

Darko Duktaj
HEP-Operator distribucijskog sustava d.o.o.
darko.duktaj@hep.hr

Vladimir Čavlović
HEP-Operator distribucijskog sustava d.o.o.
vladimir.cavlovic@hep.hr

Vjekoslav Milorad
HEP-Operator distribucijskog sustava d.o.o.
vjekoslav.milorad@hep.hr

Matija Babić
HEP-Operator distribucijskog sustava d.o.o.
matija.babic@hep.hr

PROGRAM OBNOVE KOMUNALNE I ELEKTROENERGETSKE INFRASTRUKTURE GRADA VUKOVARA

SAŽETAK

Programom obnove komunalne i elektroenergetske infrastrukture grada Vukovara razmatra se cjelovita obnova elektroenergetske mreže grada Vukovara, tj. dovršetak obnove koja traje od početka mirne reintegracije hrvatskog Podunavlja 1997. godine. Program se sastoji od tri osnovna dijela: razvoj primarne distribucijske mreže Grada Vukovara (TS 110/SN, TS 35/SN i pripadajući vodovi), prijelaz SN mreže na 20 kV napon (nastavak rada na prijelazu na 20 kV pogonski napon sukladno Studiji razvoja DP Elektra Vinkovci) i uređenje transformatorskih stanica SN/NN. U sklopu prijelaza na pogonski napon 20 kV rekonstruiraju se i preostala postrojenja 10 kV u trafostanicama 10/0,4 kV.

U radu će se za područje obuhvata Programa Vukovar opisati postojeće stanje mreže, ciljevi i izazovi definiranja tehničkih rješenja i dinamike ulaganja u obnovu i razvoj primarne distribucijske mreže te ulaganja u prijelaz SN mreže na 20 kV.

Ključne riječi: Grad Vukovar, obnova elektroenergetske infrastrukture, prijelaz na 20 kV napon

PROGRAM FOR RECONSTRUCTION OF MUNICIPAL AND POWER INFRASTRUCTURE OF THE CITY OF VUKOVAR

SUMMARY

Program for reconstruction of municipal and power infrastructure of the city of Vukovar considers the complete renewal of the power network in the city of Vukovar, the completion of the renewal that has been ongoing since the peaceful reintegration of the Danube Region in 1997. The program is consisted of three basic parts: the development of the primary distribution network of the city of Vukovar (SS 110/MV, SS 35/MV and its associated distribution lines), the transition of MV network to 20 kV voltage (continuation of work on the transition to 20 kv operating voltage in accordance with the Development Study of DP Elektra Vinkovci) and the arrangement of SS MV/LV (the remaining 10 kV plants in 10/0,4 kV substations are also reconstructed as a part of the transition to a 20 kV operating voltage).

This paper will describe the current state of the network, aims and challenges of defining the technical solutions and the dynamics of investment in the renewal, as well as development of primary distribution network and investment in the transition of the MV network to 20 kV.

Key words: the city of Vukovar, renewal of the power infrastructure, transition to 20 kV voltage

1. UVOD

Grad Vukovar je sjedište Vukovarsko-srijemske županije, smješten je na obalama svojih dviju rijeka, Vuke i Dunava, u panonskom, sjeveroistočnom dijelu Republike Hrvatske. Za vrijeme Domovinskog rata, Grad je pretrpio ogromna razaranja, a stanovništvo je pretrpjelo ogromne žrtve te je poslano u logore ili je protjerano. Na objektima prijenosne i distribucijske mreže, na području hrvatskog Podunavlja ukupna šteta procijenjena je na 155 milijuna USD.

Udio šteta na prijenosnoj mreži iznosio je 65 milijuna USD, a na distribucijskoj mreži 90 milijuna USD. Za razminiranje potrebna sredstva su procijenjena na 34 milijuna USD, za opremu 73 milijuna USD, za elektromontažne radove 24 milijuna USD, za građevne radove 16 milijuna USD...

