

# **PROJEKTNNA AKTIVNOST 2 - RAZVOJ I OPTIMIZACIJA KONVENCIONALNE MREŽE**

Radislav Gulam, dipl. ing., HEP ODS d.o.o.

Ivan Dundović, dipl. ing., HEP ODS d.o.o.

# SADRŽAJ:

1. CILJ I OBUHVAT
2. TEHNIČKO RJEŠENJE
3. TROŠKOVI I FINANCIRANJE
4. TERMINSKI PLAN PROVEDBE
5. DOKUMENTACIJA O ISPORUCI I UGRADNJI
6. PRAĆENJE UČINAKA
7. MJERENJE GUBITAKA TRANSFORMATORA
8. ANALIZA STAROSTI TRANSFORMATORA SN/NN U HEP ODS-u
9. TRENUTNO STANJE PA2

# 1. CILJ I OBUHVAT

- Projektna aktivnost 2, Razvoj i optimizacija konvencionalne mreže obuhvaća zamjenu 449 postojećih transformatora prijenosnog omjera 10/0,4 kV s energetske učinkovitim transformatorima klase gubitaka  $A_0C_k$ , sukladno Uredbi EU Komisije br. 548/2014.
- Projektna aktivnost provodi se u pet distribucijskih područja: Elektra Zagreb, Elektroslavonija Osijek, Elektra Zadar, Elektrodalmacija Split i Elektrojug Dubrovnik.
- Cilj projektne aktivnosti je povećanje učinkovitosti distribucije električne energije kroz smanjenje tehničkih gubitaka, prvenstveno gubitaka praznog hoda u distribucijskim transformatorima SN/NN.

- U sklopu ove projektne aktivnosti zamjenjuje se:
  - 57 transformatora snage 250 kVA,
  - 212 transformatora snage 400 kVA,
  - 80 transformatora snage 500 kVA i
  - 100 transformatora snage 630 kVA.

*Tablica I.: Raspodjela transformatora po distribucijskim područjima*

<b>DISTRIBUCIJSKO PODRUČJE</b>	<b>250 kVA</b>	<b>400 kVA</b>	<b>630 kVA</b>	<b>UKUPNO</b>
Elektra Zagreb	14	181	53	248
Elektroslavonija Osijek	23	54	44	121
Elektra Zadar	13	26	10	49
Elektrodalmacija Split	3	4	8	15
Elektrojug Dubrovnik	4	7	5	16
<b>UKUPNO</b>	<b>57</b>	<b>272</b>	<b>120</b>	<b>449</b>

- Zamjenjuju se transformatori proizvedeni prije 1975. godine. Svi transformatori, osim onih snage 500 kVA, mijenjaju se novima jednake snage.
- S obzirom na to da se transformatori snage 500 kVA više ne ugrađuju u distribucijsku mrežu i da je relativno opterećenje transformatora nisko (prosječno ispod 30%, podatak iz Studije izvodljivosti Pilot projekta), navedeni transformatori će bit zamijenjeni s 60 transformatora snage 400 kVA i 20 snage 630 kVA.
- Prema Studiji izvodljivosti Pilot projekta uvođenja naprednih mreža zamjenom postojećih transformatora prema uravnoteženom scenariju (scenarij koji je odabran) postiže se godišnje smanjenje tehničkih gubitaka u distribucijskoj mreži u iznosu od 4.457 MWh.

- **Financijske koristi**
  - smanjenje troškova za pokriće gubitaka
  - smanjenje troška buduće zamjene postojećih transformatora, odnosno troškova buduće nabave i ugradnje transformatora
  - smanjenje troška buduće modernizacije transformatorskih stanica pri njihovom uključivanju u naprednu mrežu
- **Socio-ekonomske koristi**
  - smanjenje emisije štetnih tvari
  - potencijalne uštede za korisnike distribucijskog sustava
  - povećanje pouzdanosti napajanja



SMANJENJE  
TROŠKOVA ZA  
POKRIĆE  
GUBITAKA U  
IZNOSI OD  
1.782.800 kn/god.  
*(cijena električne  
energije za  
pokriće gubitaka,  
400 kn/MWh)*

SMANJENJE  
EMISIJE CO<sub>2</sub>  
IZNOSI 3.451  
t/GODINU.  
*(faktor emisije  
0,774313  
tCO<sub>2</sub>/MWh)*

## 2. TEHNIČKO RJEŠENJE

- Gubici transformatora dijele se na dvije glavne komponente:
  - gubici kratkog spoja ili gubici tereta (*engl. load losses*) i
  - gubici praznog hoda ili gubici u jezgri (*engl. no-load losses*).
- Gubici praznog hoda  $P_0$  ili gubici u jezgri transformatora su konstantni te ne ovise o teretu, a gubici kratkog spoja  $P_k$  su promjenjivi te ovise o opterećenju transformatora.
- Primjena energetski učinkovitih transformatora sa smanjenim gubicima od posebnog je značaja za povećanje učinkovitosti distribucije električne energije obzirom na to da su distribucijski transformatori odgovorni za nastanak oko trećine tehničkih gubitaka u EES-u.
- Tehnološka optimizacija obrade transformatorskog lima i dodavanje primjesa najviše je doprinijelo smanjenju gubitaka transformatora praznog hoda odnosno gubitaka u jezgri.



