

# UTJECAJ PROMJENE SPECIFIČNOG OTPORA TLA NA VELIČINU STRUJE JEDNOPOLNOG KRATKOG SPOJA U DISTRIBUTIVNOJ MREŽI

Pavle F i l k o, Osijek - mr. sc. Marinko S t o j k o v, Slavonski Brod

UDK 621.316.1:621.3.012.5  
STRUČNI ČLANAK

Rad analizira utjecaj promjene specifičnog otpora tla na veličinu struje jednopolnog kratkog spoja. Polazna pretpostavka je da su svi elementi strujnog kruga konstantni pa na vrijednost struje kratkog spoja djeluje promjena vrijednosti otpora rasprostiranja uzemljivača. Proračuni su izvedeni pomoću programa TOKSwin na stvarnoj mreži 35 kV grada Osijeka.

**Ključne riječi:** 35 kV mreža, specifični otpor tla, utjecaj promjene, struja jednopolnog kratkog spoja.

## 1. UVOD

Struja jednopolnog kratkog spoja je značajna električka veličina elektroenergetskog sustava, kako u cjelini tako i još važnija za pojedine njegove dijelove. Stoga se veličini i promjeni te struje posvećuje osobita pozornost.

U strujnom krugu jednopolnog kratkog spoja, kao dio elektroenergetskog postrojenja, sudjeluje i uzemljivač postrojenja. Uzemljivač općenito jest vodič koji je cijelom površinom vodljivo povezan s materijalom tla. Osnovna karakteristika uzemljivača je otpor rasprostiranja, napon dodira i napon koraka. Otpor rasprostiranja, kao što je poznato jest otpor što ga tlo u kojem se nalazi uzemljivač (zemlja) pruža prolazu struje.

Ako su, u promatranom vremenu, svi elementi strujnog kruga konstantni dakle nepromijenjenih vrijednosti, na vrijednost struja jednopolnih kratkih spojeva jedino djeluje promjena vrijednosti otpora rasprostiranja uzemljivača. Osnovna karakteristika te električke veličine, osim svakako geometrijskih i konstrukcijskih veličina, jest specifični otpor tla. Kako su ostale karakteristične veličine konstantne to je u vremenu promjenjiv samo specifični otpor tla. Stoga možemo reći da je otpor rasprostiranja uzemljivača u potpunosti izražen izrazom:

$$R_{uz} = K \cdot \rho$$

gdje je  $R_{uz}$  – otpor rasprostiranja uzemljivača,  
 $K$  – konstanta koja ovisi o geometrijskim i konstrukcijskim karakteristikama uzemljivača  
 $\rho$  – specifični otpor tla.

