 20 kV napetosti. Uvod kablov je predviden skozi uvodnice.

TP bo samostojen objekt, v njej bodo trije ločeni oz. pregrajeni prostori, in sicer:

- transformatorski prostor,
- SN prostor,
- NN prostor.



*Slika 9: TP tipa TEN.2SF*  
(Lastni vir, 2023)

TP sestoji iz dvokapne strehe, ohišja transformatorja in temeljne školjke. Streha je sestavljena iz več segmentov, ki so sestavljeni v celoto. Streha je na vseh vogalih ohišja pritrjena na zaskok zaradi možnosti hitrega dostopa in odstranitve cele strehe iz TP. Ohišje je narejeno iz pločevinastih profilov in pločevinastih sten z ustreznimi odprtini za uporabo in prezračevanje. Temeljni del sega v zemljo in je oljetesne izvedbe. Za izdelavo TP je uporabljena pločevina iz aluminijaste zmesi (AlMg3). Vsa vrata morajo biti označena z opozorilnimi tablicami, in sicer ustrezno glede na opremo (npr. »SN PROSTOR«, »NN PROSTOR« in »TRANSFORMATOR«).

### **6.3 Transformator**

Transformatorski prostor omogoča vgradnjo tipskega transformatorja katerega koli proizvajalca z regulacijo nazivne napetosti  $\pm 2,5\%$  in  $\pm 5\%$  na strani višje napetosti.

Regulacija se izvede s pomočjo preklopnega stikala v breznapetostnem stanju. V našem primeru bomo vgradili transformator moči 250 kVA. Transformator je opremljen s priključkom za ozemljitev in dvema napisnima tablicama s podatki na ožji strani transformatorja, ki je vidna z zunanje strani, in na širši strani transformatorja, kjer je SN priključek. Transformator ima hermetično zaprt kotel brez konzervatorja in praktično ne potrebuje nobenega vzdrževanja. Na SN strani ima transformator skozne izolatorje.

Transformator je postavljen na nosilec in je fiksiran. Obremenitev transformatorja z večjo močjo od nazivne ne sme biti daljša od priporočil IEC. Hlajenje transformatorja

je naravno. Transformator je postavljen na dno TP oziroma v olje neprepustno posodo.

V transformatorski prostor je možno postaviti transformator do 250 kVA. Temu ustrezno zadošča naravno hlajenje.



*Slika 10: Transformator 250 kVA  
(Vir: Etra, 2023)*

Transformator ima naslednje tehnične karakteristike:

- Tip: 8HTIM 250
- Nazivna napetost: 21/0,42 kV
- Frekvenca: 50 Hz
- Nazivna moč: 250 kVA
- Napetost kratkega stika: 4,0 %
- Vezava: Dyn5
- Masa dielektrika: 372 kg
- Skupna masa: 1590 kg
- Tip olja: MIDEL 7131
- Izgube praznega teka: 270 W
- Izgube zaradi obremenitve: 2350 W
- Hrup LWA: 50 dB

Zaščita transformatorja:

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

Po tabeli smo izbrali SN varovalke 20 A in glavne sekundarne varovalke 355 A.

Moč transformatorja (kVA)	20 kV varovalke (A)	NN glavne varovalke (A)
20	2	50
35	4	63 ali 80*
50	6	63 ali 80**
100	10	125
160	16	200
<b>250</b>	<b>20</b>	315 ali <b>355</b>

*Tabela 2: Jakost varovalnih vložkov*  
(Vir: Etra, 2023)

## 6.4 Uporaba opreme 20 kV

SN priključek bo kabelski. Za SN opremo v TP bomo vgradili tricelični SF6 blok tipa 8DJH »RRT« (dvakrat vodna celica in enkrat transformatorska celica).

SF6 je nestrupen in stabilen plin. Tlak plina SF6 je 0,5 bara pri 20 °C. Posoda za SF6 je hermetično zaprta in tovarniško napolnjena s plinom SF6, ki zadostuje za njeno življenjsko dobo. V tej posodi se nahajajo ločilna in ozemljitvena stikala ter zbiralke. Pogonski mehanizmi so dostopni iz sprednje strani naprave. Zagotavljajo potrebno stikalno zmogljivost, ki je neodvisna od posluževalca.

V spodnjem delu se nahajajo medsebojno ločeni in zaprti kabelski prostori. SN varovalke transformatorskega polja so nameščene horizontalno v aralditno ohišje. Pregorettje ene varovalke sproži tripolni izklop ločilnega stikala transformatorskega polja.

Povezavo med SN priključki transformatorja in 20 kV transformatorskim poljem bomo izvedli s tremi enožilnimi kabli tipa NA2XS(FL)2Y 1 x 70/16 mm<sup>2</sup>. Kabel bomo zaključili v SN transformatorski celici s kotnimi adapterji, na transformatorju pa s SN glavo za notranjo vgradnjo.