**Slika 1.:** Gubici praznog hoda P0 (W) u ovisnosti o godini proizvodnje transformatora





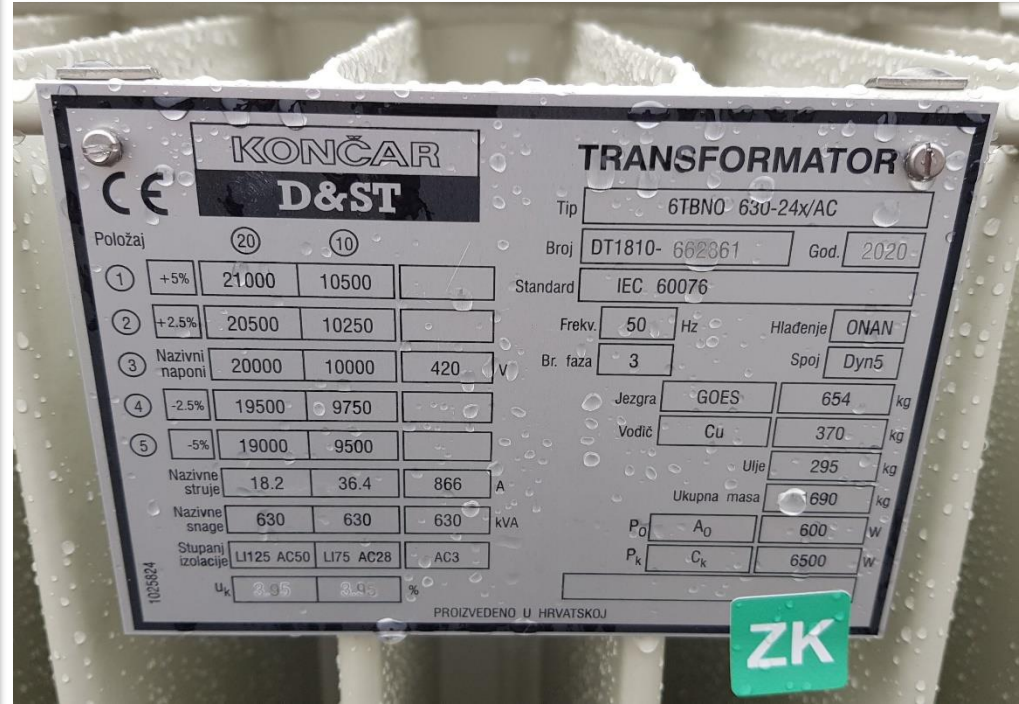
GODINA PROIZVODNJE TRANSFORMATORA

**Slika 2.:** Gubici kratkog spoja Pk (W) u ovisnosti o godini proizvodnje transformatora

- Tehničke karakteristike energetski učinkovitih uljnih transformatora koji se ugrađuju u sklopu ove projektne aktivnosti su:
  - nazivne snage distributivnih transformatora su: 250, 400 i 630 kVA
  - nazivni napon je 20(10)/0,42 kV (preklopiva izvedba)
  - preklopiva izvedba na primarnom namotu je izvedena s dvopoložajnom ručnom preklopkom za napone 20 kV i 10 kV
  - grupa spoja transformatora 250 – 400 – 630 kVA je Dyn5
  - neutralna točka mora biti izvedena na sekundarnoj strani s tim da se može trajno opteretiti nazivnom strujom
  - regulacija napona za 250 – 400 – 630 kVA vrši se u beznaponskom stanju na primarnoj strani u opsegu  $\pm 5\%$  s korakom  $\pm 2,5\%$



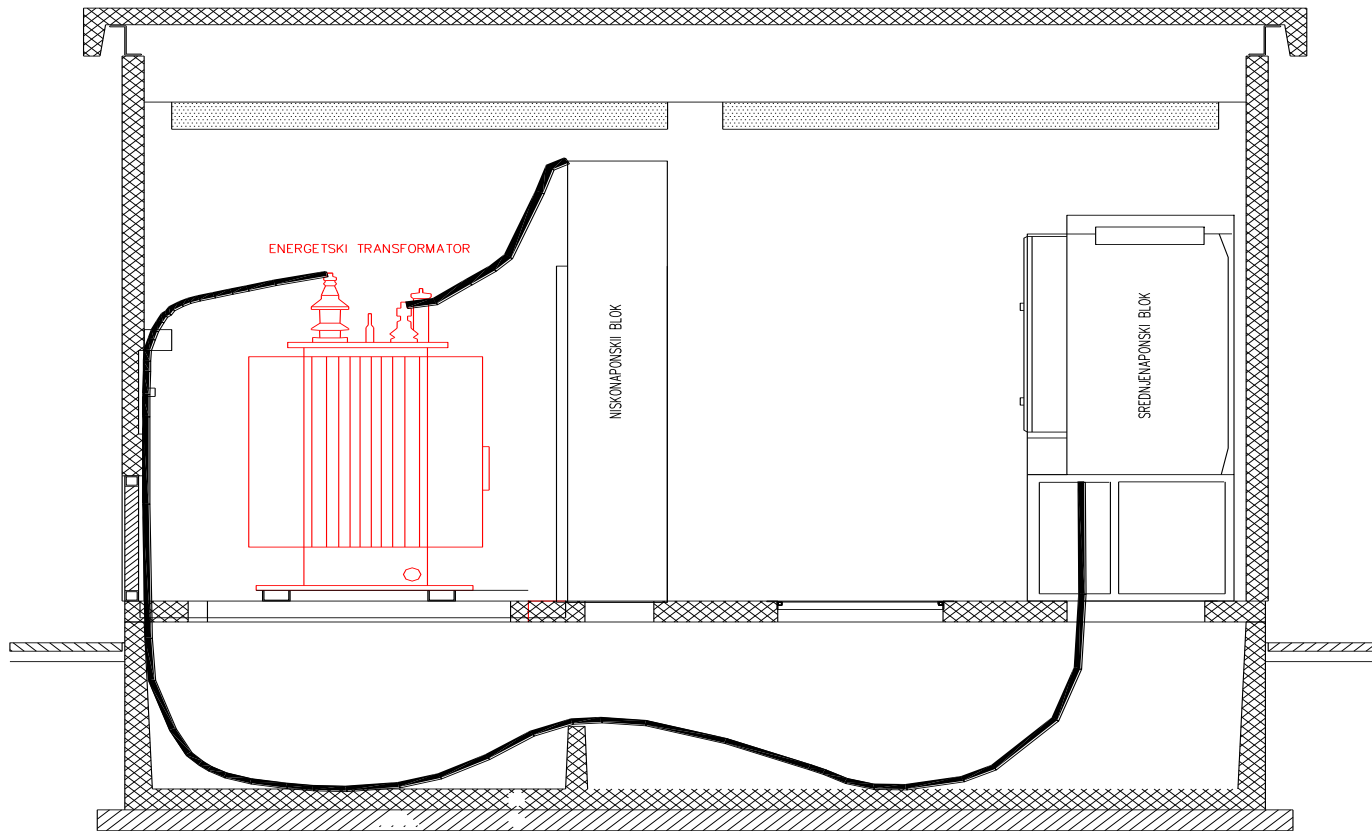
a)



b)

**Slika 3.: a) Energetski učinkoviti transformator snage 630 kVA, tip 6TBNO 630-24x/AC, proizvođača Končar D&ST**  
**b) Natpisna pločica energetski učinkovitog transformatora snage 630 kVA**  
**tip 6TBNO 630-24x/AC, proizvođača Končar D&ST**

- Transformatori se u pravilu ugrađuju u kabelske transformatorske stanice.



