

Danijel Variola
HEP-ODS d.o.o., DP Elektroprimorje Rijeka
danijel.variola@hep.hr

Goran Grgurić
HEP-ODS d.o.o., DP Elektroprimorje Rijeka
goran.grguric@hep.hr

Andreja Vrh Mavrić
HEP-ODS d.o.o., DP Elektroprimorje Rijeka
andreja.vrhstavric@hep.hr

RJEŠENJE NAPAJANJA LUČKOG I PROMETNOG TERMINALA U LUCI RIJEKA

SAŽETAK

DP Elektroprimorje Rijeka započelo je program prijelaz na 20 kV naponski nivo osamdesetih godina dvadesetog stoljeća. Prijelaz je vođen dinamički po pogonima, današnjim terenskim jedinicama, te je zadnja faza bila prijelaz centra Grada Rijeke na 20 kV. Grad Rijeka tradicionalno je industrijski grad, te se u samom centru grada, osim brodogradilišta, proteže područje u nadležnosti Ministarstva mora, prometa i infrastruktura, odnosno koncesijsko područje Lučke uprave Rijeke.

Planeri su prilikom izrade višegodišnjih planova razvoja, te razrada plana prijelaza na 20 kV naponski nivo uzeli u obzir da je riječ o području koje ima sve prostorne predispozicije za razvoj lučkih i prometnih terminala.

Samim time, u trenutku zaprimanja zahtjeva investitora za priključenje kontejnerskog terminala na Zagrebačkoj obali priključne snage 10 MW u prvoj fazi, bili su stvoreni svi tehnički uvjeti za priključenje.

Članak opisuje rezultate ovakvog načina planiranja, te potvrđuje prednosti prijelaza na 20 kV.

Primjenom ovakvog pristupa planiranja stvara se povoljno okruženje za buduće investicije čime se potiče razvoj poslovnog sektora te povećava privlačnost regije za potencijalne investitore i jačanje lokalne ekonomije kroz strateško korištenje resursa i infrastrukture.

Ključne riječi: planiranje SN mreže, „Program Rijeka“, prijelaz na 20 kV naponski nivo, napajanje lučkog područja.

PREPARATION OF PAPER

SUMMARY

DP Elektroprimorje Rijeka initiated a program for transitioning to the 20 kV voltage level in the 1980s. The transition was carried out dynamically across operational units, now referred to as field units, with the final phase involving the conversion of the Rijeka city center to 20 kV. Rijeka has traditionally been an industrial city, and within its central area beyond the shipyard lies a zone under the jurisdiction of the Ministry of the Sea, Transport and Infrastructure, specifically the concession area managed by the Rijeka Port Authority.

During the development of multi-year plans and the detailed elaboration of the transition to the 20 kV voltage level, planners took into account that this area possesses all the spatial prerequisites for the development of port and transport terminals. Consequently, when investors submitted a request for the connection of a container terminal at Zagrebačka obala with a connection capacity of 10 MW in the first phase, all technical conditions for its integration had already been established.

This article describes the outcomes of such a planning approach and confirms the advantages of transitioning to the 20 kV voltage level. By applying this planning strategy, a favorable environment is created for future investments, thereby fostering the development of the business sector, enhancing the region's attractiveness to potential investors, and strengthening the local economy through the strategic utilization of resources and infrastructure.

Key words: Planning of the medium voltage network, "Rijeka Program," transition to the 20 kV voltage level, power supply of the port area