SN blok ima naslednje tehnične karakteristike:

- SN stikalni blok: »Siemens« SF6-kompakten blok
- Število polj: Vz, Vz, T (RRT)
- Dimenzije (š×g×v): 1050×775×1400 mm
- Nazivna napetost Ur: 24 kV
- Nazivna zdržna napetost Ud: 50 kV
- Nazivna udarna napetost Up: 125 kV

- Nazivna frekvenca: 50 Hz
- Nazivni tok vodnih polj Ir: 630 A
- Nazivni tok transformatorskih polj Ir: 200 A
- SN varovalke z udarno iglo: 20 A
- Nazivni kratkostični zdržni tok Ik (t = 1 s): 16 kA
- Nazivni udarni zdržni tok Ip: 40 kA
- Količina plina SF6: 3,1 kg
- Temperaturno območje delovanja: –25 do +40 °C
- Signalizacija položajev stikal in indikatorji napetosti: v vsakem polju

## 6.5 Uporaba opreme 0,4 kV

Priklop NNO se izvede z manjšimi predelavami na štiri tokokroge, s tem dobro nadgradimo NNO. Omogočimo dobro kakovostno razbremenitev in priklop novih proizvodnih elektrarn MFE.

### 1. tokokrog »PSKRMO1 Bruhanja vas 4a«

Iz nove TP se v novo elektro kabelsko kanalizacijo (EKK) položi NN kabel tipa NA2XY-J 4×150+1,5 mm<sup>2</sup>. NN kabel se položi do obeh predvidenih kabelskih omar objekta Bruhanja vas 4a in uvleče NN kabel NYY-J 4×10 mm<sup>2</sup> vključno s priklopom med PSKRMO1 in razdelilcem objekta. Druga prosta cev se bo uporabila za priklop sončne elektrarne. Lastnik objekta izvede preboj skozi steno objekta in kanal po objektu do razdelilca. PSKRMO1 bo imela tudi rezervne izvode, od katerega je eden namenjen napajanju parcele čez cesto št. 2037, na katerem se izvede samo temelj za PSKMO3. Pri objektu Bruhanja vas 4 se na mejo ob obstoječi PMO3 postavi nova PSKRO2, ki bo v tej fazi napajala samo objekt Bruhanja vas 4 oz. obstoječo PMO3, v kateri so meritve za Bruhanjo vas 4. Med PSKRO2 in PMO3 se položi nov NN kabel tipa NA2XY-J 4×35+1,5 mm<sup>2</sup>. Obstoječi NN kabel tipa NAYY 4×35+1,5 mm<sup>2</sup>, ki napaja PMO3 iz lesenega droga »B« na drugi strani ceste, se na območju PMO3 odkoplje in usmeri v PSKRO2 in priklopi na prosti izvod. S tem imamo izvedeno rezervno napajanje med tokokrogom 1 in tokokrogom 3. Po gradbeni sanaciji objekta Bruhanje vasi 2 in ukinitvijo prostozračnega voda med lesenim drogom »B« in Bruhanjo vas 2 bomo napajanje objekta Bruhanja vas 2 uredili iz PSKRO2.

## 2. tokokrog »omrežje 11-29 in 28, 30«

Iz nove TP se v novo EKK oz. zaščitne cevi položi NN kabel tipa NA2XY-J 4×150+1,5 mm<sup>2</sup>. NN kabel se položi do obstoječega lesenega droga »C« pri objektu Bruhanja vas 11. Na drogu se vgradijo prenapetostni odvodniki in dodatno se položi še krak ozemljitvenega valjanca v dolžini 17 m po parceli št. 2059. Okoli obstoječega droga »C« se položi obroč iz ozemljitvenega valjanca. Ta tokokrog napaja JV del vasi, lihe številke od objekta Bruhanja vas 11 do Bruhanja vas 29 in sode številke od objekta Bruhanja vas 24 do Bruhanja vas 30.

Na objektu Bruhanja vas 11 je že izvedeno zatezno obešanje, zato je treba na objektu Bruhanja vas 7 izvesti zatezno obešanje obstoječega SKS in med tema dvema objektoma se prostozračno omrežje odstrani.

## 3. tokokrog »BD omrežje 7a-1 in 2«

Iz nove TP se v novo EKK položi NN kabel tipa NA2XY-J 4×70+1,5 mm<sup>2</sup>. NN kabel se položi do predvidenega BD 10TP/13. Predvideni BD se postavi neposredno ob novi TP oz. novem kabelskem jašku ob novi TP. Med BD 10TP/13 in objektom Bruhanja vas 7a se potegne nov prostozračni vod tipa N1XD9-AR 3×70+70+2×16 mm<sup>2</sup> in se ga na objektu Bruhanja vas 7a spoji na obstoječi prostozračni vod.

Na objektu Bruhanja vas 7 se predela obstoječa kabelska omara, tako da se vanjo vgradijo nova varovalna podnožja in prenapetostni odvodniki. Izvede se dodatna ozemljitev s položitvijo ozemljitvenega valjanca do ceste in priklop na glavno traso, ki poteka po cesti.

Na obstoječem lesenem drogu »B« pri objektu Bruhanja vas 1a se izvede prevezava omrežja. Obstoječi zemeljski kabel tipa NAYY 4×35+1,5 mm<sup>2</sup>, ki napaja PMO3, in obstoječi prostozračni kabel tipa N1XD4-AR 4×16 mm<sup>2</sup>, ki napaja objekt Bruhanja vas 2, se prevezeta na drug obstoječ vzporedni SKS (izvod 4 levo Zagorica – naziv izvoda iz TP Ratike), ki napaja objekte Bruhanja vas 1 in 1a.

Na obstoječem lesenem drogu »A« pri objektu Bruhanja vas brez hišne številke se izvede prevezava omrežja. Obstoječi zemeljski kabel tipa NA2XY-J 4×35+1,5 mm<sup>2</sup>, ki napaja PSKMO, se preveže na drug obstoječ vzporedni SKS (izvod 4 levo Zagorica – naziv izvoda iz TP Ratike), ki napaja objekte Bruhanja vas 1 in 1a.