**Slika 4.:** Karakteristični bočni presjek kabelske transformatorske stanice 10(20)/0,4 kV

## 3. TROŠKOVI I FINANCIRANJE

- Troškovi u sklopu projektne aktivnosti 2:
  - Energetski učinkoviti transformatori (troškovi se potražuju u sklopu projekta)
  - Zamjena postojećih transformatora s energetski učinkovitim (troškovi demontaže i montaže, troškovi pripreme, transportni troškovi, troškovi spojnog pribora itd. se ne potražuju u sklopu projekta)
  - Stručni nadzor (kontrola kvalitete) prilikom ugradnje energetski učinkovitih transformatora (troškovi se ne potražuju u sklopu projekta)
- Stvarni troškovi moći će se sagledati nakon zamjene svih transformatora.

- Ukupni troškovi projektne aktivnosti procjenjuju se u iznosu od 28.625.825,00 kn. Iz sredstava Fonda za zaštitu okoliša i energetske učinkovitost financira se trošak transformatora u obimu od 85 % dok za ostale troškove i preostali dio od 15% troškova transformatora, financijska sredstva osigurava HEP ODS.

*Tablica II.: Troškovi zamjene transformatora u sklopu projektne aktivnosti 2*

Stavka	Snaga (kVA)	Jedinična cijena (kn)	Količina	Cijena (kn)
Transformator	250	49.425,00	57	2.817.225,00
	400	58.375,00	272	15.878.000,00
	630	76.020,00	120	9.122.400,00
Zamjena transformatora		1.800,00	449	808.200,00
Trošak projektne aktivnosti EU				27.817.625,00
Trošak financiran od strane EU (85% vrijednosti transformatora)				23.644.981,25
<b>Ukupna vrijednost projektne aktivnosti 2</b>				<b>28.625.825,00</b>

## 4. TERMINSKI PLAN PROVEDBE

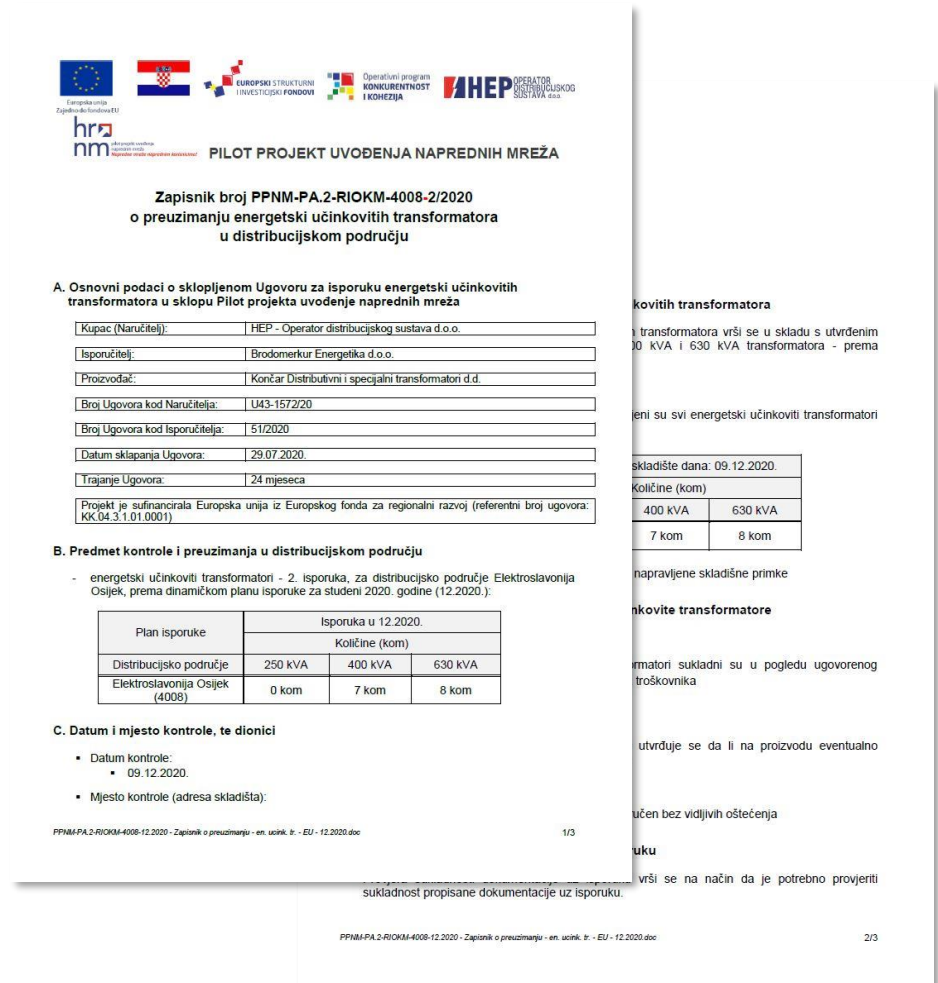
- U tablici III. prikazan je terminski plan provedbe projektne aktivnosti 2.

Tablica III.: Terminski plan provedbe projektne aktivnosti 2

Godina		2018.	2019.	2020.				2021.				2022.				2023.
				I.	II.	III.	IV.	I.	II.	III.	IV.	I.	II.	III.	IV.	
Kvartal																
Aktivnost	Priprema	○	○	○	○	○										
	Provedba javne nabava		○	○	○	○										
	Zamjena transformatora	Elektra Zagreb						○	○	○	○	○	○	○		
		Elektroslavonija Osijek						○	○	○	○	○	○	○		
		Elektrodalmacija Split						○	○	○	○	○	○	○		
		Elektra Zadar						○	○	○						
		Elektrojug Dubrovnik						○	○	○	○					
		Izvištavanje	Elektra Zagreb						○	○	○	○	○	○	○	○
	Elektroslavonija Osijek							○	○	○	○	○	○	○	○	
	Elektrodalmacija Split							○	○	○	○	○	○	○	○	
	Elektra Zadar							○	○	○	○					
	Elektrojug Dubrovnik								○	○	○	○	○			
	Praćenje učinaka								○	○	○	○	○	○	○	○