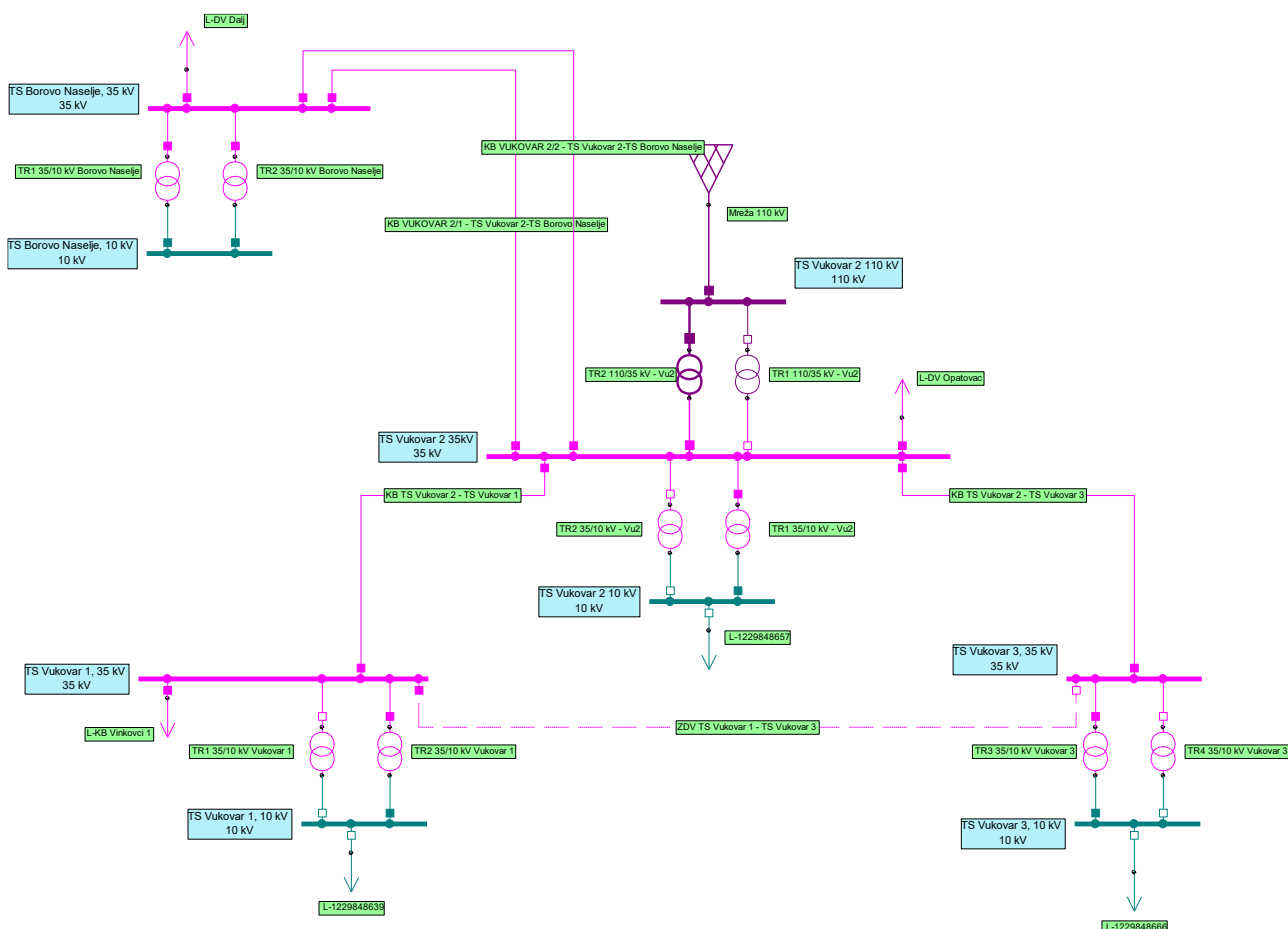
U dijelu distribucijske opreme, najviše su stradale transformatorske stanice 10/0,4 kV, za koje je trebalo osigurati 23 milijuna USD, za 10 kV dalekovode 24 milijuna USD te za niskonaponsku mrežu 21 milijun USD.

U razdoblju od završetka mirne reintegracije hrvatskog Podunavlja pa do danas u Grad Vukovar uloženo je cca. 100 milijuna kuna, kroz više investicijskih programa HEP-a/HEP ODS-a.

2. POSTOJEĆE STANJE

2.1. Mreža 35 kV Grada Vukovara

Razdjelna mreža 35 kV DP Elektra Vinkovci na području Grada Vukovara napaja se iz TS 110/35/10(20) kV Vukovar 2 (Slika 1). Velika većina vodova projektirana je i izgrađena prije Domovinskog rata, te je spremna za revitalizaciju odnosno zamjenu.