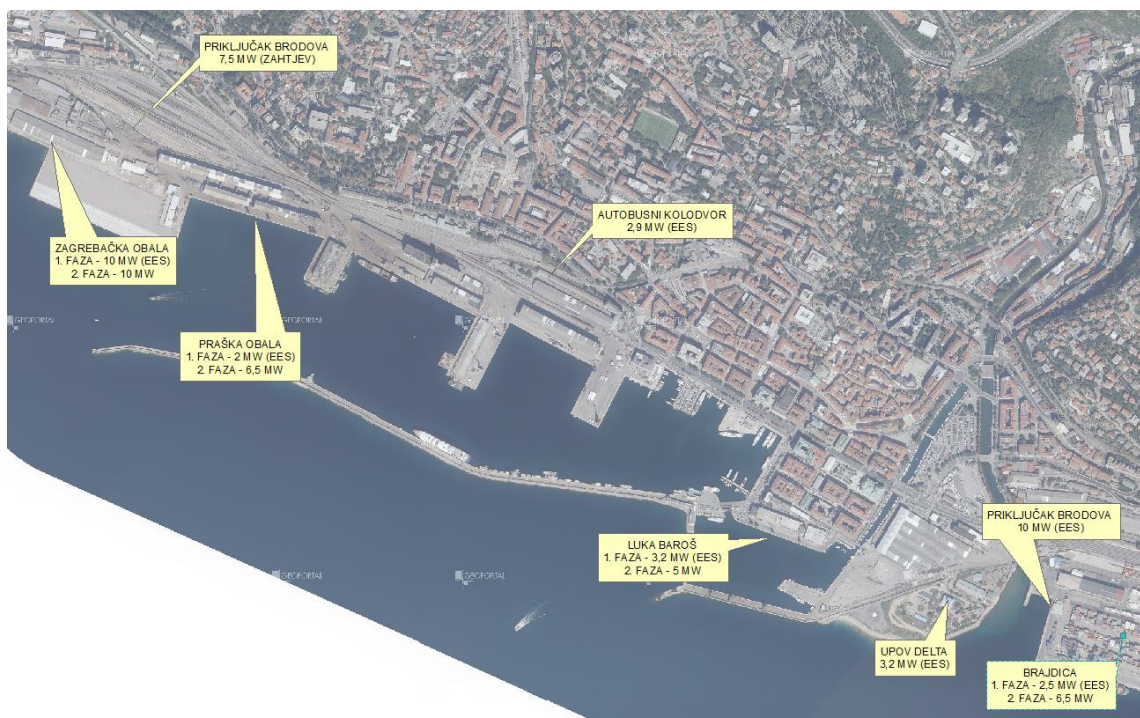
1. UVOD

„Program Rijeka“, interni dokument izrađen prije 35 godina u DP Elektroprimorje Rijeka, predstavlja strateški plan energetske tranzicije grada Rijeke. Dokument je definirao prijelaz s napojnih trafostanica naponskog nivoa 35/10 kV na sustav od 20 kV, uz planiranu izgradnju četiri trafostanice 110/10(20) kV na području grada. Ovaj pristup imao je za cilj povećanje pouzdanosti i kapaciteta elektroenergetske mreže u skladu s rastućim potrebama grada.

Od 1960-ih godina napajanje električnom energijom na području Rijeke osiguravalo se putem osam trafostanica 35/10 kV: TS 35/10 kV Zamet (2×8 MVA), TS 35/10 kV Industrija (2×16 MVA), TS 35/10 kV Turnić (2×8 MVA), TS 35/10 kV Centar (2×8 MVA), TS 35/10 kV Škurinje (2×8 MVA), TS 35/10 kV Školjić (3×8 MVA), TS 35/10 kV Krimeja (2×8 MVA) i TS 35/10 kV Martinšćica (2×8 MVA). Danas je od navedenih trafostanica u pogonu ostala samo TS 35/10 kV Industrija (2×16 MVA), koja opskrbljuje specifične kupce, uključujući brodogradilište, rafineriju i dio luke. Sekundarna mreža ovih korisnika, temeljena na naponskom nivou 10(20) kV, još uvijek nije u potpunosti prilagođena prijelazu na 20 kV.