## 5. DOKUMENTACIJA O ISPORUCI I UGRADNJI

- Prilikom svake isporuke transformatora izrađuje se Zapisnik o preuzimanju energetski učinkovitih transformatora u distribucijskom području koji sadrži sljedeće podatke:
  - A. *Osnovni podaci o sklopljenom Ugovoru*
  - B. *Predmet kontrole i preuzimanja u distribucijskom području*
  - C. *Datum i mjesto kontrole te dionici*
  - D. *Provjera isporučene količine energetski učinkovitih transformatora*
  - E. *Provjera proizvođača i tipa za energetski učinkovite transformatore*
  - F. *Vizualna provjera sukladnosti proizvoda*
  - G. *Provjera sukladnosti dokumentacije uz isporuku*
  - H. *Završna ocjena pregleda*
- U prilogu svakog Zapisnika sadržana je fotodokumentacija isporučenih transformatora, tehnička dokumentacija uz isporuku (ispitni list o rutinskom ispitivanju, upute za montažu i EZ Izjava o sukladnosti) te skladišne primke.



**Zapisnik broj PPNM-PA.2-RIOKM-4008-2/2020 o preuzimanju energetski učinkovitih transformatora u distribucijskom području**

**A. Osnovni podaci o sklopljenom Ugovoru za isporuku energetski učinkovitih transformatora u sklopu Pilot projekta uvođenja naprednih mreža**

Kupac (Naručitelj):	HEP - Operator distribucijskog sustava d.o.o.		
Isporučitelj:	Brodmerkur Energetika d.o.o.		
Proizvođač:	Končar Distributivni i specijalni transformatori d.d.		
Broj Ugovora kod Naručitelja:	U43-157/2/20		
Broj Ugovora kod Isporučitelja:	51/2020		
Datum sklapanja Ugovora:	29.07.2020.		
Trajanje Ugovora:	24 mjeseca		

Projekt je sufinancirala Europska unija iz Europskog fonda za regionalni razvoj (referentni broj ugovora: KK.04.3.1.01.0001)

**B. Predmet kontrole i preuzimanja u distribucijskom području**

- energetski učinkoviti transformatori - 2. isporuka, za distribucijsko područje Elektroslavonija Osijek, prema dinamičkom planu isporuke za studeni 2020. godine (12.2020.):

Plan isporuke	Isporuka u 12.2020.		
	Količine (kom)		
Distribucijsko područje	250 kVA	400 kVA	630 kVA
Elektroslavonija Osijek (4008)	0 kom	7 kom	8 kom

**C. Datum i mjesto kontrole, te dionici**

- Datum kontrole:
  - 09.12.2020.
- Mjesto kontrole (adresa skladišta):

PPNM-PA.2-RIOKM-4008-12.2020 - Zapisnik o preuzimanju - en. usloj. br. - EU - 12.2020.doc 1/3

skladnost propisane dokumentacije uz isporuku.

PPNM-PA.2-RIOKM-4008-12.2020 - Zapisnik o preuzimanju - en. usloj. br. - EU - 12.2020.doc 2/3

Slika 5.: Zapisnik o preuzimanju energetski učinkovitih transformatora u distribucijskom području



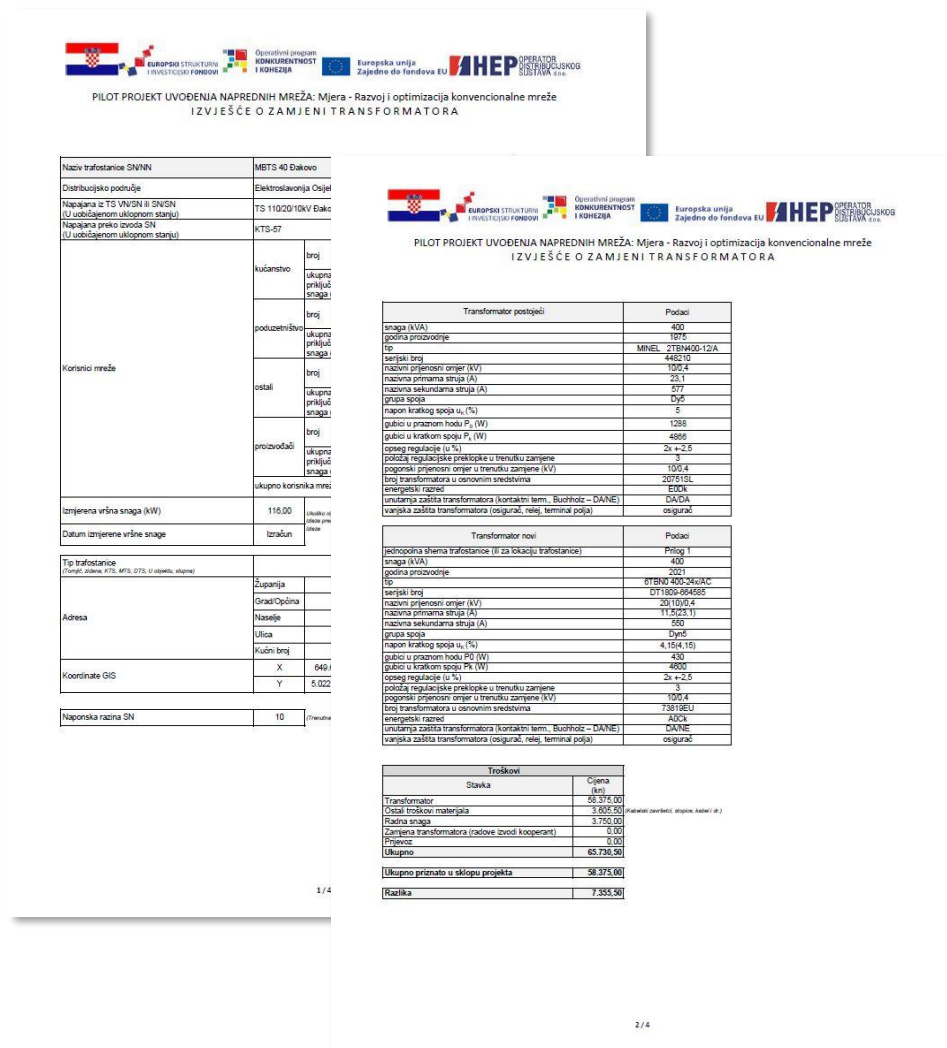


**Slika 6.:** *Fotodokumentacija transformatora zaprimljenih na skladištu*

- Nakon zamjene svakog transformatora izrađuje se Izvješće o zamjeni transformatora koje sadrži sljedeće podatke:

