

Marijan Topolovec, mag.ing.el.  
HEP ODS d.o.o.  
[Marijan.Topolovec@hep.hr](mailto:Marijan.Topolovec@hep.hr)

Milan Vurdelja, mag.ing.el.  
HEP ODS d.o.o.  
[Milan.Vurdelja@hep.hr](mailto:Milan.Vurdelja@hep.hr)

Krešimir Belko, struč.spec.ing.el.  
HEP ODS, Elektra Zagreb  
[Kresimir.Belko@hep.hr](mailto:Kresimir.Belko@hep.hr)

## OPTIMIZACIJA PLANIRANIH RADOVA ODS-A PREMA ZAJAMČENIM STANDARDIMA PRAVILNIKA O UVJETIMA KVALITETE OPSKRBE ELEKTRIČNOM ENERGIJOM

### SAŽETAK

Uvjetima kvalitete opskrbe električnom energijom definirani su zajamčeni standardi pouzdanosti napajanja. Uz opći standard pouzdanosti napajanja, koji se na razini sustava iskazuje općim pokazateljima pouzdanosti napajanja (SAIFI, SAIDI, CAIDI), propisani su i zajamčeni standardi pouzdanosti napajanja kojima je propisan dozvoljeni broj i trajanje planiranih i neplaniranih prekida napajanja pojedinačnog korisnika. Ovaj rad analizira utjecaj trajanja pojedinačnih planiranih dugotrajnih prekida napajanja na ostvarenje zajamčenih standarda isporuke električne energije za krajnje korisnike mreže.

Kao primjer razrade i optimizacije planiranih radova odabrani su radovi izvršeni u 0,4kV i 10(20) kV mreži distribucijskog područja Elektre Zagreb u 2021.g. i 2022.g., gdje je prikazan utjecaj optimizacije planiranih radova na ostvarivanje zajamčenog standarda trajanja dugotrajnih planiranih prekida.

**Ključne riječi:** Pouzdanost napajanja, prekidi, planirani radovi, zajamčeni standardi

## OPTIMIZATION OF THE PLANNED WORKS OF THE HEP DSO ACCORDING TO THE GUARANTEED STANDARDS OF THE REGULATIONS OF ELECTRICITY SUPPLY QUALITY CONDITIONS

### SUMMARY

Guaranteed standards of power supply reliability are defined in terms of the quality of electricity supply. In addition to the general power supply reliability standard, which is expressed at the system level by power supply reliability indicators (SAIFI, SAIDI, CAIDI), guaranteed power supply reliability standards are also prescribed, which prescribe the permitted number and duration of planned and unplanned power interruptions for individual users. This paper analyzes the impact of the duration of individual planned long-term power interruptions on guaranteed electricity delivery standards for network end users.

As an example of elaboration and optimization of the planned works, the works carried out in the 0.4kV and 10(20) kV network of the distribution area of Elektra Zagreb in 2021. and 2022 were selected, where the influence of the optimization of planned works on the guaranteed standard of duration of long-term planned interruptions is presented.

**Key words:** Power supply reliability, interruptions, planned works, guaranteed standards

## 1. UVOD

### 1.1. Pouzdanost napajanja

Pravilnik o općim uvjetima za korištenje mreže i opskrbu električnom energijom definira prekid napajanja kao stanje pri kojemu je iznos napona na mjestu isporuke električne energije niži od 5% nazivnog napona [1].

Pravilnikom o uvjetima kvalitete opskrbe električnom energijom prekidi su definirani obzirom na trajanje, na kratkotrajne, trajanja do uključivo tri minute i dugotrajne u trajanju preko tri minute [2].

Dugotrajni prekidi napajanja dijele se prema tipu na planirane i neplanirane.

Kako bi dugotrajni prekid napajanja bio planirani, operator sustava mora ga najaviti najmanje 48 sati unaprijed i to putem medija i svoje internetske stranice s informacijom o obuhvaćenom području, te obavijestiti elektroničkim putem korisnike mreže koji su u tu svrhu operatoru sustava dostavili svoje podatke za elektroničku dostavu obavijesti. Prekid se u protivnom smatra neplaniranim prekidom napajanja [3].