Prema „Programu Rijeka“, elektroenergetska opskrba grada Rijeke danas se ostvaruje putem četiri napojne trafostanice: TS 110/20 kV Zamet, TS 110/20 kV Turnić, TS 110/20 kV Rijeka i TS 110/10(20) kV Sušak. U tim trafostanicama ugrađeni su transformatori snage 2×40 MVA, čime se osigurava N-1 kriterij pouzdanosti u transformaciji. Projektirani maksimalni kapacitet ovih trafostanica iznosi 2×63 MVA, što omogućuje prilagodbu budućim potrebama. Nadalje, „Program Rijeka“ predvidio je izgradnju pete napojne trafostanice, TS 110/10(20) kV Pehlin, čija bi realizacija bila pokrenuta u slučaju da vršno opterećenje na trafostanicama 110/20 kV Turnić, 110/20 kV Rijeka ili 110/20 kV Sušak premaši kapacitet jedne transformatorske jedinice od 40 MVA. Prijelaz cijelog područja grada na naponski nivo od 20 kV označava završetak implementacije „Programa Rijeka“.

Ovaj rad ima za cilj prikazati trenutno stanje srednjenaponske elektroenergetske mreže grada Rijeke, s posebnim naglaskom na razvoj lučkog područja u kontekstu novih zahtjeva za povećanjem priključne snage (vidi Slika 1). U radu se analiziraju trenutna vršna opterećenja napojnih trafostanica 110/10(20) kV te se procjenjuje budući rast opterećenja temeljem postojećih trendova i planiranih infrastrukturnih projekata. Analiza je usmjerena na identifikaciju potencijalnih ograničenja u mreži i prijedlog mjera za osiguranje stabilnosti opskrbe električnom energijom.



Slika 1. Situacija – lučki bazen, užu centar grada

2. ANALIZA NAPOJNIH TS 110/10(20) kV NA PODRUČJU GRADA RIJEKA

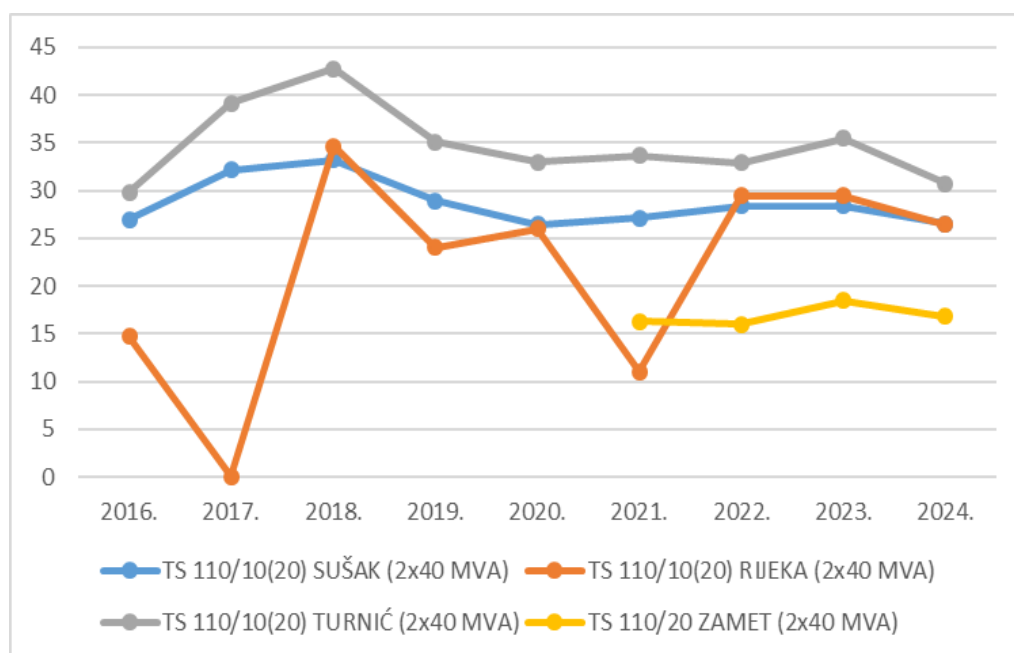
2.1. Vršna opterećenja – pregled u razdoblju od 2016. do 2024. godine