Pri objektu Bruhanja vas 1 se izvede zatezno obešanje. Ta tokokrog napaja SV del vasi, lihe številke od objekta Bruhanja vas 1 in 1a do Bruhanja vas 7 in objekt Bruhanja vas 2.

## 4. tokokrog »BD omrežje 6-22 in 31,32,35«

Iz nove TP se v novo EKK položi NN kabel tipa NA2XY-J 4×70+1,5 mm<sup>2</sup>. NN kabel se položi do predvidenega BD 10TP/13. Predvideni BD se postavi neposredno ob novi TP oz. novem kabelskem jašku ob novi TP.

Med BD 10TP/13 in objektom Bruhanja vas 8 se potegne nov prostozračni vod tipa N1XD9-AR 3×70+70+2×16 mm<sup>2</sup> in se ga na objektu Bruhanja vas 8 spoji na obstoječi prostozračni vod. Ta del tokokroga napaja južni del vasi, sode številke od objekta Bruhanja vas 8 do Bruhanja vas 22 in objekte Bruhanja vas 32, 31 in 35.

Med BD 10TP/13 in objektom Bruhanja vas 6a se potegne nov prostozračni vod tipa N1XD9-AR 3×70+70 mm<sup>2</sup> in se ga na objektu Bruhanja vas 6a spoji na obstoječi kabelski vod, ki poteka do kabelske omare. Med objektoma Bruhanja vas 6 (stara hiša) in objektom Bruhanja vas 6a se v linijo trase postavi novi leseni nosilni drog. Ta del tokokroga napaja dva objekta – Bruhanja vas 6a in 32a.

## 6.6 Tehnični podatki o kablilih

### Splošni podatki za 20 kV SN kabel

Podatki so prevzeti iz Tehničnih smernic TS 17 Elektro Ljubljana, Enožilni energetski kabli 12/20/24 kV GIZ TS-1 9/2013.

- Nazivni presek : **Av = 150 mm<sup>2</sup>**
- Tip vodnika, premer vodnika: Al, okrogel, komprimiran,  
dv = 14,1 mm
- Nazivni presek Cu ekrana: Ae = 25,0 mm<sup>2</sup>
- Premer celotnega kabla: dz = 39 mm
- Masa kabla: m = 1400 kg/km
- Najmanjši radij krivljenja: r = 58,5 cm
- Največja zatezna sila: F = 4,5 kN
- Nazivna napetost: U0/U = 12/20 kV
- Največja trajna obrat. nap.: Umax = 24 kV
- Nazivni KS tok/1 s: IKS = 14,1 kA
- Trajni zdržni tok kabla v zemlji: Iz = 352 A (vzporedno polaganje)  
Iz = 319 A (trikot polaganje)

- Nazivni presek : **Av = 70 mm<sup>2</sup>**
- Tip vodnika, premer vodnika: Al, okrogel, komprimiran,  
dv = 10,3 mm
- Nazivni presek Cu ekrana: Ae = 16,0 mm<sup>2</sup>
- Premer celotnega kabla: dz = 35 mm
- Masa kabla: m = 1000 kg/km
- Najmanjši radij krivljenja: r = 52,5 cm

- Največja zatezna sila:  $F = 2,1 \text{ kN}$
- Nazivna napetost:  $U_0/U = 12/20 \text{ kV}$
- Največja trajna obrat. nap.:  $U_{\max} = 24 \text{ kV}$
- Nazivni KS tok/1 s:  $I_{KS} = 6,6 \text{ kA}$
- Trajni zdržni tok kabla v zemlji:  $I_z = 237 \text{ A}$  (vzporedno polaganje)  
 $I_z = 210 \text{ A}$  (trikot polaganje)



Slika 11: SN kabelski vod NA2XS(FL)2Y  
(Vir: GIZ, 2020)

Označevanje SN kabla:

**N A 2X S (FL)2Y 1 × 240 / 25 RM mm<sup>2</sup> 12/20/(24) kV**  
-1- -2- -3- 4 ---5--- -----6----- ---7--- -----8-----

Pomen oznak:

1	<b>N</b>	Označen v skladu z normami SIST/DIN VDE
2	-	Vodnik iz bakra
2	<b>A</b>	Vodnik iz aluminija
3	<b>2X</b>	Izolacija iz omrežnega polietilena (XLPE)
4	<b>S</b>	Ekran iz Cu žic
5	<b>(FL)2Y</b>	Vzdolžno in prečno vodotesen z Al/PE plaščem
6	<b>1 x 240 / 25</b>	Število žil in nazivni prerez vodnika se označuje s številom žil krat nazivni prerez vodnika v mm <sup>2</sup> in za poševnico še nazivni prerez ekrana
7	<b>RM</b>	Več žičen okrogel vodnik (tipska uporaba)
8	<b>12/20(24) kV</b>	Nazivna napetost [kV]

Splošni podatki za 1 kV NN kabel:

Tehnične karakteristike predvidenega 1 kV NN kabelskega voda:

- Nazivna napetost: 0,6/1 kV
- Preskusna napetost: 4000 V
- Preskus gorljivosti: IEC 332-1
- Maksimalna delovna temperatura: +90 °C
- Dopustna temp. pri upogibanju: -5 °C do +50 °C