- Naziv transformatorske stanice SN/NN i osnovni tehnički podaci (broj korisnika mreže, priključna snaga, vršna snaga, tip stanice, lokacija, koordinate GIS)
- Tehnički podaci o postojećem transformatoru prije zamjene (snaga, godina proizvodnje, tip, nazivni prijenosni omjer, gubici Pk i P0, zaštita)
- Tehnički podaci o novom transformatoru nakon zamjene (snaga, godina proizvodnje, tip, nazivni prijenosni omjer, gubici Pk i P0, zaštita)
- Troškovi zamjene transformatora
- Fotodokumentacija postojećeg stanja i nakon zamjene transformatora

- U prilogu svakog Zapisnika sadržana je jednopolna shema transformatorske stanice (stanje nakon zamjene transformatora) te kartica investicija za predmetni objekt.



**PILOT PROJEKT UVOĐENJA NAPREDNIH MREŽA: Mjera - Razvoj i optimizacija konvencionalne mreže**  
IZVJEŠĆE O ZAMJENI TRANSFORMATORA

Naziv trafostanice SN/NN	METS 40 Bakovo	
Distribucijsko područje	Elektrorazvodnja Osijek	
Napajana iz TS VN/NN ili SN/NN (u uobičajenom uklopnom stanju)	TS 110/2010kV Bak	
Napajana preko izvoda SN (u uobičajenom uklopnom stanju)	KTS-57	
Korisnici mreže	kućanstvo	broj priključ. snaga
		ukupna priključ. snaga
	poduzetništvo	broj priključ. snaga
		ukupna priključ. snaga
	ostali	broj priključ. snaga
		ukupna priključ. snaga
proizvođači	broj priključ. snaga	
ukupno korisnika mreže		
Izmjerena vršna snaga (kW)	116,00	(izračun iz izmjere snage)
Datum izmjere vršne snage	Izračun	
Tip trafostanice (tip, snaga, KTS, MTS, DTS, ili odjelni, odjelni)		
Adresa	Županja	
	Grad/Općina	
	Naselje	
	Ulica	
Koordinate GIS	Kućni broj	
	X	849
	Y	5.022
Napajana nazna SN	10	(trafostanica)

Transformator postojeći		Podaci
snaga (kVA)		400
godina proizvodnje		1975
tip		MINEL 2TBK400-12A
serijski broj		445310
nazivni prijenosni omjer (kV)		100/4
nazivna primarna struja (A)		25,1
nazivna sekundarna struja (A)		577
grupa spoja		Dy5
napon kratkog spoja u <sub>k</sub> (%)		5
gubici u praznom hodu P <sub>0</sub> (W)		1288
gubici u kratkom spoju P <sub>k</sub> (W)		4866
opseg regulacije (u %)		2x +2,5
pozicija regulacijske preklapke u trenutku zamjene		3
gubici u praznom hodu P <sub>0</sub> (W)		100,4
gubici u kratkom spoju P <sub>k</sub> (W)		2075,15L
broj transformatora u osnovnim sredstvima		100,4
energetski razred		ADJK
unutarnja zaštita transformatora (kontakti term. bužholz – DANJE)		DANJA
vanjska zaštita transformatora (osigurač, relej, terminalni poja.)		osigurač

Transformator novi		Podaci
jednopolna shema trafostanice (tj za lokaciju trafostanice)		Prilog 1
snaga (kVA)		400
godina proizvodnje		2017
tip		BTBNO 400-240AC
serijski broj		DT1800-864885
nazivni prijenosni omjer (kV)		20/100/4
nazivna primarna struja (A)		11,5(2x3,1)
nazivna sekundarna struja (A)		520
grupa spoja		Dyn5
napon kratkog spoja u <sub>k</sub> (%)		4,15(4,15)
gubici u praznom hodu P <sub>0</sub> (W)		430
gubici u kratkom spoju P <sub>k</sub> (W)		4600
opseg regulacije (u %)		2x +2,5
pozicija regulacijske preklapke u trenutku zamjene		3
gubici u praznom hodu P <sub>0</sub> (W)		100,4
gubici u kratkom spoju P <sub>k</sub> (W)		73819EU
broj transformatora u osnovnim sredstvima		100,4
energetski razred		ADJK
unutarnja zaštita transformatora (kontakti term. bužholz – DANJE)		DANJE
vanjska zaštita transformatora (osigurač, relej, terminalni poja.)		osigurač

Troškovi		Cijena (kn)
Slavka		
Transformator		58.375,00
Ostali troškovi materijala		3.105,50
Radna snaga		3.750,00
Zamjena transformatora (radove izvodi kooperant)		0,00
Pripreme		6,00
Ukupno		65.236,50
Ukupno priznato u sklopu projekta		58.375,00
Kazalica		7.355,50

Slika 7.: Izvješće o zamjeni transformatora

PILOT PROJEKT UVOĐENJA NAPREDNIH MREŽA: Mjera - Razvoj i optimizacija konvencionalne mreže  
IZVJEŠĆE O ZAMJENI TRANSFORMATORA

Foto-dokumentacija

Postojeće stanje

Trafostanica (fotografija sa otvorenim vratima trafo komore)



Transformator



Natpisna pločica transformatora



Prikaz lokacije trafostanice (z GIS-a)



PILOT PROJEKT UVOĐENJA NAPREDNIH MREŽA: Mjera - Razvoj i optimizacija konvencionalne mreže  
IZVJEŠĆE O ZAMJENI TRANSFORMATORA

Stanje nakon zamjene

Trafostanica (fotografija sa otvorenim vratima trafo komore)



Transformator



Natpisna pločica transformatora



- Pričaz:
- Jednopolna shema trafostanice – stanje nakon zamjene transformatora
  - Izvešće iz aplikacije „Investicije“ sa prikazom pokrivenih troškova