Pregled vršnih opterećenja napojnih trafostanica 110/10(20) kV na području grada Rijeke u razdoblju od 2016. do 2024. godine prikazan je na Slici 2. Ovo razdoblje obuhvaća ključne promjene u elektroenergetskoj infrastrukturi grada, uključujući prijelaz na naponski nivo od 20 kV, izgradnju novih trafostanica te rekonstrukciju postojećih. S obzirom na značajne infrastrukturne radove tijekom navedenog razdoblja, za početnu godinu detaljnije analize uzeta je 2022. godina. Razlog tome leži u činjenici da su mjerenja prije 2022. godine, posebice do 2021., bila pod utjecajem privremenih stanja uzrokovanih promjenama u konfiguraciji mreže i rekonstrukcijom pojedinih trafostanica, što ih čini manje reprezentativnima za trenutnu konfiguraciju sustava.

Primjerice, tijekom 2017. godine TS 110/10(20) kV Rijeka bila je izvan pogona zbog rekonstrukcije, što je značajno utjecalo na raspodjelu opterećenja među ostalim trafostanicama u mreži. S druge strane, izgradnja TS 110/20 kV Zamet, puštene u pogon 2021. godine, dodatno je stabilizirala opskrbu električnom energijom na zapadnom dijelu grada Rijeke, omogućivši optimizaciju mreže u kontekstu prijelaza na naponski nivo od 20 kV.

Prijelaz na naponski nivo od 20 kV, zajedno s navedenim infrastrukturnim zahvatima, rezultirao je značajnim promjenama u konzumu napajanja pojedinih trafostanica, čime su mjerenja prije 2022. godine postala manje relevantna za analizu energetskeg sustava.

Grafički prikaz trendova opterećenja napojnih trafostanica dan je na Slici 2.



Slika 2. Istovremeno vršno opterećenje TS 110/10(20) kV

2.2. Postojeći kupci i zahtjevi za povećanje priključne snage zoni lučkog bazena Rijeka

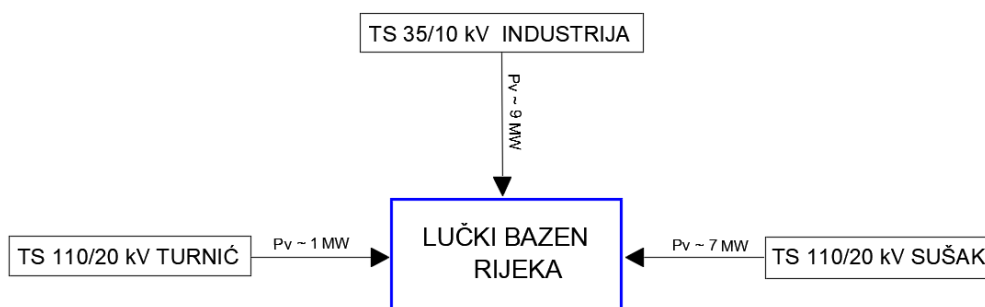
Postojeći kupci u zoni lučkog bazena Rijeka napajaju se električnom energijom putem napojnih trafostanica TS 110/20 kV Turnić i TS 110/20 kV Sušak. Dio SN kupaca čija sekundarna mreža 10(20) kV još nije prilagođena naponskom nivou od 20 kV privremeno se opskrbljuje iz TS 35/10 kV Industrija. Pregled postojećih kupaca u ovoj zoni, uključujući ključne parametre njihove potrošnje i priključne snage, prikazan je u Tablici 1.

Tablica 1 sadrži podatke o trenutačnoj priključnoj snazi definiranoj prema važećoj elektroenergetskoj suglasnosti (EES), vršnom opterećenju koje kupci trenutačno ostvaruju te planiranom povećanju priključne snage na temelju zahtjeva dostavljenih od strane kupaca. Analiza ovih podataka omogućuje uvid u trenutno stanje opskrbe i buduće potrebe elektroenergetske mreže u lučkom području.