Slika 1. Razdjelna mreža 35 kV grada Vukovara – postojeće stanje, 2019. godina

Rezervni pravci napajanja raspoloživi su 35 kV vodovima: KB 35 kV TS 110/35/10 kV Vinkovci 1 – TS 35/10 kV Vukovar 1, DV 35 kV TS 35/10 kV Dalj – TS 35/10 kV Borovo Naselje i DV 35 kV TS 35/10 kV Vukovar 3 – TS 35/20/10 kV Opatovac.

2.2. Transformatorske stanice x/10 kV

Na predmetnom području u pogonu su 4 trafostanice X/10 kV, i to TS 110/35/10(20) kV Vukovar 2, TS 35/10 kV Vukovar 1, TS 35/10 kV Vukovar 3 i TS 35/10 kV Borovo Naselje.

2.2.1. TS 110/35/10(20) kV Vukovar 2

Kao najvažniji energetska izvor na području grada Vukovara i okolice, TS 110/35/10(20) kV Vukovar 2 (2x40 MVA + 2x8MVA) izgrađena je 1968., a kompletno obnovljena 2004. godine. Rekonstrukcija distribucijskog dijela trafostanice obuhvatila je zamjenu postrojenja 35 kV, 20 kV, energetskih transformatora, transformatora vlastite potrošnje i razvoda pomoćnih napajanja, kao i građevinsko uređenje objekta. Primarno postrojenje sastoji se od 15 sklopnih blokova 35 kV i 26 sklopnih blokova 20 kV, izoliranih zrakom.

2.2.2. TS 35/10 kV Vukovar 1

TS 35/10 kV Vukovar 1 (2x8MVA) najstarija je trafostanica u Vukovaru izgrađena 1957. godine, a za vrijeme pogona nije kompletno rekonstruirana. Nakon mirne reintegracije Hrvatskog Podunavlja učinjena je nužna sanacija postrojenja, a cjelovita rekonstrukcija ostavljena je za budućnost.

2.2.3. TS 35/10 kV Vukovar 3

TS 35/10 kV Vukovar 3 (2x8 MVA) izgrađena 1984. godine, a za vrijeme pogona nije kompletno rekonstruirana. Nakon mirne reintegracije Hrvatskog Podunavlja učinjena je nužna sanacija postrojenja i građevinskog dijela građevine, a cjelovita rekonstrukcija ostavljena je za budućnost.