- Dopustna temp. pri kratkem stiku: +250 °C
- Dopusten upogibni radij, minimalni: za več žilne kable  $12 \times \Phi$  kabla
- Dopustna vlečna sila pri polaganju za: Cu – 50 N/mm<sup>2</sup>, Al – 30 N/mm<sup>2</sup>

Oznaka predvidenih 1 kV NN kabelskih vodov po tehnični smernici (TS18):

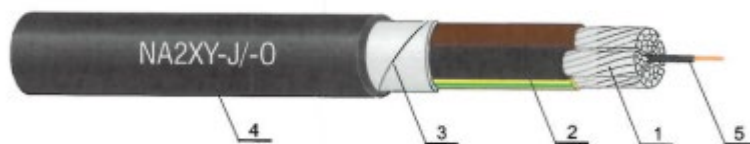
**N A 2X Y – J 4 × 150 SM + 1.5 RE – 0,6/1k**  
 1 2 3 4 5 --- 6 --- 7 8 9

kjer pomeni:

- 1 – normiran (N)
- 2 – vodnik iz aluminija (A)
- 3 – izolacija iz omrežnega polietilena XLPE (2X)
- 4 – plašč iz termoplastičnega polivinilklorida PVC (Y)
- 5 – rumeno zelena barva izolacije žile PEN vodnika (J)
- 6 – število žil in nazivni presek vodnika se označuje s številom žil krat ( $4 \times 150$ )
- 7 – več žični sektorski vodnik (SM)
- 8 – petžilni kabli, pri katerih ima pet žila zmanjšan prerez krmilnega vodnika (1,5)
- 9 – nazivna napetost kabla (0,6/1 kV)

*Tehnične karakteristike predvidenega 1 kV NN kabelskega voda:*

- Nazivna napetost: 0,6/1 kV
- Preskusna napetost: 4000 V
- Preskus gorljivosti: IEC 332-1
- Maksimalna delovna temperatura: + 90 °C
- Dopustna temperatura pri upogibanju: –5 °C do +50 °C
- Dopustna temperatura pri kratkem stiku: +250 °C
- Dopusten upogibni radij, minimalni: za več žilne kable  $12 \times \Phi$  kabla
- Dopustna vlečna sila pri polaganju za: Cu – 50 N/mm<sup>2</sup>, Al – 30 N/mm<sup>2</sup>



Slika 10: Sestava kabla NA2XY-J/-0

Slika 12: NN kabelski vod NA2XY-J/-0  
(Vir: GIZ, 2022)

### 6.6.1 Samonosilni kabelski snop

Oznaka predvidenega SKS (voda) po tehnični smernici (TS26):

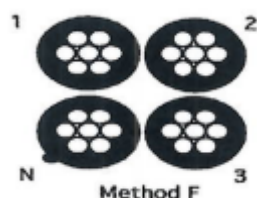
**N 1 X D9 – A R 3 × 70 + 70**  
1 2 3 - 4 - 5 6 ----- 7 -----

Izgled SKS snopa (voda), kjer pomeni:

- 1 – normiran
- 2 – nazivna napetost (0,6/1 kV)
- 3 – izolacija iz omrežnega polietilena XLPE
- 4 – štirižilni kabel z nosilno nevtralno žilo
- 5 – vodnik iz aluminija
- 6 – več žičen okrogel vodnik
- 7 – število žil in nazivni prerez vodnika se označuje s številom žil krat nazivni prerez vodnika v mm<sup>2</sup>



Slika 13: SKS  
(Vir: GIZ, 2019)



Slika 14: Označevanje žil SKS (voda)  
(Vir: GIZ, 2019)

Tehnične karakteristike tipskih kablov SKS:

Oznaka	SIST	N1XD9 – AR		N1XD9 – AR	
Nazivna napetost $U_0/U$ (kV)		0,6 / 1		0,6 / 1	
Konstrukcija kabla (mm <sup>2</sup> )		<b>3 × 70 + 70</b>		<b>3 × 35 + 54,6</b>	
Konstrukcija faznega vodnika (mm)	faznega	Nekompaktni	Kompaktirani	Nekompaktni	Kompaktirani
		12×9,7	12×10,2	7×6,8	7×7,3
Konstrukcija nevtralnega vodnika (mm)	nevtralnega	Nekompaktni	Kompaktirani	Nekompaktni	Kompaktirani
		7×10,0	7×10,2	7×9,2	7×9,6
Material faznega vodnika		Aluminij		Aluminij	
Material nevtralnega vodnika		Aluminijeva legura		Aluminijeva legura	
Natezna trdnost nevtralnega vodnika (daN)		> 2050		> 1660	
Ohmska upornost faznega vodnika $\leq (\Omega / \text{km})$		0,443		0,868	
Ohmska upornost nevtralnega vodnika $\leq (\Omega / \text{km})$		0,50		0,63	
Material izolacije		Črn, XLPE tip TIX-5		Črn, XLPE tip TIX-5	
Povprečna debelina izolacije faznega vodnika (mm)		1,8		1,6	
Povprečna debelina izolacije nevtralnega vodnika (mm)		1,5		1,6	
Max. zunanji $\phi$ (mm)		41		33	
Teža kabla Al (kg/km)		1170		780	
Maksimalni trajni tok pri temperaturi zraka 30 °C (A)		213		138	

Dopustni tok kratkega stika je določen po naslednjih pogojih:

- vodniki se lahko z XLPE izolacijo segrejejo do 250 °C,
- začetna temperatura je lahko 90 °C.