Posebno je značajno istaknuti nekoliko specifičnih slučajeva iz Tablice 1. Kupac smješten u zoni Zagrebačke obale priključen je na mrežu 2024. godine, dok se očekuje da će lučki dio ove zone biti u punom pogonu tijekom druge polovice 2025. godine. S druge strane, kupac u zoni rafinerije trenutačno nema definiranu buduću namjenu, a samo postrojenje je izvan pogona, što upućuje na ograničenu potrebu za povećanjem priključne snage u tom segmentu u kratkoročnom razdoblju.

ZONA	NAPOJNA TS	Priključna snaga prema EES P (kW)	Vršno opterećenje P (kW)	Planirano povećanje snage P (kW)
BRODOGRADILIŠTE RIJEKA	35/10 kV INDUSTRIJA	10.000	5.000	-
RAFINERIJA	35/10 kV INDUSTRIJA	6.300	200	-
LUKA RIJEKA	35/10 kV INDUSTRIJA	5.853	4.000	-
ZAGREBAČKA OBALA - faza 1.	110/20 kV TURNIĆ	9.990	1.000	-
LUKA BRAJDICA	110/20 kV SUŠAK	2.501	2.500	6.000
BRODOGRADILIŠTE KOSTRENA	110/20 kV SUŠAK	4.710	4.800	6.000

Tablica 1. Pregled postojećih kupaca u zoni lučkog bazena Rijeka



Slika 3. Prikaz napajanja postojećih kupaca s istovremenim vršnim opterećenjem napojnih TS

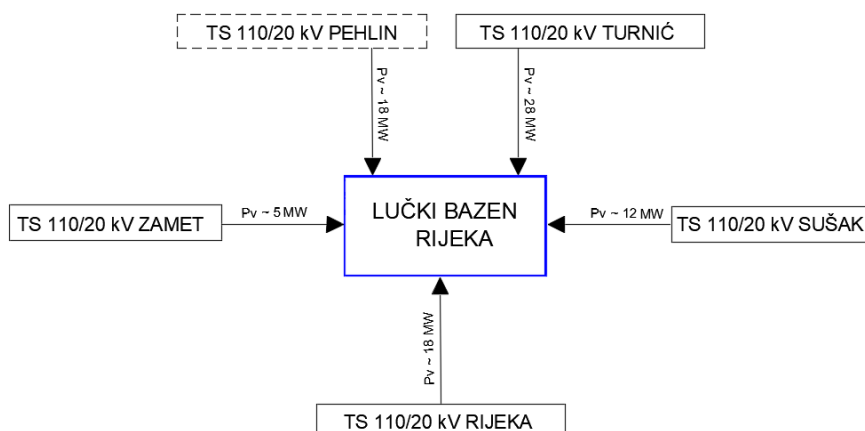
U posljednjih nekoliko godina značajno su se intenzivirali zahtjevi za novim priključenjima u zoni Zagrebačke obale i luke tj. u užem središtu Rijeke. Ovaj trend potaknut je obnovom riječkog prometnog pravca te nastojanjima za povećanje konkurentnosti hrvatskog gospodarstva. Dosadašnjim planiranjem stvoreni su uvjeti za priključenje prve faze projekta Zagrebačke obale, koja zahtijeva priključnu snagu od 9990 kW. Ovaj priključak ostvaren je bez potrebe za dodatnim prilagodbama u visokonaponskoj (VN) i srednjenaponskoj (SN) mreži, iskorištavanjem postojeće SN mreže. Tom prilikom dio opterećenja s napojne trafostanice TS 110/20 kV Turnić preraspodijeljen je na TS 110/20 kV Zamet i TS 110/20 kV Rijeka, čime je osigurana stabilnost opskrbe.