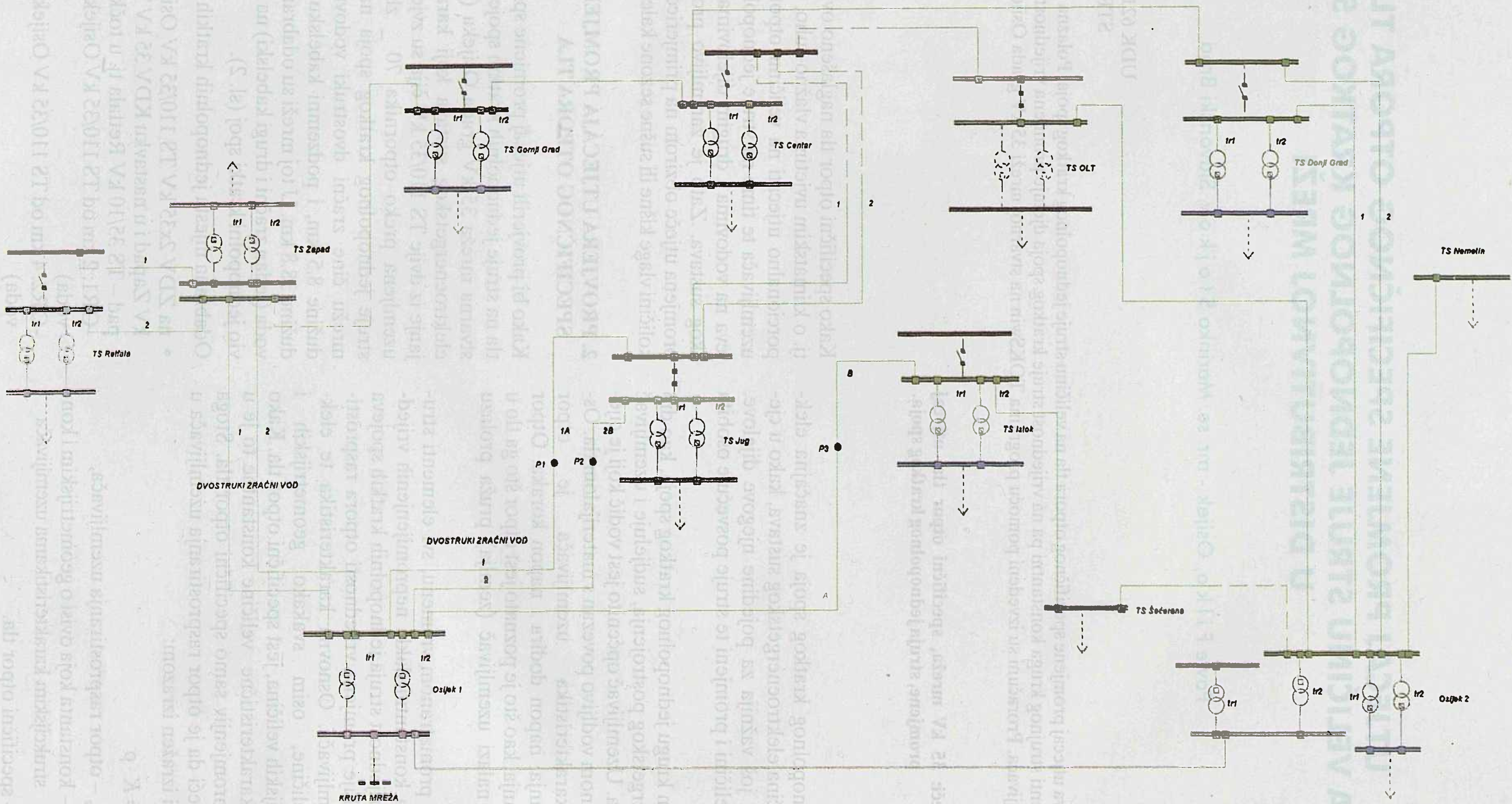
Kako specifični otpor tla naglašeno ovisi o vlažnosti tla tj. o klimatskim uvjetima vlažno-sušo, to bi morao proporcionalno utjecati na veličinu otpora rasprostiranja uzemljivača te time na struje jednopolnih kratkih spojeva na vodovima i drugim dijelovima elektroenergetskog sustava. Zato je zanimljivo promotriti kako ta promjena utječe obzirom na primjerice veliku razliku u količini vlage kišne ili sušne sezone kalendarske godine.