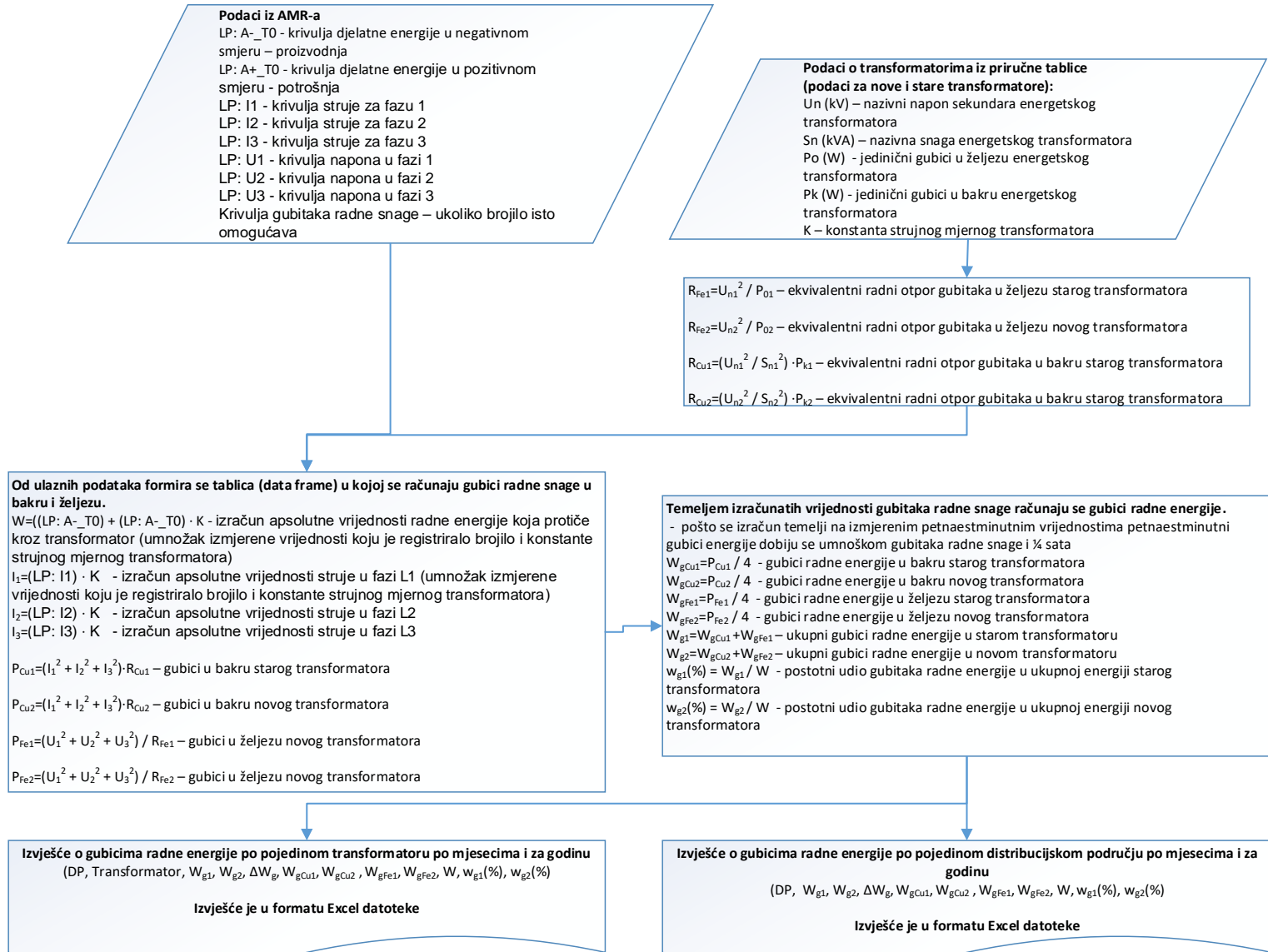
Datum zamjene transformatora 07.04.2021.  
Datum izrade izvješća 04.10.2021.  
Izvešće izradio Goran Šestaković  
Odgovorna osoba za realizaciju mjere u OP-u Boris Nikolić

Slika 8.: Izvješće o zamjeni transformatora (stanje prije i nakon zamjene transformatora)

## 6. PRAĆENJE UČINAKA

- Prema Studiji izvodljivosti Pilot projekta uvođenja naprednih mreža zamjenom postojećih transformatora prema uravnoteženom scenariju (scenarij koji je odabran) procijenjeno je da se postiže godišnje smanjenje tehničkih gubitaka u distribucijskoj mreži u iznosu od 4.457 MWh.
- U svrhu ocjene uspješnosti mjere provoditi će se konstantno praćenje iznosa gubitaka koji nastaju u transformatorima na lokacijama koje su odabrane za zamjenu.
- Nakon provedbe plana praćenja gubitaka pojedinog transformatora u periodu od minimalno jedne godine moći će se utvrditi stvarni učinci mjere.

- Za potrebe parametriranja brojila u svrhu registracije (izračuna) gubitaka radne snage i energije u transformatoru potrebni su podaci:
  - $P_0$  (W) – gubici transformatora praznog hoda odnosno u željezu
  - $P_k$  (W) – gubici transformatora kratkog spoja odnosno u bakru
- Kako bi se osigurala što točnija registracija (izračun) gubitaka radne snage (energije) u transformatoru ti se podaci uzimaju s:
  - ispitnog lista energetske učinkovitog transformatora koji se ugrađuju
  - ispitnog lista za „stare“ transformatore, a ako ispitni list starog transformatora nije raspoloživ podatke je moguće uzeti sa natpisne pločice transformatora.
- U krajnjem slučaju ukoliko za stare transformatore nisu dostupni podaci iz ispitnih listova i sa natpisnih pločica uzimaju se podaci o gubicima u željezu ( $P_0$ ) i gubicima u bakru ( $P_k$ ) prema tablicama iz Studije izvodljivosti Pilot projekta uvođenja naprednih mreža.
- Posebna aplikacija napisana u programskom jeziku Python koji je prilagođen za rad s vremenskim serijama podataka, koristi se za provjeru registriranih podataka, a njen način rada prikazan je u blok dijagramu na slici 9.