Druga faza izgradnje Zagrebačke obale, također s priključnom snagom od 9990 kW, zajedno s planiranom izgradnjom postrojenja za priključak brodova na Zagrebačkoj obali, zahtijevat će značajne prilagodbe u VN i SN mreži. Ovi zahvati uključivat će proširenje kapaciteta i optimizaciju infrastrukture kako bi se zadovoljili novi zahtjevi. Na temelju analize zahtjeva u zoni lučkog bazena, može se zaključiti da vršno opterećenje TS 110/20 kV Turnić doseže razinu od približno 40 MW. Prema smjernicama „Programa Rijeke“, ovaj prag označava potrebu za pokretanjem izgradnje nove trafostanice 110/20 kV Pehlin, čime bi se osigurala dugoročna pouzdanost i kapacitet mreže u uvjetima daljnjeg rasta potrošnje.

Pregled traženih zahtjeva za povećanje priključne snage u predmetnoj zoni prikazan je u Tablici 2. Tablica obuhvaća podatke o zatraženim priključnim snagama kao i buduće planiranim, što omogućuje daljnju analizu utjecaja na elektroenergetsku mrežu i planiranje potrebnih intervencija.

ZONA	NAPOJNA TS	Priključna snaga prema Zahtjevu za EES P (kW)	Planirano povećanje snage P (kW)
ZAGREBAČKA OBALA - faza 2.	110/20 kV PEHLIN	-	9.990
PRAŠKA OBALA	110/20 kV PEHLIN	2.000	8.000
PLINARA	110/20 kV TURNIĆ	295	2.000
LUKA RIJEKA - PRIKLJUČAK BRODOVA ZAGR.OBALA	110/20 kV TURNIĆ	7.500	-
AUTOBUSNI TERMINAL	110/20 kV TURNIĆ	2.900	-
LUKA BAROŠ	110/20 kV RIJEKA	3.100	5.000
UPOV DELTA	110/20 kV RIJEKA	3.477	-
LUKA RIJEKA - PRIKLJUČAK BRODOVA BRAJDICA	110/20 kV RIJEKA	9.900	-

Tablici 2. Pregled budućih zahtjeva u zoni lučkog bazena Rijeka



Slika 4. Prikaz napajanja kupaca s istovremenim vršnim opterećenje po napojnoj TS, planirano stanje s procjenom vršnog opterećenja

2.3. Proračun i procjena konzuma

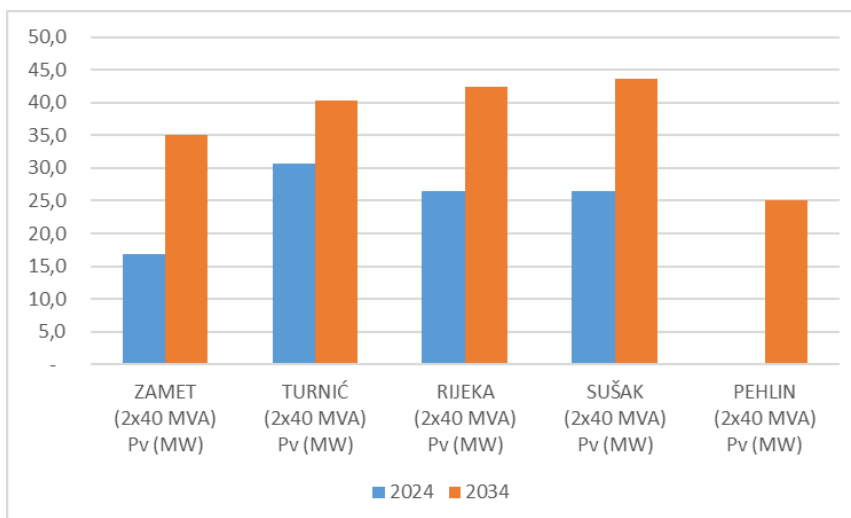
Proračuni provedeni u ovom istraživanju obuhvatili su analizu postojećeg stanja elektroenergetske mreže te projektiranog stanja s novim zahtjevima za priključnu snagu u zoni lučkog bazena. Analiza srednjenaponske mreže provedena je na naponskom nivou od 20 kV, pri čemu je utvrđeno da je napajanje traženih snaga moguće isključivo na ovom naponskom nivou. Ovo ograničenje proizlazi iz visokih opterećenja vodova i njihovih ograničenih prijenosnih kapaciteta 10 kV naponskoj razini. Proračuni su izvedeni korištenjem softverskog alata NEPLAN, pri čemu su napojne trafostanice TS 110/20 kV modelirane kao aktivne mreže, omogućujući detaljnu simulaciju protoka snage i analize stabilnosti sustava.