## 2. PROVJERA UTJECAJA PROMJENE SPECIFIČNOG OTPORA TLA

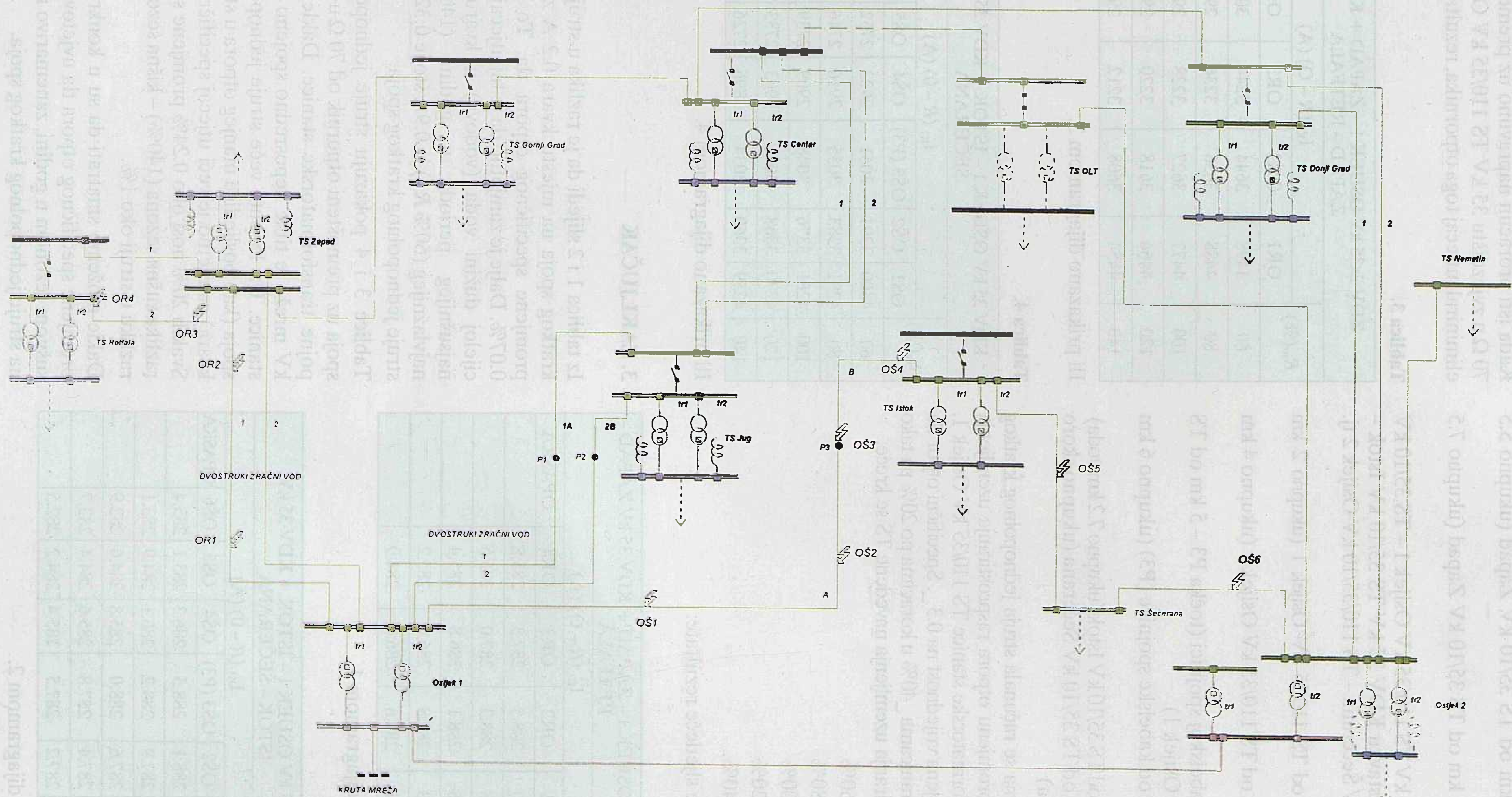
Kako bi provjerili utjecaj promjene specifičnog otpora tla na struje jednopolnih kratkih spojeva iskorištena je stvarna mreža 35 kV grada Osijeka (sl. 1). To je dio elektroenergetskog sustava koji karakterizira napajanje iz dvije TS 110/35 kV čija su zvjezdišta na 35 kV uzemljena preko otpornika 70  $\Omega$  zbog ograničenja struje jednopolnog kratkog spoja na 300 A. Samu mrežu čine zračni dvostruki vodovi (dva) ukupne dužine 8.5 km, i podzemni kabelsku vodovi ukupne dužine 38.8 km. U toj mreži su odabrana mjesta na dva voda (jedan zračni i drugi kabelski) na kojima se postavio jednopolni kratki spoj (sl. 2).

Odabrana mjesta jednopolnih kratkih spojeva su:

- na ZDV 2x35 kV TS 110/35 kV Osijek 1 – TS 35/10 kV Zapad i u nastavku KDV 35 kV TS 35/10 kV Zapad – TS 35/10 kV Retfala tj. u točkama:
  - OR1: 2 km od TS 110/35 kV Osijek 1 (ukupno 2 km voda)
  - OR2: 4 km od TS 110/35 kV Osijek 1 (ukupno 4 km voda)