Pravilnik o uvjetima kvalitete opskrbe električnom energijom, uz opće pokazatelje pouzdanosti napajanja u distribucijskoj mreži (SADI, SAIFI i CAIDI) koje operator sustava evidentira u elektroničkoj evidenciji pomoću aplikacije DISPO (DISTRibucijska POUzdanost) definira i zajamčeni standard pouzdanosti napajanja kojim je propisan dozvoljeni broj i trajanje planiranih i neplaniranih prekida napajanja pojedinačnog korisnika mreže.

Tako korisnik mreže ostvaruje pravo na novčanu naknadu od operatora prijenosnog sustava ili operatora distribucijskog sustava sve dok pojedinačni pokazatelj trajanja pojedinačnog dugotrajnog planiranog prekida napajanja ili pojedinačni pokazatelj trajanja pojedinačnog dugotrajnog neplaniranog prekida napajanja ne postigne razinu zajamčenog standarda pouzdanosti napajanja iz tablice 1.

Skupina	Pojedinačni pokazatelj pouzdanosti napajanja	Zajamčeni/zadani standard pouzdanosti napajanja		Novčana naknada
Prijenosna mreža	Trajanje pojedinačnog dugotrajnog planiranog prekida napajanja pojedinog korisnika mreže na visokom naponu, $T_{p1,i}$	480 min		3.000 kn
	Trajanje pojedinačnog dugotrajnog neplaniranog prekida napajanja pojedinog korisnika mreže na visokom naponu, $T_{p2,i}$	3 min		30.000 kn
	Ukupno trajanje svih pojedinačnih dugotrajnih neplaniranih prekida napajanja pojedinog korisnika mreže na visokom naponu u promatranoj godini, $T_p$	3 min/god.		-
	Ukupan broj dugotrajnih neplaniranih prekida napajanja pojedinog korisnika mreže na visokom naponu u promatranoj godini, $N_p$	1 dugotrajni prekid napajanja/god.		-
Skupina	Pojedinačni pokazatelj pouzdanosti napajanja	Zajamčeni/zadani standard pouzdanosti napajanja		Novčana naknada [kn]
		Kabelski izvod	Nadzemni izvod	
Distribucijska mreža	Trajanje pojedinačnog dugotrajnog planiranog prekida napajanja pojedinog korisnika mreže na srednjem naponu, $T_{p1,i}$	360 min	600 min	1.000 kn
	Trajanje pojedinačnog dugotrajnog neplaniranog prekida napajanja pojedinog korisnika mreže na srednjem naponu, $T_{p2,i}$	600 min	900 min	1.000 kn
	Trajanje pojedinačnog dugotrajnog planiranog prekida napajanja pojedinog korisnika mreže na niskom naponu, $T_{p1,i}$	360 min	600 min	300 kn

Tablica 1. Zajamčeni standardi pouzdanosti napajanja- pojedinačni pokazatelj

## 2. PREGLED PREKIDA NAPAJANJA U MREŽI ODS-A ZA 2021. I 2022.G.

Pomoću aplikacije DISPO napravljen je pregled broja korisnika mreže ODS-a pogođenih dugotrajnim prekidima napajanja u 2021. i 2022.g.

Korisnici mreže su raspoređeni prema distribucijskim područjima kojim pripadaju, a prekidi napajanja podijeljeni na planirane i neplanirane, te prema srednjenaponskim 10(20)kV izlazima iz pojne TS x/ 10(20)kV kojim se spomenuti krajnji korisnici mreže napajaju.

Kao dodatni filter postavljeno je trajanje pojedinog prekida napajanja veće no što zajamčeni standardi iz tablice 1. propisuju.