**Slika 9.: Blok dijagram izračuna gubitaka radne energije u transformatoru**

- Učinak, smanjenje gubitaka, predstavlja razliku između izračunatih gubitaka za novo ugrađene transformatore i izračunatih gubitaka za postojeće transformatore (stare transformatore) temeljem iste krivulje opterećenja transformatora.
- Na razini godine kako bi se dobila potpuna slika učinka ugradnje energetski učinkovitih transformatora po pojedinom transformatoru i distribucijskom području potrebno je usporediti podatke o:
  - $W_{gCu1}$  - gubici radne energije u bakru starog transformatora
  - $W_{gCu2}$  - gubici radne energije u bakru novog transformatora
  - $W_{gFe1}$  - gubici radne energije u željezu starog transformatora
  - $W_{gFe2}$  - gubici radne energije u željezu novog transformatora
  - $W_{g1} = W_{gCu1} + W_{gFe1}$  – ukupni gubici radne energije u starom transformatoru
  - $W_{g2} = W_{gCu2} + W_{gFe2}$  – ukupni gubici radne energije u novom transformatoru
  - $w_{g1}(\%) = W_{g1} / W$  - postotni udio gubitaka radne energije u ukupnoj energiji starog transformatora
  - $w_{g2}(\%) = W_{g2} / W$  - postotni udio gubitaka radne energije u ukupnoj energiji novog transformatora
  - $\Delta W_g = W_{g1} - W_{g2}$  – razlika gubitaka starog i novog transformatora za istu godišnju krivulju opterećenja
- Ovako dobivene podatke usporediti će se sa podacima iz studije te u konačnici ocijeniti učinak.

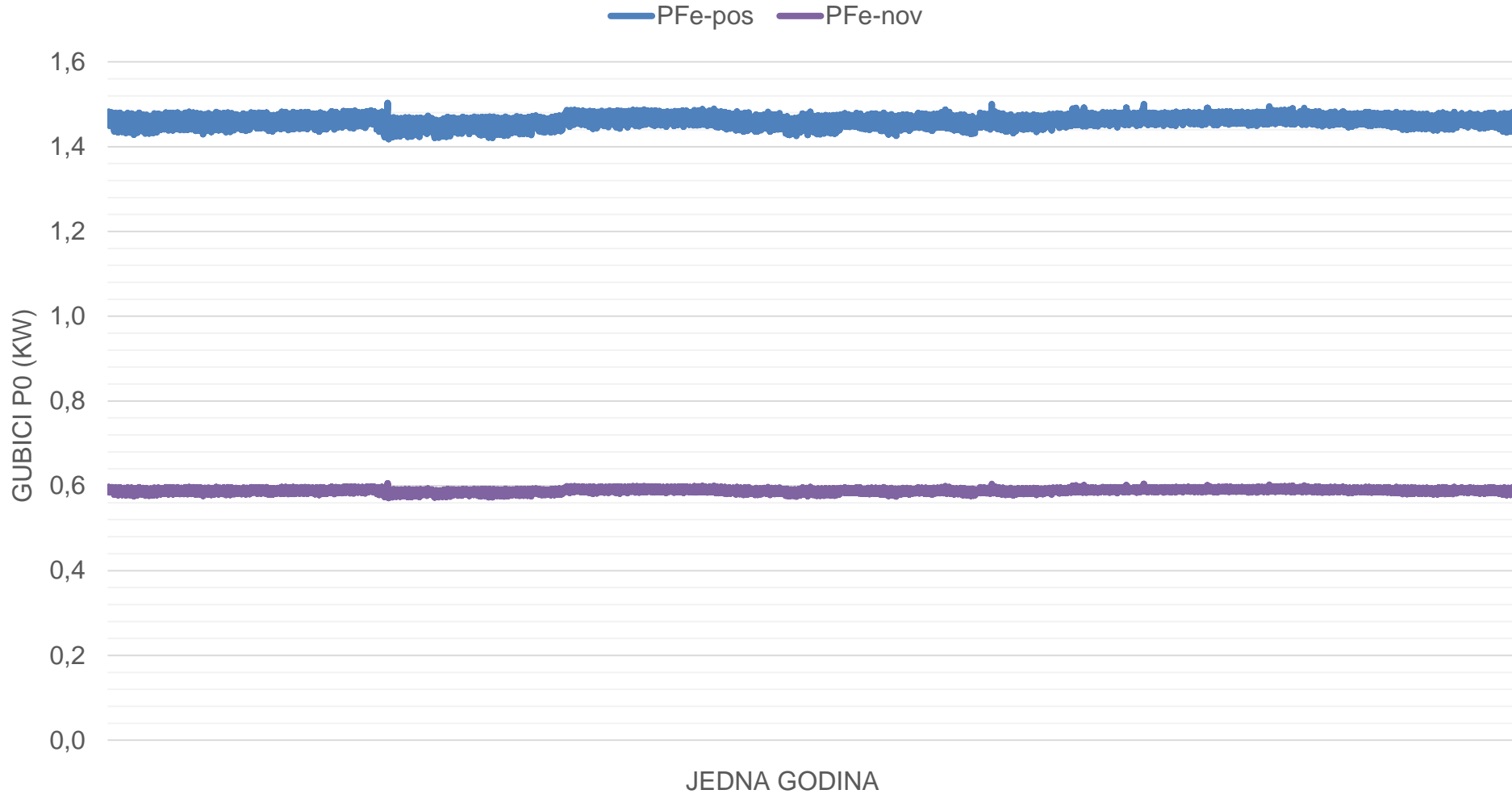
## 7. MJERENJE GUBITAKA TRANSFORMATORA

- U primjeru u tablici IV. prikazane su osnovne karakteristike jednog postojećeg transformatora iz 1973. godine te novog transformatora.