Slika 1. Osnovna shema mreže



Slika 2. Promatrani kratki spojevi u mreži

- OR3: 0.6 km od TS 35/10 kV Zapad (ukupno 5.5 km voda)
- OR4: 2.16 km od TS 35/10 kV Zapad (ukupno 7.5 km voda)
- na KDV 35 kV TS 110/35 kV Osijek 1 – TS 35/10 kV Istok i u nastavku KDV 35 kV TS 35/10 kV Istok – TS 35/10 kV Šećerana – TS 110/35/10 kV Osijek 2 tj. u točkama:
  - OŠ1: 2km od TS 110/35 kV Osijek 1 (ukupno 2 km voda)
  - OŠ2: 4 km od TS 110/35 kV Osijek 1 (ukupno 4 km voda)
  - OŠ3: na kabelskoj spojnici (točka P3 – 5 km od TS 110/35 kV Osijek 1)
  - OŠ4: 1 km od kableske spojnice (P3) (ukupno 6 km voda)
  - OŠ5: 1 km od TS 35/10 kV Istok (ukupno 7.2 km voda)
  - OŠ6: 1 km od TS 35/10 kV Šećerana (ukupno skoro 10 km voda)

Na tim mjestima se računala struja jednopolnog kratkog spoja i to uz promjenu otpora rasprostiranja uzemljenja napojne transformatorske stanice TS 110/35 kV Osijek 1, čija je procijenjena vrijednost na 0.3  $\Omega$ . Specifični otpor tla mijenjamo u granicama 40% u koracima po 20% pa tako otpor rasprostiranja uzemljenja navedene TS se kreće:

- od 0.18  $\Omega$  - 60%
- 0.24  $\Omega$  - 80%
- 0.3  $\Omega$  - 100%
- 0.36  $\Omega$  - 120%
- do 0.42  $\Omega$  - 140%.

Proračun daje sljedeće rezultate:

Tablica 1.

ZDV 2x35 kV OSIJEK 1 – ZAPAD + KDV 35 kV ZAPAD – RETFALA					
$R_{uz}(\%)$	$I_{K1}(R-O)$ (A)				
	OR1	OR2	OR3	OR4	OPASKA
60	290.0	288.5	287.3	285.8	
80	289.8	288.3	287.0	285.6	
100	289.6	288.1	286.8	285.4	
120	289.3	287.8	286.6	285.2	
140	289.1	287.6	286.4	284.9	

Ili prikazano dijagramom 1.

Tablica 2.

KDV 35 kV OSIJEK 1 – ISTOK + KDV 35 kV ISTOK – ŠEĆERANA							
$R_{uz}(\%)$	$I_{K1}(R-O)$ (A)						
	OŠ1	OŠ2	OŠ3 (P3)	OŠ4	OŠ5	OŠ6	OPASKA
60	289.8	288.1	288.5	286.3	285.1	283.4	
80	289.6	287.9	288.2	286.1	284.9	283.1	
100	289.3	287.6	288.0	285.8	284.6	282.9	
120	289.1	287.4	287.8	285.6	284.4	282.7	
140	288.9	287.2	287.5	285.4	284.2	282.5	

Ili prikazano dijagramom 2.

Kada isti proračun napravimo uz premošten otpornik 70  $\Omega$  u zvjezdištu 35 kV TS 110/35 kV Osijek 1 kako bi eliminirali utjecaj toga otpornika, rezultati su sljedeći:

Tablica 3.

ZDV 2x35 kV OSIJEK 1 – ZAPAD + KDV 35 kV ZAPAD – RETFALA					
$R_{uz}(\%)$	$I_{K1}(R-O)$ (A)				
	OR1	OR2	OR3	OR4	OPASKA
60	4498	3644	3244	3000	
80	4488	3636	3236	2993	
100	4477	3627	3228	2985	
120	4466	3618	3220	2977	
140	4454	3608	3212	2969	

Ili prikazano dijagramom 3.

Tablica 4.