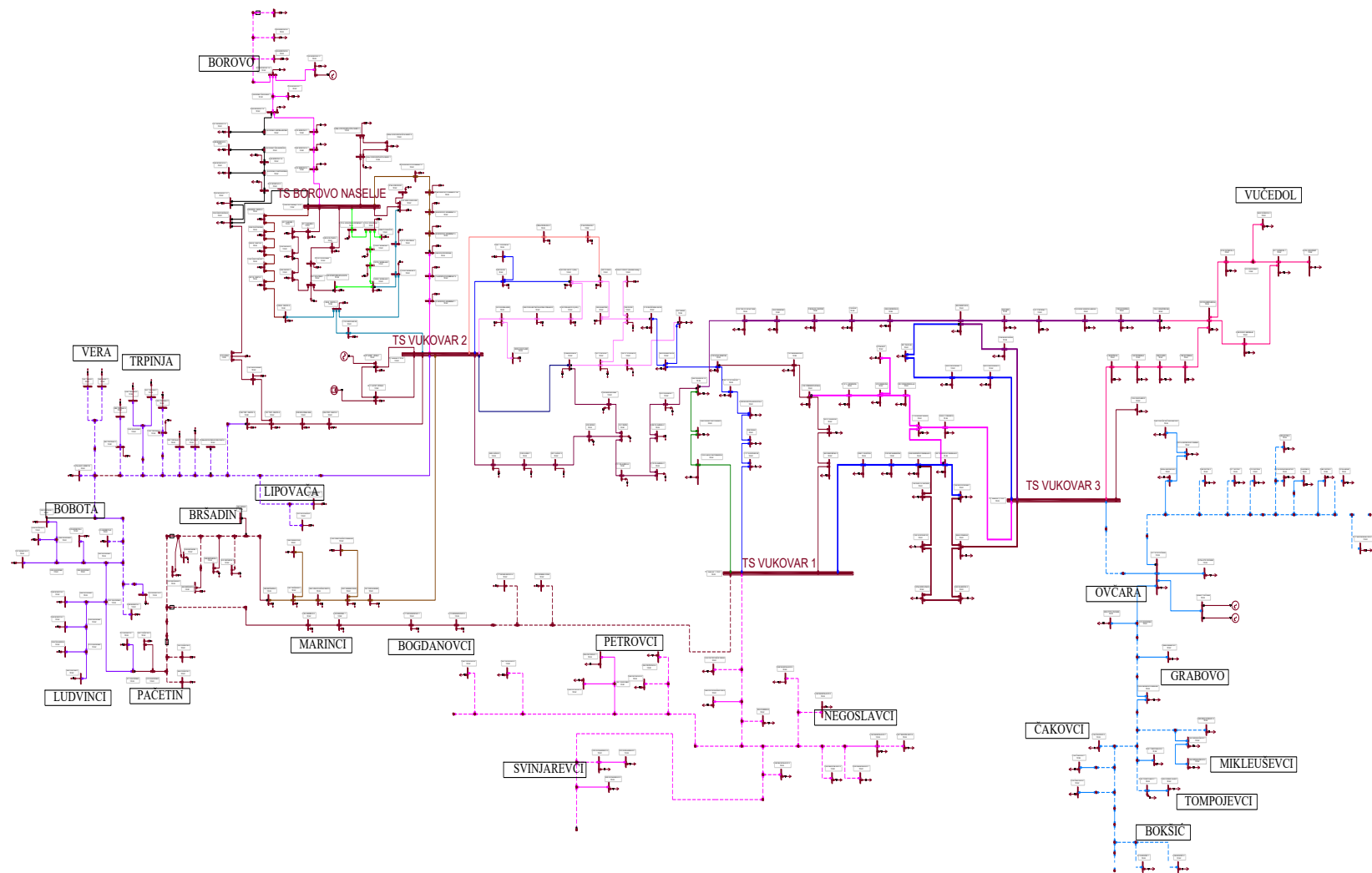
2.2.4. TS 35/10 kV Borovo naselje

TS 35/10 kV Borovo Naselje (2x8MVA) izgrađena 1980. godine, a za vrijeme pogona do danas također su učinjeni samo najnužniji popravci te nije kompletno rekonstruirana.

2.3. Mreža 10 kV

Tijekom realizacije Programa sanacije i obnove (SIO) elektroenergetskih postrojenja hrvatskog Podunavlja, HEP Distribucija d.o.o. je uz pomoć drugih distribucijskih područja organizirala izradu idejnih projekata: ELEKTROENERGETSKA POSTROJENJA 10(20) i 0,4 kV GRADA VUKOVARA, koji su uključivali cjelovite obnove mreže 10 kV grada Vukovara, uključivo pripremu za prelazak na rad s pogonskim naponom 20 kV.

Spomenuta energetska razrada uvažila je specifičan „izduženi“ geografski oblik grada Vukovara, te smještaj glavnih energetskih izvora TS Vukovar 2 i TS Vukovar 3 na suprotnim krajevima grada. Planirana je mreža 20 kV po principu uzdužnih veza između TS Vukovar 2 i TS Vukovar 3, dok su TS Borovo Naselje i TS Vukovar 1 zamišljene kao rasklopišta 20 kV.



Slika 2. Mreža 10 kV – postojeće stanje, 2019. godina

3. ANALIZA TOKOVA SNAGA

U sklopu izrade programa, prilikom analize tokova snaga, napravljene su dvije varijante razvoja primarne distribucijske mreže Grada:

- Varijanta A – Izgradnja TS 110/10(20) kV Vukovar 3 (2x20 MVA)
- Varijanta B – Rekonstrukcija TS 35/10(20) kV Vukovar 3 – pojačanje transformacije (2x16 MVA)

U Varijanti A, grad Vukovar više ne bi imao potrebu za 35 kV razinom. Od samog početka izgradnje 1979. godine trafostanica TS 35/10 kV Vukovar 3 je predviđena kao 110/35/10 kV, od čega je do danas realizirana samo prva etapa izgradnje.

3.1. Korišteni programski alat

Korišten je programski alat za analizu energetskih sustava NEPLAN. NEPLAN je vrlo jednostavan sustav za planiranje i informiranje o elektroenergetskim mrežama.

Za modeliranje vršnog opterećenja u proračunima, model i dostupni podaci preuzeti iz CI metodologije rangiranja elektroenergetskih objekata.