U Tablici 3 prikazana je analiza neistovremenog povećanja vršnih opterećenja u sljedećem desetogodišnjem razdoblju, s početnom godinom 2024. Procjena je temeljena na studiji „Razvoj distribucijske mreže Elektroprimorja Rijeka, područja sjedišta (Grad Rijeka i okolica)“, koju je u prosincu 2020. godine izradio Energetski institut Hrvoje Požar. Prema navedenoj studiji, godišnji prirast potrošnje električne energije iznosi 3 %. Uz to, u proračun su uključeni i budući kupci koji se očekuju u zoni lučkog bazena, kao i promjene u konzumu postojećih trafostanica. Posebno je razmotren scenarij u kojem buduća trafostanica TS 110/20 kV Pehlin i postojeća TS 110/20 kV Zamet preuzimaju dio opterećenja s trafostanica TS 110/20 kV Turnić i TS 110/20 kV Rijeka, čime se optimizira raspodjela tereta u mreži.

Prema prikazanoj procjeni, do 2034. godine vršna opterećenja na trafostanicama TS 110/20 kV Turnić, TS 110/20 kV Rijeka i TS 110/20 kV Sušak prelaze granicu od 40 MW. Ovaj prag označava gubitak N-1 pouzdanosti u navedenim trafostanicama, što implicira nemogućnost sustava da podnese iznenadni izlazak jedne transformatorske jedinice iz pogona bez ugrožavanja stabilnosti opskrbe. Ovi nalazi ukazuju na hitnu potrebu za infrastrukturnim intervencijama, uključujući realizaciju TS 110/20 kV Pehlin, kako bi se osigurala dugoročna pouzdanost mreže.

	TS 110/20 kV				
GODINA	ZAMET (2x40 MVA) Pv (MW)	TURNIĆ (2x40 MVA) Pv (MW)	RIJEKA (2x40 MVA) Pv (MW)	SUŠAK (2x40 MVA) Pv (MW)	PEHLIN (2x40 MVA) Pv (MW)
2024	16,8	30,7	26,4	26,5	-
2034	35,0	40,3	42,5	43,6	25,0

Tablica 3. Porast vršnog opterećenja TS 110/20 kV za 10 godina



Slika 5. Porast vršnog opterećenja TS 110/20 kV za 10 godina

3. NAPAJANJE LUČKOG BAZEN – ENERGETSKO RJEŠENJE

S obzirom na potrebe razvoja lučkog bazena i zahtjeve korisnika u ovoj zoni, provedena je preliminarna analiza ukupnih energetskih potreba. Prema trenutno dostupnim podacima, istovremeno vršno opterećenje u zoni lučkog bazena doseže razinu od približno 100 MW. Na temelju ove analize javlja se potreba za izgradnjom nove napojne trafostanice TS 110/20 kV, koja bi bila smještena u zoni centra grada Rijeke (na prostoru postojeće rasklopne stanice RS 20 kV Školjić) ili neposredno u zoni lučkog bazena. U svrhu realizacije ovog projekta, zatražene su izmjene važećeg Prostornog plana uređenja Grada Rijeke i Generalnog urbanističkog plana Grada Rijeke od strane Grada Rijeke.