Presek (mm <sup>2</sup> ), Al	Tok K.S. (kA) / 1s
16	1,47
35	3,23
70	4,35

Dejanski tok kratkega stika za vodnik 70 mm<sup>2</sup> je 6,84 kA, omejitev na 4,35 kA je zaradi največjega dopustnega toka nevtralnega vodnika.

Za drugačne čase trajanja kratkega stika je:

$$I_d = I_{dop}(1s) \frac{1}{\sqrt{t(s)}}$$

## 6.7 Ozemljitve

Izpostavljeni prevodni deli se morajo povezati z zaščitnim vodnikom pod pogoji, ki jih zahteva vrsta razdelilnega sistema. Hkrati dostopni izpostavljeni prevodni deli se morajo povezati na isti ozemljitveni sistem posamezno, v skupinah ali skupno.

Vsak nov objekt mora imeti praviloma temeljno ali obročasto ozemljilo, položeno okoli objekta. Ozemljitev objekta se poveže z vodnikom PEN ne glede na to, ali gre za nadzemno, mešano ali kabelsko omrežje. Vodnik PEN mora v celoti predstavljati neprekinjeno celoto. Fe/Zn izvode valjanca, ki izhajajo iz betona, je treba korozijsko zaščititi najmanj 0,3 m nad in pod površino tal. Običajno opravimo to z bitumenskim premazom ali z antikorozijskimi trakovi, cevmi ali krpami, odpornimi na UV žarke. Zveze med jekleno armaturo in bakrenimi vodniki je treba korozijsko zaščititi. Ozemljitev v tleh ne sme biti zasipana z žlindro ali delčki premoga ali z odpadnim gradbenim materialom. Na prehodu nadzemnega voda v podzemni kablovod se vgradijo odvodniki prenapetosti.



Slika 15: Proti koroziji pravilno zaščiten spoj  
(Vir: Tehnična smernica TS11, 2019)



Slika 16: Vijačna – križna sponka Cu/Zn za spajanje pocinkanega valjanca in bakrene vrvi  
(Vir: TS11, 2019)



*Slika 17: Pritrdilo za ozemljitveno vrv*  
(Vir: TS11, 2019)



*Slika 18: Pritrdilo za ozemljitveno vrv na BD*  
(Vir: TS11, 2019)

### *Ozemljitev TP*

Namen ozemljitve v električnih obratovalnih prostorih:

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

TP mora imeti naslednje ozemljitve:

- zaščitno ozemljitev,
- obratovalno ozemljitev,
- združeno ozemljitev.

*Zaščitna ozemljitev:* je ozemljitev kovinskih delov električnega postroja, ki ne pripadajo električnemu tokokrogu, pri okvarah pa lahko pridejo pod napetost neposredno ali preko električnega obloka. Za zaščitni vod se uporabi izoliran (rumeno-zelen) vodnik H07V-K  $1 \times 35 \text{ mm}^2$  (transformator diagonalno  $2 \times$  ne glede na velikost, lovilna posoda transformatorja) in z vodnikom H07V-K  $1 \times 16 \text{ mm}^2$  (gradbeni elementi TP, SN postroj, NN postroj, nosilne konstrukcije transformatorja, SN in NN postrojevi, dvojni podi, okna vrata, police).

Na zaščitno ozemljitev so vezani naslednji deli opreme:

- kovinska armatura gradbenih elementov,
- vsi kovinski deli SN bloka, NN omare,
- ohišje transformatorja,
- sekundarni krogi merilnih transformatorjev,
- kovinski plašči in ekrani energetskih kablov,
- ozemljitev SN navitij enopolno izoliranih napetostnih transformatorjev,
- SN prenapetostni odvodniki,
- nevtralni vodnik NNO, če se zaščitna ozemljitev koristi kot združena ozemljitev in uporabe TN-C ozemljilnega sistema,
- ostala ozemljitev, ki lahko vpliva na zmanjšanje skupne upornosti ozemljila.

*Obratovalna ozemljitev* je ozemljitev kovinskih delov električnega postroja, ki pripadajo električnemu tokokrogu:

- nevtralne točke transformatorjev (direktna ali indirektna),
- VN navitje napetostnih merilnih transformatorjev,
- N ali PEN vodnika,
- kondenzatorjev in usmernikov,
- sponke s1 na NN tokovnih merilnih transformatorjih.

Vse ozemljitve TP (zaščitna ozemljitev TP in obratovalna ozemljitev NNO) so združene.

*Združena ozemljitev* je ozemljitev, ki se doseže s povezavo obratovalne in zaščitne ozemljitve:

- ogrodja SN in NN naprav,
- energetski transformator,
- sekundarni tokokrogi merilnih transformatorjev,
- kovinski plašči in ekrani energetskih kablov,
- ozemljitev SN navitij enopolno izoliranih napetostnih merilnih transformatorjev,
- ozemljitve odvodnikov prenapetosti,
- morebitne strelovodne instalacije,
- druga ozemljila, ki lahko vplivajo na zmanjšanje skupne ozemljitvene upornosti,
- vse kovinske mase.

Povezava mora biti izvedena na vidnem mestu. Ozemljitveni trak se polaga ob visokonapetostnih kablilih, kabelski kanalizaciji in celotnem nizkonapetostnem kabelskem omrežju in se ga hkrati poveže z vsemi kovinskimi priključnimi kabelskimi omaricami in vodnikom PEN v vsaki omarici.