KDV 35 kV OSIJEK 1 – ISTOK + KDV 35 kV ISTOK – ŠEĆERANA							
$R_{uz}(\%)$	$I_{K1}(R-O)$ (A)						
	OŠ1	OŠ2	OŠ3 (P3)	OŠ4	OŠ5	OŠ6	OPASKA
60	4300	3391	3061	2923	2752	2530	
80	4291	3383	3055	2916	2746	2524	
100	4281	3376	3048	2909	2739	2518	
120	4270	3368	3041	2903	2733	2511	
140	4259	3360	3034	2896	2726	2505	

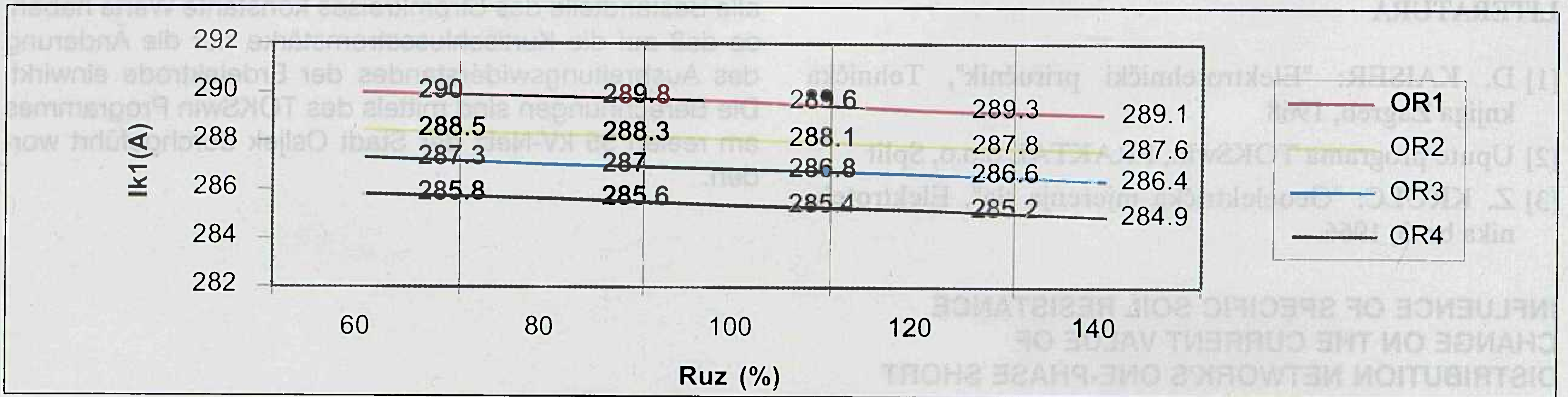
Ili prikazano dijagramom 4.

### 3. ZAKLJUČAK

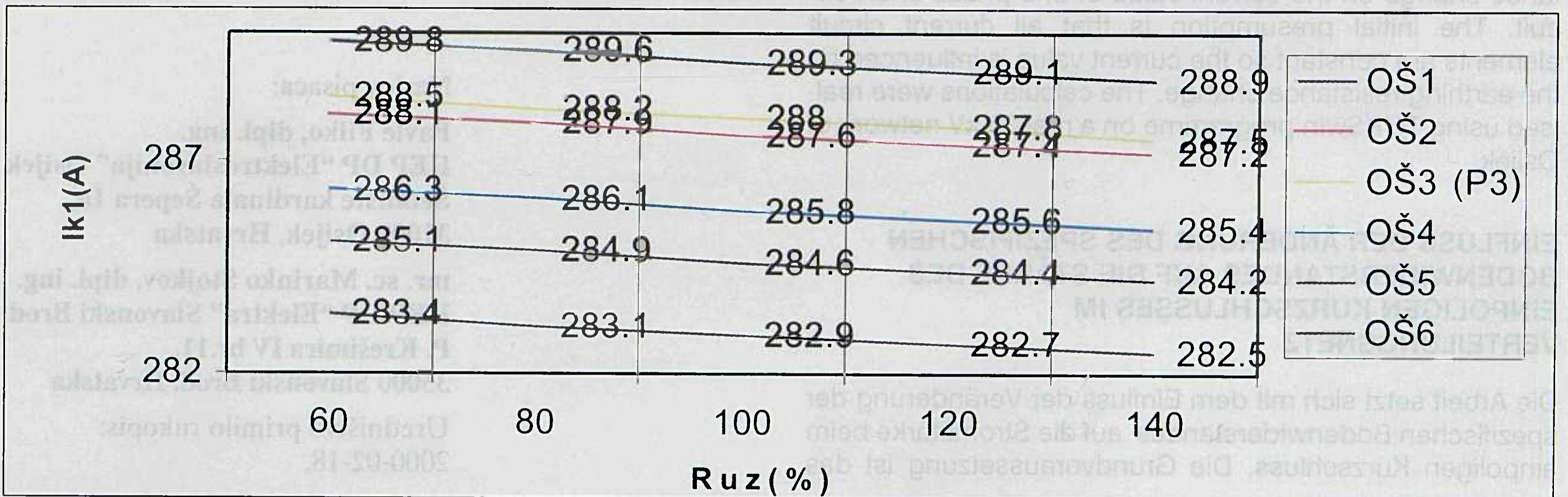
Iz tablica 1 i 2 slijedi da je razlika u struji jednopolnog kratkog spoja na mjestu kvara 0.2 A za svakih 20% promjene specifičnog otpora tla. To je utjecaj od 0.07%. Dalje je zamjetno da je taj utjecaj gotovo isti po cijeloj dužini voda (vodova) u kvaru. Razlika od najsušnijeg perioda u godini (140%  $R_{uz}$ ) do najvlažnijeg (60%  $R_{uz}$ ) je 0.9A što je 0.32% u promjeni struje jednopolnog kratkog spoja.