3.2. Analiza tokova snaga – postojeće stanje

Proračun tokova snaga napravljen je programskim paketom Neplan v5.5.8. Izvor topografije SN mreže preuzet je iz DeGIS-a, a postojeće uklopno stanje iz SCADA sustava.

Osnovni model SN mreže grada Vukovara i okolice predstavlja postojeće stanje koje obuhvaća 4 trafostanice (TS Vukovar 1, TS Vukovar 2, TS Vukovar 3 i TS Borovo naselje) iz kojeg su razvijeni budući modeli SN mreže.

Tablica I. Rezultati analize tokova snaga – postojeće stanje

	Ukupni trenutni gubitci - radni [MW]	Ukupni trenutni gubitci - jalovi [MVar]	Najveći pod napona [%]
SN mreža – postojeće stanje	0,333	-1,227	-5,59

3.3. Analiza tokova snaga – buduće stanje

3.3.1. Varijanta A – 110/20 kV

Model mreže 110/20kV (varijanta A) uključuje izgradnju TS 110/10(20) kV Vukovar 3 napajanu putem dvostrukog DV 110 kV duljine 2,2 km interpoliran u postojeći DV 110 kV Vukovar – Nijemci.

Tablica II. Rezultati analize tokova snaga – buduće stanje varijanta A

	Ukupni trenutni gubitci - radni [MW]	Ukupni trenutni gubitci - jalovi [MVar]	Najveći pod napona [%]
SN mreža – buduće stanje	0,191	-4,428	-0,66

3.3.2. Varijanta B – 35/20 kV

Model mreže 35/20kV (varijanta B) uključuje rekonstrukciju TS 35/10(20) kV Vukovar 3 s pojačanjem transformacije (2x16 MVA), napajanu putem dvostrukog KB 35 kV duljine 7,5 km iz postojeće TS 110/35/10(20) kV Vukovar 2. Obje predložene varijante provjerene su i za buduće stanje proračunom tokova snaga za dvostruko veće terete od trenutnih.

Tablica III. Rezultati analize tokova snaga – buduće stanje varijanta B

	Ukupni trenutni gubitci - radni [MW]	Ukupni trenutni gubitci - jalovi [MVar]	Najveći pod napona [%]
SN mreža – buduće stanje	0,214	-4,489	+0,17

3.4. Zaključci analize tokova snaga

Oba predložena modela mreže dala su približno iste rezultate, s postojećim trenutnim vršnim opterećenjima. Analiza za hipotetsko buduće stanje provedena je s dvostruko većim teretima, gdje su uz regulaciju transformatora postignuti zadovoljavajući rezultati. Na temelju provedene analize donesena je odluka da se izgradi mreža po modelu varijanta B, s istovremenom građevinskom pripremom postrojenja TS Vukovar 3 za ugradnju direktne transformacije 110/20 kV.

4. OPSEG ZAHVATA

Nakon pripreme ulaznih podataka (idejni projekti SN i NN mreže, Studija razvoja DP Elektre Vinkovci, analiza tokova snaga) pristupilo se izradi Programa.

4.1. Izvori napajanja, mreža 35 kV

Gradi se novi dvostruki (2x(3x185mm²)) KB 35 kV TS 110/35/10(20) kV Vukovar 2 - TS 35/10(20) kV Vukovar 3. mreža 35 kV s udaljenim stanicama, TS 110/35/10 kV Vinkovci 1 i TS 35/10 kV Dalj prosljeđuju se na TS 110/35/10(20) kV Vukovar 2, a TS 35/10 kV Opatovac ostaje povezana sa TS 35/10(20) kV Vukovar 3.

Tablica IV. Troškovi izgradnje KB 35 kV TS 110/35/10(20) kV Vukovar 2 - TS 35/10(20) kV Vukovar 3

RED. BR.	KB 2X35 KV DULJINE 7,5 KM	CIJENA (kn)
1	Elektromontažna oprema i radovi	3.200.000,00
2	Građevinska oprema, materijal i radovi	1.800.000,00
3	Projektna dokumentacija	200.000,00
UKUPNO		5.200.000,00

SN mreža grada Vukovara, napaja se iz TS 110/35/10(20) kV Vukovar 2 i TS 35/10(20) kV Vukovar 3, u prvoj fazi na naponu 10 kV, a nakon dovršetka zamjene kabela mreže 20 kV prelazi na rad sa naponom 20 kV.