Ker so na isto NNO priključene tako instalacije, izvedene po sistemu TN, kot instalacije, izvedene po sistemu TT, mora ozemljitvena upornost združene ozemljitve ustrezati zahtevam sistema TN-C. Sistem združene ozemljitve, ki ga sestavljajo ozemljitev TP in ozemljitve vodnika PEN v omrežju in pri uporabnikih, je treba dimenzionirati tako, da pri zemeljskem stiku v visokonapetostnem delu TP napetost na ozemljitvenem sistemu ne bo preseгла vrednosti, ki je pri danem odklopnem času dovoljena.

TP se poveže z ozemljitvijo NNO in EKK.

Pri dimenzioniranju ozemljitev upoštevamo:

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

## 7 MERITVE KAKOVOSTI ELEKTRIČNE ENERGIJE (KEE) PO IZGRADNJI NOVE TP 20/0,4 kV BRUHANJA VAS IN SANACIJI NN OMREŽJA

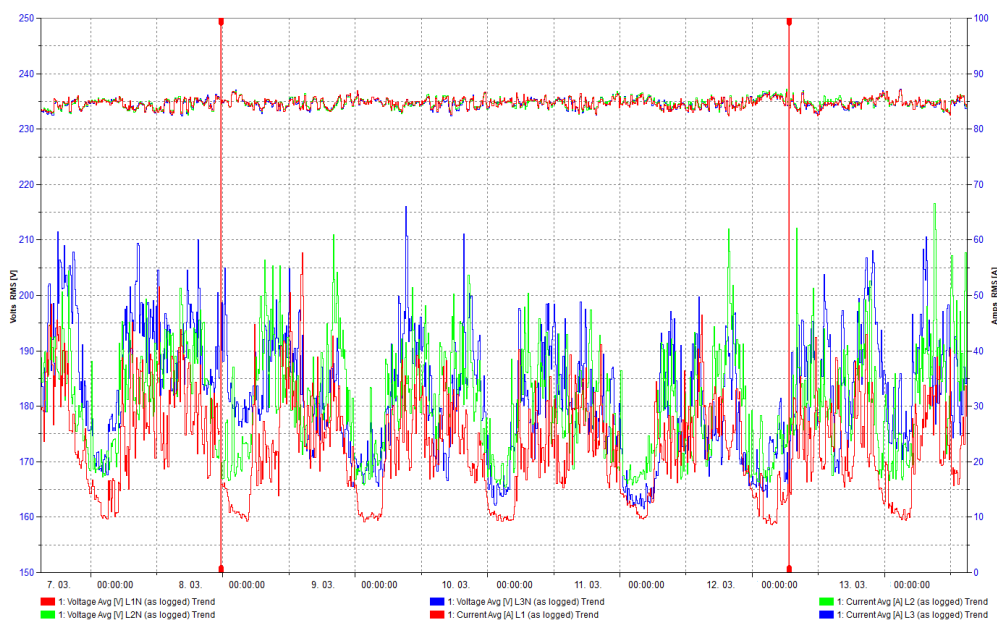
V letu 2024 so bile opravljene kontrolne meritve električnih parametrov in osnovnih parametrov KEE na območju TP 20/0,4 kV Bruhanja vas. Meritve so bile izvedene po izgradnji nove TP in sanaciji NNO. Izvajali smo meritve obremenitve nove TP in KEE na koncu NN voda Bruhanja vas 30.

Meritve so bile izvedene z merilnim inštrumentom Fluke 1744.

*Merilno mesto M1: TP 20/0,4 kV Bruhanja vas, meritve obremenitve TR*

Transformator moči 250 kVA v TP Bruhanja vas dosega 18 % vrednosti obremenitve nazivne moči transformatorja, kot nam prikazuje slika 19.

Slika 19 nam prikazuje vrednosti toka in vrednosti napetosti po posameznih fazah v odvisnosti od časovnega intervala. Ugotavljamo, da smo z izgradnjo nove TP zagotovili še veliko električne moči za priključitev novih odjemalcev, možnost priklopov novih obnovljivih virov kakor tudi povečavo moči obstoječih odjemalcev.



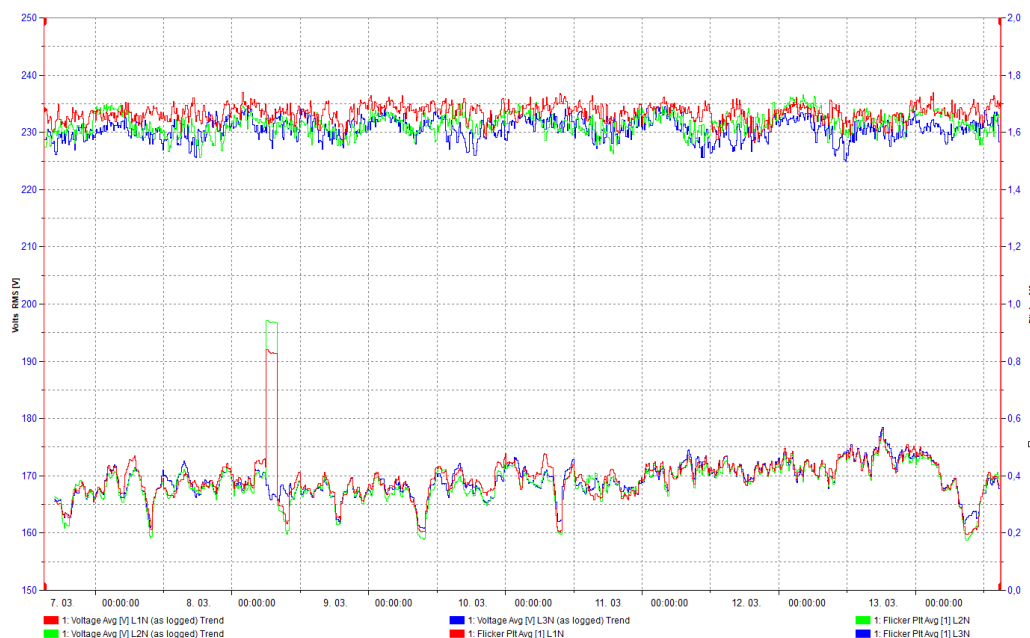
Slika 19: Diagram napetosti in toka v TP  
(Lastni vir, 2024)