2021.g.				
Naziv DP	Planirani, tip K	Planirani, tip N	Neplanirani, tip K	Neplanirani, tip N
ELEKTRA ZAGREB	33.835	171	480	0
ELEKTRA ZABOK	1	0	0	14
ELEKTRA VARAŽDIN	59	0	8	5
ELEKTRA ČAKOVEC	2	0	21	64
ELEKTRA KOPRIVNICA	73	0	26	0
ELEKTRA BJELOVAR	-	-	77	17
ELEKTRA KRIŽ	120	1	0	644
ELEKTROSLAVONIJA OSIJEK	2.994	40	100	369
ELEKTRA VINKOVCI	436	18	4	0
ELEKTRA SLAVONSKI BROD	287	0	0	66
ELEKTROISTRA PULA	2.285	18	39	85
ELEKTROPRIMORJE RIJEKA	1.834	0	124	583
ELEKTRODALMACIJA SPLIT	2.943	1.669	222	1.480
ELEKTRA ZADAR	276	0	1.577	6
ELEKTRA ŠIBENIK	221	0	1.195	447
ELEKTROJUG DUBROVNIK	1.186	0	17	133
ELEKTRA KARLOVAC	142	169	0	491
ELEKTRA SISAK	108	1	64	59
ELEKTROLIKA GOSPIĆ	341	1.335	258	239
ELEKTRA POŽEGA	-	-	0	2
<b>UKUPNO</b>	<b>47.143</b>	<b>3.422</b>	<b>4.212</b>	<b>4.704</b>

Tablica 2. Broj korisnima mreže pogođenih određenim tipom prekida napajanja trajanja duljeg od zajamčenog standarda u 2021.g.

2022.g.				
Naziv DP	Planirani, tip K	Planirani, tip N	Neplanirani, tip K	Neplanirani, tip N
ELEKTRA ZAGREB	22.483	0	961	122
ELEKTRA ZABOK	1170	299	0	2
ELEKTRA VARAŽDIN	-	-	25	283
ELEKTRA ČAKOVEC	7	1	3	2
ELEKTRA KOPRIVNICA	1	0	-	-
ELEKTRA BJELOVAR	1	142	18	31
ELEKTRA KRIŽ	4	181	1	18
ELEKTROSLAVONIJA OSIJEK	4.744	98	36	110
ELEKTRA VINKOVCI	3.452	57	180	0
ELEKTRA SLAVONSKI BROD	214	77	25	134
ELEKTROISTRA PULA	831	6	2	24
ELEKTROPRIMORJE RIJEKA	627	1	241	35
ELEKTRODALMACIJA SPLIT	892	306	524	65
ELEKTRA ZADAR	410	0	1.135	7
ELEKTRA ŠIBENIK	780	0	399	396
ELEKTROJUG DUBROVNIK	404	0	86	35
ELEKTRA KARLOVAC	2368	158	257	422
ELEKTRA SISAK	189	73	219	146

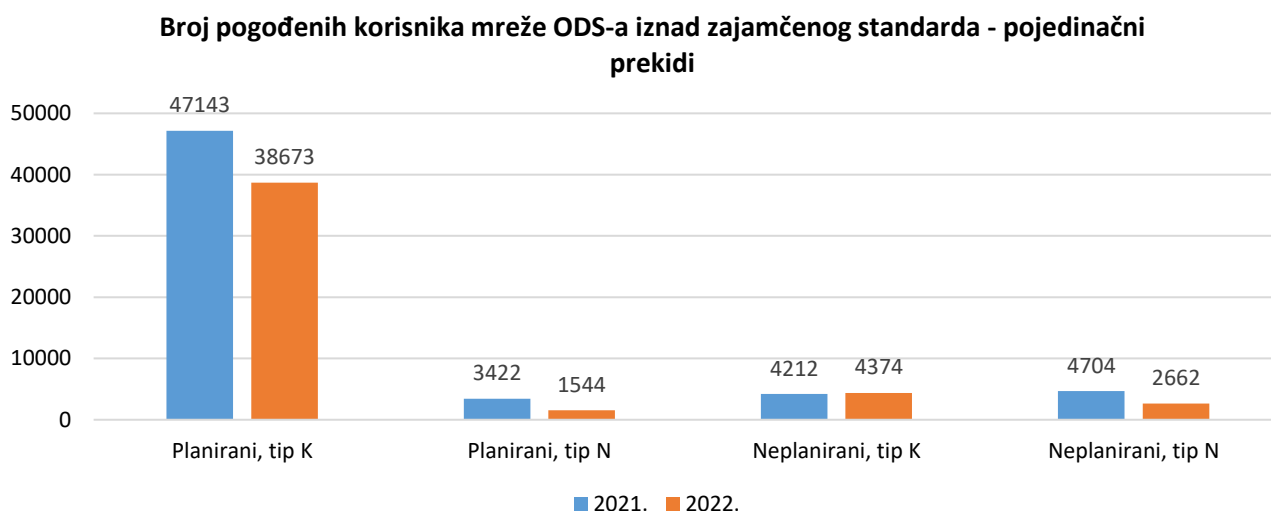
ELEKTROLIKA GOSPIĆ	94	145	159	380
ELEKTRA VIROVITICA	-	-	0	449
ELEKTRA POŽEGA	2	0	103	1
<b>UKUPNO</b>	<b>38.673</b>	<b>1.544</b>	<b>4.374</b>	<b>2.662</b>