TS 35/10(20) kV Vukovar 3 (2x16 MVA) gradi se sa kompaktnim zrakom izoliranim unutarnjim postrojenjem 35kV, 10 polja 20kV (10 vodnih polja, u 2 sekcije). Za smještaj 20kV postrojenja, pomoćnih postrojenja i podsustava koristi se postojeća zgrada (Tablica V.)

Tablica V. Procjena troškova izgradnje TS 35/10(20) kV Vukovar 3

RED. BR.	TS 35/10(20) KV VUKOVAR 3	CIJENA (kn)
1.	Elektromontažna oprema i radovi	8.865.000,00
2.	Sanacija i građevinsko uređenje objekta	1.000.000,00
3.	Projektna i tehnička dokumentacija	200.000,00
UKUPNO		10.065.000,00

TS 35/10 kV Vukovar 1 se obzirom na poziciju (1,7 km od lokacije TS 35/10 kV Vukovar 3) napušta, a pripadna mreža 10 kV se uklapa u magistralne vodove između TS 110/35/10(20) kV Vukovar 2 i TS 35/10(20) kV Vukovar 3.

TS 35/10 kV Borovo Naselje zbog razgranatosti SN mreže prelazi u rasklopište 10(20) kV na način da jedan od postojećih napojnih 35 kV kabela prelazi na rad sa naponom 20 kV, a drugi se prosljeđuje kao rezervno napajanje TS 35/10 kV Dalj te DV 35 kV Dalj-Borovo naselje postaje DV 35 kV TS Dalj-TS Vukovar 2.

Tablica VI. Troškovi rekonstrukcije TS 35/10 kV Borovo naselje u RS 10(20) kV Borovo naselje

RED. BR.	RS 10(20) kV BOROVO NASELJE	CIJENA (kn)
1.	Elektromontažna oprema i radovi	3.425.000,00
2.	Sanacija i građevinsko uređenje objekta	200.000,00
3.	Projektna i tehnička dokumentacija	200.000,00
U K U P N O		3.825.000,00

4.2. Prelazak 10 kV SN mreže na rad s naponom 20 kV

Sukladno idejnim projektima ELEKTROENERGETSKA POSTROJENJA 10(20) i 0,4 kV GRADA VUKOVARA, te do sada izrađenim studijama razvoja SN mreže Elektre Vinkovci, SN mreža grada Vukovara planira se izgraditi u uzdužnim vezama između dvije glavne pojne točke, TS 110/35/10(20) Vukovar 2 i TS 35/10(20) kV Vukovar 3. U sklopu zamjene 10 kV kabela grade se 4 magistralna voda između TS 110/35/10(20) kV Vukovar 2 i TS 110/10(20) kV Vukovar 3. Ukupna dužina kabela koji se mijenjaju je 55,2 km.

Osim zamjene postojećih kabela, planirani zahvat obuhvaća i izgradnju dijela novih kabelskih trasa potrebnih za integraciju 9 novih TS 10(20)/0,4 kV.

Tablica VII. Troškovi zamjene KB 10 kV novim KB 20 kV

RED. BR.	KB 10 kV DULJINE 55,2 KM	CIJENA (kn)
1.	Elektromontažna oprema i radovi	8.277.000,00
2.	Građevinska oprema, materijal i radovi	13.793.000,00
3.	Projektna dokumentacija	1.800.000,00
U K U P N O		23.870.000,00

4.3. Uređenje trafostanica 10(20)/0,4 kV

4.3.1. SN postrojenje

U sklopu prelaska na pogonski napon 20 kV rekonstruiraju se i preostala postrojenja 10 kV u trafostanicama 10/0,4 kV.

Ugrađuju se tipski SN blokovi s maksimalno 3 VP, čime se postiže pojednostavljeno održavanje i omogućava držanje pogonske pričuve.

Točke u SN mreži za koje je se planira uvođenje u Sustav daljinskog vođenja nabavljaju se SN blokovi opremljeni motornim pogonima, signalnim sklopkama i električnim okidačima. Za postrojenja koja su već opremljena sklopnim blokovima s ručnim pogonima predviđena je prigradnja motornih pogona, signalnih sklopki i električnih okidača, tamo gdje to Studija pokaže potrebnim.

4.3.2. Energetski transformatori

Svi energetski transformatori, koji su predviđeni za rad s naponom 10/0,4 kV mijenjaju se preklapivim transformatorima 20/0,4 kV odgovarajuće snage.