Diagram napetosti in toka v TP Bruhanja vas v odvisnosti od tedenskega časovnega obdobja (slika 19) prikazuje 10-minutne povprečne vrednosti napetosti in toka po posameznih fazah, izmerjene po standardu SIST EN 50160. Iz diagrama napetosti in toka TP Bruhanja vas je razvidno, da zaradi velike kratkostične moči in nizke obremenitve transformatorja toka ne vpliva na napetostni nivo transformatorja.

#### *Merilno mesto M2: NNR Bruhanja vas 30, Dobropolje*

Rezultati meritev izkazujejo, da so vsi merljivi parametri KEE znotraj s standardom predpisanih meja. KEE v NNR Bruhanja vas 30 je v skladu s standardom SIST EN 50160. Diagram napetosti in sočasno diagram flikerja na merilnem mestu M2 predstavlja slika 20 v odvisnosti od časovnega intervala po posameznih fazah.



*Slika 20: Diagram napetosti in flikerja na koncu NN voda  
(Lastni vir, 2024)*

Diagram napetosti in flikerja v NNR Bruhanja vas 30 v odvisnosti od tedenskega časovnega obdobja (slika 20) prikazuje 10-minutne povprečne vrednosti napetosti in flikerja po posameznih fazah, izmerjene po standardu SIST EN 50160. Iz diagrama napetosti in flikerja je razvidno, da kakovost napetosti in flikerja ne odstopa s standardom predpisanih meja. Z izgradnjo nove TP Bruhanja vas se je KEE na oddaljnejših odjemnih mestih izboljšala, kar smo tudi dokazali z meritvami in rezultate prikazali na diagramu napetosti in flikerja.

## 8 ZAKLJUČEK

Z izgradnjo nove TP 20/0,4 kV Bruhanja vas smo izboljšali energetske napajanje vasi Bruhanja vas. Izboljšava nam omogoča dodatno širjenje energetskega omrežja kakor tudi kakovostnejšo in zanesljivejšo dobavo električne energije na odjemnih mestih uporabnikov v vasi Bruhanja vas.

Bruhanja vas, ki se nahaja v neposredni bližini RP 20 kV Dobropolje, nam je ponujala možnost priklopa na več različnih SN DV. Z izbiro lokacije TP smo pridobili možnost razbremenitve NNO in ga razdelili na več NN izvodov. Nova TP in razbremenitev NNO nam zagotavljata širjenje vasi Bruhanja vas v energetske smislu, povečavo električne moči na priključnih mestih obstoječih uporabnikov in možnost priklopa novih malih sončnih elektrarn. Za izvedbo SN napajanja TP Bruhanja vas 20/0,4 kV smo primerjali tri različne možne izvedbe priklopa na SN DV: DV 20 kV Prevole, DV 20 kV Velike Lašče in DV 20 kV Stolarna. Izvedli smo primerjavo možnosti priklopa glede na umeščanje TP v prostor in cenovno primerjavo različnih izvedb TP kakor tudi stroškov odškodninskih zahtevkov lastnikov zemljišč umeščanja v prostor elektroenergetske infrastrukture. Pri cenovni primerjavi smo prišli do zaključka, da se izvedba elektroenergetske opreme cenovno bistveno ne razlikuje glede na možne izvedbe same TP. Večja odstopanja v ceni se izkazujejo pri umeščanju v prostor energetske infrastrukture, predvsem zaradi velikih odškodninskih zahtevkov in možnosti pridobivanja služnostnih zahtevkov na zemljišča. Za izvedbo SN napajanja TP smo se odločili za podeželski DV Prevole. Priklop na DV Prevole nam je omogočil pridobivanje služnostnih zahtevkov manjšega števila lastnikov zemljišč in lokacijsko umestitev v prostor TP v središče vasi. Lokacijska umestitev v prostor v središče vasi nam omogoča razbremenitev NNO na več izvodov, kar nam omogoča povečavo moči na NN izvodih kakor tudi zanesljivejšo dobavo in oskrbo z električno energijo ob morebitnih izpadih na NNO. Za izvedbo TP smo izbrali kompaktno pločevinasto kabelsko TP TIP TEN 2SF in transformator moči 250 kVA. Izvedba TP in njena umestitev v prostor na sredini vasi ob cestišču nam omogočata lažje redno vzdrževanje TP in možnost nadgradnje NNO ob morebitnem širjenju vasi.