Tablica 3. Broj korisnima mreže pogođenih određenim tipom prekida napajanja trajanja duljeg od zajamčenog standarda u 2022.g.

Iz dobivenih rezultata vidljiva je velika količina broja korisnika mreže pogođenih planiranim prekidima napajanja, kabelskog tipa izvoda, trajanja većeg od zajamčenog standarda („Planirani, tip K“).

Sumirajući distribucijska područja ODS-a, graf 1. pokazuje veliku razliku među tipovima prekida napajanja, gdje se važnost i mogućnost promjena treba fokusirati oko stupca Planirani zastoji, kabelski tip izvoda.

Upravo taj tip zastoja, u promatrane dvije godine sadrži i preko 3.400.000,00 € potencijalnih potraživanja novčanih naknada.



Graf 1. Prikaz broja korisnika mreže pogođenih prekidima napajanja vremena trajanja duljeg od zajamčenog standarda

Distribucijsko područje Elektre Zagreb kao vodeće po broju korisnika mreže bilježi i najveći broj pogođenih korisnika mreže prekidima napajanja trajanja duljih od zajamčenog standarda, pa je upravo to područje uzeto za daljnju razradu.

### 3. VRSTE RADOVA U PLANIRANIM ZASTOJIMA DP-A ELEKTRE ZAGREB

Planirane radove koji su kao posljedicu imali prekide napajanja u 2021. i 2022.g. možemo podijeliti na one izvođene na NN (0,4kV) naponskoj razini, kao i na SN (10(20)kV). Planiranih radova koji su kao posljedicu imali prekid napajanja na 30(35)kV i 110kV naponskoj razini, trajanja duljeg od zajamčenog standarda u promatranom razdoblju nije bilo.

Prekide možemo podijeliti na one čije je trajanje ne dulje od sat vremena veće od propisane granice (do 420 min), te one čije trajanje više od sat vremena nadmašuje propisane granice (više od 420 min). Vodeći se logikom kako prekide koji tek malo prekoračuju granicu treba analizirati u sljedećim poglavljima na drugačiji način od prekida koji vremensku granicu prekoračuju u znatnijem iznosu.

Trajanje	2021.g.			
	NN (0,4kV)		SN (10(20)kV)	
	Broj prekida napajanja	Broj korisnika mreže	Broj prekida napajanja	Broj korisnika mreže
361-420min	105	4.177	16	4.589
>420 min	34	625	50	24.261
Ukupno:	139	4.802	66	28.850

Tablica 4. Broj prekida i broj korisnima mreže podijeljeno prema trajanju u 2021.g.

Trajanje	2022.g.			
	NN (0,4kV)		SN (10(20)kV)	
	Broj prekida napajanja	Broj korisnika mreže	Broj prekida napajanja	Broj korisnika mreže
361-420min	38	981	34	7.390
>420 min	26	820	47	13.292
Ukupno:	64	1.801	81	20.682

Tablica 5. Broj prekida i broj korisnima mreže podijeljeno prema trajanju u 2022.g.

Iz prikazanih tablica je vidljivo, uz pozitivan trend smanjenja broja pogođenih korisnika mreže u 2022.g., kako planirani radovi produženog trajanja na srednjem naponu imaju za posljedicu značajan broj pogođenih korisnika mreže, poglavito u kategoriji >420 min. Također, na NN naponskoj razini primjetno je značajno smanjenje u pogledu broja prekida planiranih prekida trajanja 361-420min u 2022.g.