4.3.3. NN postrojenje

Tehničko rješenje NN razvoda na razini tipske TS (KTS, SBTS, PTTS, ŽSTS), osim uobičajenih karakteristika obuhvaća:

- Mjerenje izlazne energije TP 0,4 kV
- Pogonsko mjerenje napona, struja i KEE (EN 50160, IEC 61000-4-30 klasa S, pohrana, komunikacija)
- Automatska regulacija kompenzacije praznog hoda transformatora (ili tipizacija baterija po snagama).

4.3.4. Građevinsko uređenje

Objekti trafostanica se građevinski uređuju. Uređenje u maksimalnom opsegu obuhvaća:

- uređenje fasade objekta
- priprema za ugradnju SN i NN razvoda
- sanacija uljne jame
- zamjena bravarije
- uređenje okoliša i pristupnog puta.

4.3.5. Automatizacija po dubini SN mreže

Upravljanje po dubini SN mreže usklađeno je s novom koncepcijom mreže. Mjesta daljinskog upravljanja locirana su u čvornim točkama između četiri magistralna voda, te na pogodnim lokacijama nadzemnih vodova. Sva mjesta daljinskog upravljanja u kabelskoj SN mreži trebaju biti opremljena:

- upravljanje i signalizacija sklopnim aparatima
- mjerenja u realnom vremenu
- kontrola Kvalitete električne energije (KEE) po EN 50160
- indikacija prolaska struje kvara.

U svrhu realizacije funkcija SDV-a po dubini mreže, duž magistralnih vodova grade se nove optičke komunikacijske veze ili se koristi TETRA sustav.

Tablica VIII. Specifikacija potrebne opreme i radova na trafostanicama 10(20)/0,4 kV

RED. BR.	TRAFOSTANICE 10(20)/0,4 kV	CIJENA (kn)
1.	Elektromontažna oprema i radovi	11.440.000,00.
2.	Sanacija i građevinsko uređenje objekta	1.675.000,00
3.	Projektna i tehnička dokumentacija	430.000,00
UKUPNO		13.545.000,00

4.4. Izgradnje nove KBNN

U sklopu Programa predviđena je i zamjena preostalih starih NN mreža, izgrađenih golim vodičima, po krovnim stalcima s novom podzemnom kabelskom mrežom. Ukupna duljina kabelskih trasa koji se mijenjaju je 4,5 km.

Tablica IX. Troškovi izgradnje nove KBNN

RED. BR.	KBNN KV DULJINE 4,5 KM	UKUPNA CIJENA (kn)
1.	Elektromontažna oprema i radovi	660.000,00
2.	Građevinska oprema, materijal i radovi	1.100.000,00
3.	Projektna dokumentacija	140.000,00
UKUPNO		1.900.000,00

5. REKAPITULACIJA TROŠKOVA

U ovom poglavlju je prikazan ukupni trošak Programa (Tablica X.) kao i buduće stanje elektroenergetske mreže (20 kV) na području grada Vukovara (Prilog 1.)