Po izgradnji nove TP 20/0,4 kV Bruhanja vas smo izvedli ponovne meritve obremenitve TP in meritve KEE po standardu SIST EN 50160 na odjemnem mestu Bruhanja vas 30, Dobropolje. Rezultati meritev obremenitve transformatorja moči 250 kVA v TP Bruhanja vas izkazujejo, da obremenitev transformatorja dosega 18 % vrednosti obremenitve nazivne moči transformatorja. Ugotavljamo, da smo z izgradnjo nove TP zagotovili še veliko električne moči za priključitev novih odjemalcev, možnost priklopov novih obnovljivih virov kakor tudi povečavo električne moči obstoječih odjemalcev. Rezultati meritev na odjemnem mestu Bruhanja vas 30, Dobropolje izkazujejo, da so vsi merljivi parametri KEE znotraj s standardom predpisanih meja. KEE v NNR Bruhanja vas 30 je v skladu s standardom SIST EN

50160. Z razbremenitvijo NNO in s skrajšanjem razdalje odjemnih mest od TP se je izboljšala KEE in s tem posledično težava s flikerjem. Z izgradnjo nove TP 20/0,4 kV Bruhanja vas smo zagotovili možnost nadaljnega elektroenergetskega razvoja vasi Bruhanja vas. Z meritvami KEE in obremenitve transformatorja smo pokazali na pravilno izbiro umestitve v prostor nove TP, njenega priklopa na SNO in razbremenitve NNO.

## 9 LITERATURA IN VIRI

Projektna skupina za tipizacijo distribucije Slovenije. *GIZ TS-13 – Elektro kabelska kanalizacija*. (2017). Sprejeto na 9-17. seji skupščine GIZ DEE Slovenije. Pridobljeno 15. 2. 2024 z naslova <https://www.giz-dee.si/Portals/0/Tipizacija/GIZ-TS-13-Elektro-kabelska-kanalizacija.pdf>

Projektna skupina za tipizacijo distribucije Slovenije. GIZ TS-11- *Smernica za izbiro ter polaganje elektroenergetskih kablov*. (2023). sprejeto na 4\_16 seji skupščine GIZ DEE. Pridobljeno 15. 4. 2024 z naslova <https://www.giz-dee.si/Portals/0/Tipizacija/TS-11%20Prezem%20in%20polaganje%20kablov%20od%201%20kV%20do%2010%20kV.pdf>

*Tipizacija distribucijskega omrežja. Načrtovanje in gradnja 20kV kablovodov T - 2 ELES- Verzija ena 1/2020 verzija dva 2/2024*. Pridobljeno 15. 5. 2024 z naslova <https://www.sodo.si/storage/app/uploads/public/665/d6a/6e0/665d6a6e0b9c6149067999.pdf>

*Tipizacija distribucijskega omrežja. Enožilni energetske kabli 12/20/24 kV T - 3 ELES- prva izdaja 1/2020 druga izdaja 2/2024*. Pridobljeno 18.5. 2024 z naslova <https://www.sodo.si/storage/app/uploads/public/661/4d9/e83/6614d9e8360f3797147901.pdf>

*Tipizacija distribucijskega omrežja. Načrtovanje in gradnja NN podzemnega elektroenergetskega omrežja T- 6 ELES- Prva izdaja 1/2022 druga izdaja 2/2024*. Pridobljeno 15. 5. 2024 z naslova <https://www.sodo.si/storage/app/uploads/public/661/4da/897/6614da89765c0001396750.pdf>

*Tipizacija distribucijskega omrežja. NN Energetske kabli 1kV T – 7 ELES- prva izdaja 1/2021 druga izdaja 2/2024*. Pridobljeno 20. 4. 2024 z naslova <https://www.sodo.si/storage/app/uploads/public/661/4da/f37/6614daf373688531576710.pdf>

*Tipizacija distribucijskega omrežja. Gradnja kompaktnih transformatorskih postaj 20(10)/ 0,4 kV T - 12 ELES prva izdaja 1/2024*. Pridobljeno 15. 2. 2024 z naslova <https://www.sodo.si/storage/app/uploads/public/662/f7c/fee/662f7cfeed4ee553188855.pdf>

*Tipizacija distribucijskega omrežja. Omrežnih priključkov končnih odjemalcev ELES - 2021*. Pridobljeno 25. 2. 2024 z naslova <https://sodo.si/storage/app/uploads/public/611/f52/b98/611f52b9880a4996312310.pdf>

*Tipizacija distribucijskega omrežja. Samonosilni Kabelski snop (SKS) 1kV T- 9 ELES- prva izdaja 1/2021 druga 2/2024*. Pridobljeno 08. 4. 2024 z naslova <https://sodo.si/storage/app/uploads/public/661/4db/604/6614db6041503415448825.pdf>

Kolektor-Etra distribucijski transformatorji Serije 8. [https://kolektor-etra.si/wp-content/uploads/2018/11/Distribucijski\\_transformatorji\\_OLJNI\\_Katalog\\_SLO\\_Final.pdf](https://kolektor-etra.si/wp-content/uploads/2018/11/Distribucijski_transformatorji_OLJNI_Katalog_SLO_Final.pdf)

Interno gradivo Elektra Ljubljana d.d. :  
Oddelka razvoja ter dokumentacije.  
Službe za kakovost oskrbe z električno energijo.

Gradbeni zakon GZ 1 (UI.RS, št 199 - 2021).