#### 4. PLANIRANI ZASTOJI NA NN (0,4kV) MREŽI DP- A ELEKTRE ZAGREB

U analiziranom dvogodišnjem periodu (2021. i 2022.) 143 planirana prekida trajanja 361-420 min pogodila su 5158 korisnika mreže, dok su samo 60 planiranih prekida trajanja >420 minuta pogodila ukupno 1445 korisnika.

Pregledom tipova planiranih prekida trajanja 361-420 min iz DISPO baze podataka, najveći broj zastoja su radovi na potpunoj rekonstrukciji nadzemne mreže, radovi na zamjeni stupova, odnosno zamjeni vodiča samonosivog kablenskog snopa. Poslije toga slijedi redovito održavanje nadzemne mreže NN napona, te potom uređenje priključaka i mjernih mjesta.

Kada je u pitanju zamjena konzumnog vodiča samonosivog kablenskog snopa, radovi se mogu limitirati na trajanje do 360 minuta boljim planiranjem radova i povećanjem broja ekipa. Nadalje, uz djelatnike obučene za rad pod naponom razvlačenje konzumnog kabela samonosivog kablenskog snopa u slučaju zamjene samonosivog kablenskog snopa na samonosivi kablenski snop se može raditi pod naponom, dok se kod zamjene raspona NN zračne mreže sa neizoliranim vodičima ne može raditi bez isključenja.

Planirani radovi održavanja se mogu nadzemne mreže se mogu limitirati na radove do 360 minuta, čime se usporava dinamika izvršenja, te potencijalno razlaže jednodnevno održavanje na dvodnevno, gdje dolazi do povećanja ukupnog trajanja isključenja korisnika u godini dana za obavljenju jednaku količinu rada prilikom redovnog održavanja.

Uređenje priključaka i uređenje mjernih mjesta se može limitirati na trajanje do 360 minuta boljim planiranjem radova i povećanjem broja ekipa.

## 5. PLANIRANI ZASTOJI NA SN (10, 20kV) MREŽI DP- A ELEKTRE ZAGREB

Značajno veći broj korisnika mreže je pogođen planiranim radovima >420 minuta, nego planiranim radovima 361-420 min. Stoga je ova kategorija pobliže analizirana.

Radovi u trajanju od 361- 420min se svakako boljom organizacijom, pripremom posla i osvještanošću izvođača radova da 360 minuta predstavlja granicu trajanja zastoja sukladno zajamčenim standardima možemo realizirati unutar 360 minuta.

U analiziranom dvogodišnjem periodu (2021. i 2022.) imali smo ukupno 97 prekida napajanja trajanja >420 minuta kojima je obuhvaćeno ukupno 37.553 korisnika s malim padom broja prekida u 2022. godini u odnosu na 2021. Analizom razloga najavljenih prekida lako je uočiti da se u većini slučajeva radi o (1.) radovima na zamjeni opreme u transformatorskim stanicama 10(20)/0,4 kV. Sljedeći razlog po broju prekida su (2.) radovi u sklopu Pilot projekta uvođenja naprednih mreža. Razlog nešto manjeg broja prekida (pet u 2021. i dva u 2022. godini) bio je (3.) prelazak srednjenaponske mreže s pogonskog napona 10 kV na 20 kV.

Na svaki od navedenih razloga moguće je, u većoj ili manjoj mjeri, utjecati u svrhu smanjenja vremena isključenja.

(1.) Vrijeme isključenja zbog zamjene opreme u transformatorskim stanicama 10(20)/0,4 kV značajno se može skratiti ako se mijenja samo jedan dio opreme (transformator, SN postrojenje ili NN razvodni ormar). Investicijsko održavanje često obuhvaća zamjenu barem 2 elementa opreme, a često i sva tri. Organizacijom takvih radova u više etapa može se postići da svaka etapa traje manje od 360 minuta. Međutim, postoje situacije kada i zamjena jednog elementa traje dulje od 360 minuta, npr. NN razvodni ormar s više kabelskih izlaza, transformatorska stanica s otežanim pristupom kada je potrebno angažirati specijalne dizalice ili viličare. U nekim slučajevima potrošače je za vrijeme radova moguće napojiti preko dizelskog agregata.