Do trenutka realizacije nove TS 110/20 kV, potrebno je rekonstruirati postojeću trafostanicu TS 220/110/35 kV Pehlin. Rekonstrukcija podrazumijeva ugradnju transformacije 110/20 kV u ovu trafostanicu. Uvođenje nove transformacije 110/20 kV u TS Pehlin omogućit će interpolaciju ove trafostanice u 20 kV mrežu, čime će se ostvariti povezivanje s postojećim trafostanicama TS 110/20 kV Turnić i TS 110/20 kV Rijeka. Ovaj pristup rezultirat će smanjenjem vršnog opterećenja na navedenim napojnim trafostanicama, stvarajući uvjete za priključenje zahtjeva korisnika iz Tablice 2. Time se osigurava stabilnost opskrbe električnom energijom u prijelaznom razdoblju prije izgradnje nove 110/20 kV trafostanice.

4. ZAKLJUČAK

Dosadašnje energetske razrade napajanja područja grada Rijeke na srednjenaponskom nivou obuhvatile su planiranje izgradnje novih trafostanica TS 110/20 kV, napuštanje 35 kV mreže te prijelaz postojećih 10 kV mreža na naponski nivo od 20 kV. U sklopu ovih planova, ostvarena je izgradnja četiri od predviđenih pet napojnih trafostanica TS 110/20 kV. Nadalje, 35 kV mreža u potpunosti je napuštena, s izuzetkom trafostanice TS 35/10 kV Industrija, koja i dalje opskrbljuje jedno brodogradilište i dio 10 kV mreže luke Rijeka koji još nije prilagođen naponskom nivou od 20 kV. Prijelaz 10 kV mreže na 20 kV nalazi se u završnoj fazi, čime se postupno zaokružuje provedba definiranih ciljeva.

Revitalizacija i razvoj novih zona u lučkom bazenu značajno utječu kako na urbanu vizuru grada, tako i na energetsko stanje srednjenaponske 20 kV mreže. Budući zahtjevi za priključnu snagu u ovim zonama nadilaze kapacitete elektroenergetskih objekata predviđenih postojećom prostorno-planskom dokumentacijom. Stoga je u sljedećem desetogodišnjem razdoblju potrebno identificirati energetske najpovoljniju lokaciju za izgradnju nove napojne trafostanice TS 110/20 kV. Ova trafostanica osigurala bi nesmetano priključenje kupaca, prvenstveno u zoni lučkog bazena, ali i u ostalim dijelovima grada gdje se planiraju kapitalne građevine.

Kao prijelazno rješenje do definiranja i izgradnje nove TS 110/20 kV, nužno je provesti rekonstrukciju postojeće trafostanice TS 220/110/35 kV Pehlin. Rekonstrukcija podrazumijeva ugradnju transformacije 110/20 kV, čime bi se osigurala dodatna podrška mreži i omogućio završetak „Programa Rijeka“. Nakon uspješne realizacije „Programa Rijeka“, a s obzirom na novi zamah u razvoju grada – posebice lučkog područja – potrebno je definirati novu strategiju razvoja srednjenaponske mreže na području grada Rijeke. U tu svrhu predlaže se izrada novog strateškog dokumenta, pod radnim nazivom „Program Rijeka 2“, koji bi odgovorio na buduće energetske izazove i podržao daljnji gospodarski rast.

5. LITERATURA

- [1] Stručna literatura DP Elektroprimorje Rijeka
- [2] Program Rijeka, Vladimir Čop, Lovro Matković, Goran Grgurić.
- [3] RAZVOJ DISTRIBUCIJSKE MREŽE ELEKTROPRIMORJA RIJEKA, PODRUČJA SJEDIŠTA (GRAD RIJEKA I OKOLICA)“, izrađivač Energetski Institut Hrvoje Požar iz prosinca 2020.g.