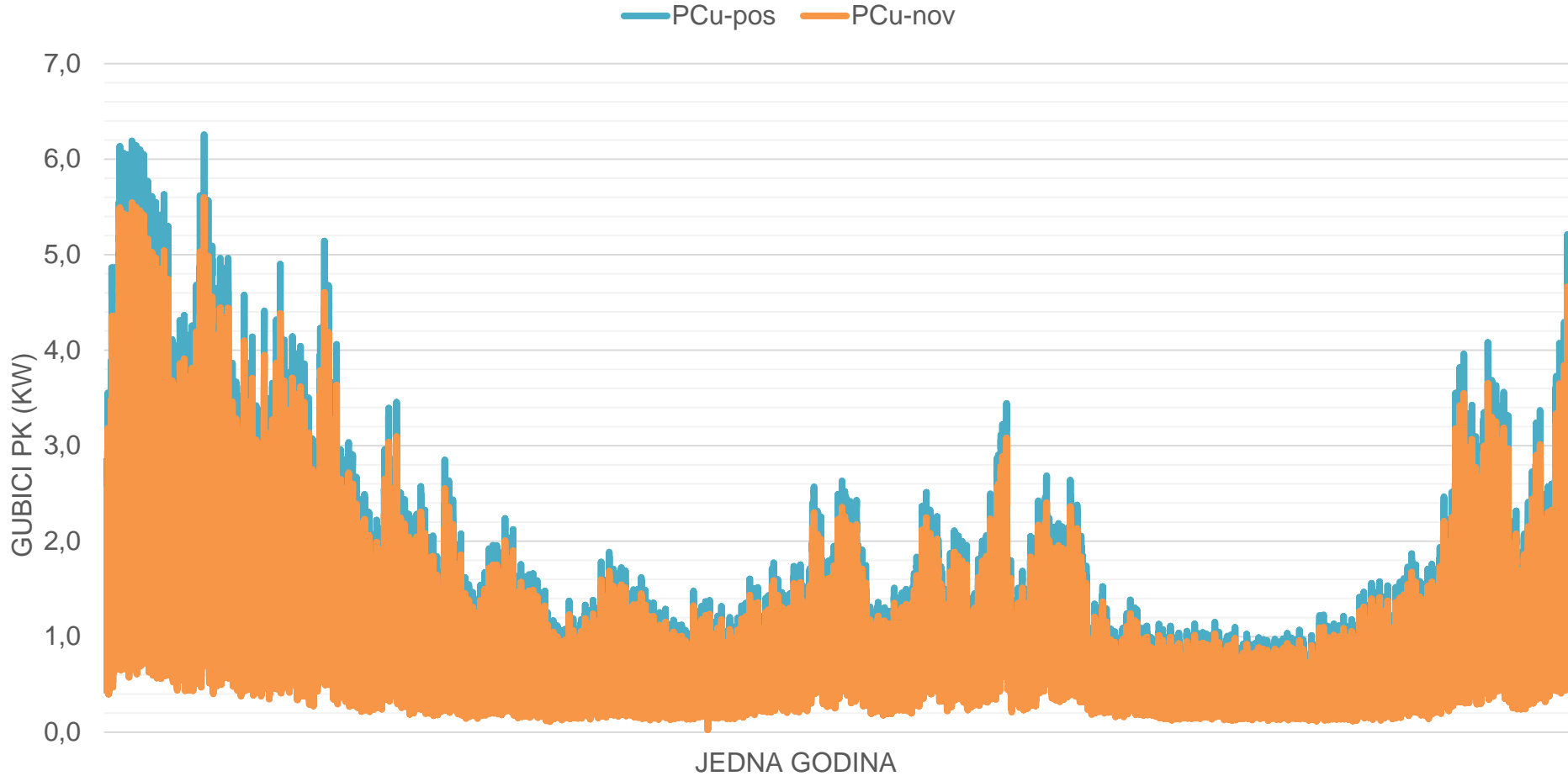
Tablica IV.: Tehničke karakteristike postojećeg i novog transformatora

	Transformator postojeći	Transformator novi
Godina proizvodnje	1973	2020
Nazivna snaga transformatora - $S_n$ (kVA)	630 kVA	630 kVA
Nazivni napon primara - $U_{n1}$ (kV)	10 kV	10 kV
Nazivni napon sekundara - $U_{n2}$ (kV)	0,4 kV	0,42 kV
Gubici u praznom hodu - $P_0$ (W)	1418 W	600 W
Gubici u kratkom spoju - $P_k$ (W)	7261 W	6500 W
Gubici radne energije u bakru - $W_{gCu}$ (MWh)	7,969 MWh	7,133 MWh
Gubici radne energije u željezu - $W_{gFe}$ (MWh)	12,793 MWh	5,156 MWh
Gubici radne energije ukupno $W_g$ (MWh)	20,761 MWh	12,289 MWh
$\Delta W_g$ (MWh) [ $W_{gnov} - W_{gpos}$ ]	-8,472 MWh	Smanjenje gubitaka
$\Delta Wg(\%)$ [ $(W_{g-pos} - W_{g-nov})/W_{g-pos}$ ]	-40,81%	Relativno smanjenje gubitaka





**Slika 10.:** Izmjereni gubici praznog hoda P<sub>0</sub> (kW) transformatora tijekom jedne godine



**Slika 11.:** Izmjereni gubici kratkog spoja Pk (kW) transformatora tijekom jedne godine

## 8. ANALIZA STAROSTI TRANSFORMATORA SN/NN U HEP ODS-u

- Ukupan broj transformatora SN/NN u HEP ODS-u koji su stariji od 40 godina (kriterij zamjene prema starosti) te oni koji će doseći starost od 40 godina unutar promatranog planskog razdoblja od 10 godina je oko 42 %.

**Tablica V.:** *Raspodjela transformatora SN/NN po starosti (Izvor: 10G (2021.-2030.) plan razvoja distribucijske mreže HEP ODS-a)*

STAROST (GODINE)	BROJ TRANSFORMATORA (KOM)	UDIO (%)
0-5	3.036	10%
6-10	3.174	11%
11-15	3.948	13%
16-20	3.580	12%
21-25	2.616	9%
36-30	1.229	4%
31-35	2.276	8%
36-40	2.837	9%
41-45	3.237	11%
46-50	1.905	6%
>51	2.251	7%
BEZ PODATAKA	0	0%
<b>UKUPNO</b>	<b>30.089</b>	<b>100%</b>

## 9. TRENUTNO STANJE PA2

- Isporuka svih 449 transformatora završena u travnju 2021. godine.
- Dosad ugrađeno 85 % svih isporučenih transformatora.
- Predviđeni završetak ugradnje preostalih transformatora u I. kvartalu 2022. godine.
- Sumarna brojila ugrađena u približno 15 % transformatorskih stanica gdje su ugrađeni novi energetske učinkoviti transformatori.
- Postepeno, nakon ugradnje sumarnih brojila učinak će se promatrati na razini jedne godine kako bi se obuhvatila u cijelosti godišnja krivulja opterećenja.



*Slika 12.: Ugradnja transformatora u sklopu pilot projekta u Elektri Zagreb*

**HVALA NA PAŽNJI**