Tablica X. Projekt Vukovar - rekapitulacija troškova

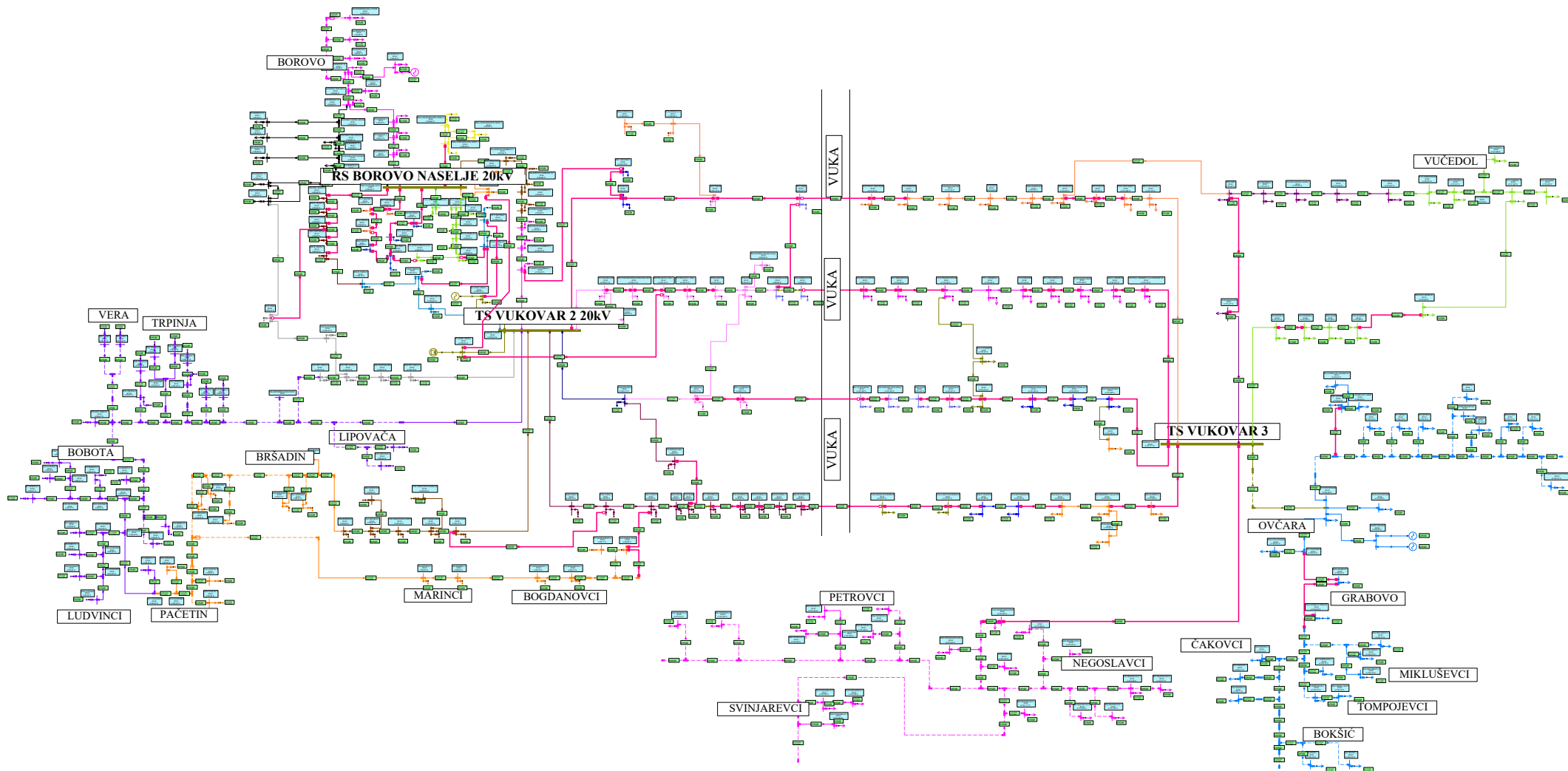
RED. BR.	OPIS	UKUP. CIJENA (kn)	UDIO (%)
1.	IZVORI NAPAJANJA, MREŽA 35 kV	19.090.000,00	32
2.	TRAFOSTANICE 10(20)/0,4 kV	13.545.000,00	23
3.	MREŽA 10(20) kV	23.870.000,00	40
4.	MREŽA 0,4 kV	1.900.000,00	3
5.	AUTOMATIZACIJA PO DUBINI SN MREŽE	1.776.000,00	2
UKUPNO		60.181.000,00	

6. ZAKLJUČAK

Programom obnove komunalne i elektroenergetske infrastrukture grada Vukovara, HEP ODS završava elektroenergetsku obnovu Grada Vukovara koja je počela još krajem 90-ih godina, mirnom reintegracijom hrvatskog Podunavlja. Realizacijom ovog Programa u potpunosti se dovršava obnova i izgradnja distribucijske elektroenergetske mreže Vukovara koja će potom prijeći na 20 kV napon, a grad Vukovar i okolica će dobiti snažan impuls za daljnji gospodarski razvoj ovog dijela istočne Hrvatske.

7. LITERATURA

- [1] Vlado Horvat, Ivan Mravak, Ivan Polhert " Stoljeće vukovarskog svjetla (1909-2009.)", Monografija, studeni 2009.
- [2] Grupa autora, " RAZVOJ SN MREŽE ZA RAZDOBLJE NAREDNIH 20 GODINA ZA DISTRIBUCIJSKO PODRUČJE ELEKTRA VINKOVCI", Studija, EIPH, Zagreb, travanj 2013.
- [3] Grupa autora, "Projekt Vukovar", tehnički elaborat, Elektra Vinkovci, lipanj 2019



.Prilog 1. Mreža 20 kV – buduće stanje