(2.) Radovi u sklopu Pilot projekta uvođenja naprednih mreža pojavili su se u ovom analiziranom razdoblju i nije vjerojatno da će se ponovo javiti u ovom obliku. U sklopu projekta bilo je potrebno u zadanom vremenskom razdoblju obaviti značajnu količinu radova, ali boljom organizacijom i planiranjem moglo bi se svesti i takve radove na manje od 360 min.

(3.) Radovi na prelasku srednjenaponske mreže s pogonskog napona 10 kV na 20 kV su specifični i na distribucijskom području Elektre Zagreb pojavljivat će se još niz godina budući da je tek 25% mreže prebačeno na 20 kV. Da bi se postiglo da prekidi napajanja budu u propisanim granicama, potrebno je napraviti bolju pripremu i planiranje radova, npr. prebacivati na viši naponski nivo manji broj transformatorskih stanica u jednom danu te angažirati veći broj djelatnika.

Navedenim postupcima moguće je skratiti vrijeme prekida napajanja kod planiranih radova u kabelskoj srednjenaponskoj mreži, međutim neki od tih postupaka poskupljuju radove. U tim slučajevima bilo bi dobro provesti analizu i usporediti visinu troškova nastalih drugačijom organizacijom s troškovima novčanih naknada zbog prekoračenja.

Dodatni troškovi nastali drugačijom organizacijom radova mogli bi biti sljedeći:

- Neisporučena energija - ukupno trajanje prekida kada se radovi izvode u više faza je veće,
- Transport – troškovi transporta opreme se povećavaju,
- Radno vrijeme – veći broj radnih sati zbog izvođenja radova u više faza i angažmana većeg broja djelatnika,
- Troškovi napajanja potrošača preko dizelskog agregata,
- Manja pouzdanost napajanja – kod radova na prelasku mreže na viši naponski nivo, u pojedinim fazama dijelovi srednjenaponske mreže ostaju „na repu“ pa u slučaju kvara na kabelu nema mogućnosti napajanja s druge strane (kriterij N-1).

## 6. ZAKLJUČAK

Promatrajući zastoje iz Distribucijskog područja Elektre Zagreb za 2021. i 2022.g. možemo reći da gotovo sve zastoje trajanja >360 min, a <420 min boljom organizacijom i pripremom posla možemo realizirati u do uključivo 360 minuta, bez većih dodatnih troškova, uvažavajući sve sigurnosne aspekte rada na siguran način.

Važan korak u ostvarenju ovog cilja je educiranje djelatnika i odgovornih osoba za planiranje i izvršenje radova o zajamčenim standardima i dozvoljenim trajanjima planiranih prekida, kako bi većinu uspjeli obaviti u propisanom trajanju.

Kod trajanja radova > 420 minuta u većini slučajeva potrebno je uzeti u obzir nastanak dodatnog troška naspram troška izazvanog isplatom potencijalnih Zahtjeva za isplatom novčane naknade. Spomenute dodatne troškove moguće je analizirati na razini Distribucijskog područja, te donijeti odluku je li takva organizacija posla opravdana, no neke od metoda, poput rastavljanja radova >420 minuta na dva dana u obliku dva prekida <360 minuta imaju posljedicu veće količine neisporučene energije korisnicima mreže, što može izazvati nezadovoljstvo samih korisnika sa pruženom uslugom, te kao takvo preostaje kao poslovna odluka Operatora sustava.

Promatrajući zastoje trajanja >420 minuta po tipovima, uzevši u obzir eventualne dodatne troškove za drugačiju organizaciju radova i poštivajući sva pravila i mjere sigurnosti za rad na električnim postrojenjima, možemo govoriti o mogućnosti smanjenja pogođenog broja korisnika mreže za cca 20 %.

## 7. LITERATURA

- [1] Pravilnik o općim uvjetima za korištenje mreže i opskrbu električnom energijom, NN 100/2022, kolovoz 2022, čl. 4.
- [2] Pravilnik o uvjetima kvalitete opskrbe električnom energijom, NN 84/2022, srpanj 2022., čl. 2.
- [3] Pravilnik o općim uvjetima za korištenje mreže i opskrbu električnom energijom, NN 100/2022, kolovoz 2022, čl. 30.