Tablice 3 i 4 pokazuju struje jednopolnog kratkog spoja uz premošteni otpornik od 70  $\Omega$  u zvjezdištu napojne transformatorske stanice. Dakle zvjezdište 35 kV mreže je time neposredno spojeno na uzemljivač stanice. Uz 15 puta veće struje jednopolnog kratkog spoja (kao posljedice manjeg otpora u strujnom krugu kvara) zamjetno je veći utjecaj specifičnog otpora tla. Svakih 20% nosi oko 0.24% promjene struje. Ukupna razlika sušna sezona (140%) – kišna sezona (60%) nosi razliku u struji oko 1%.

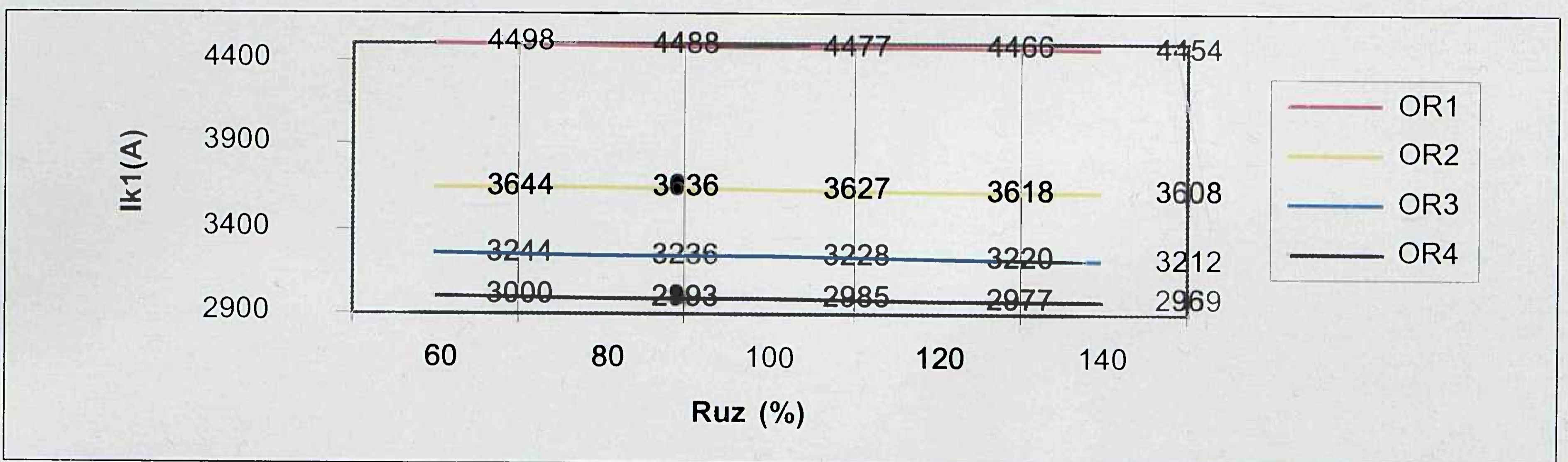
Dakle možemo smatrati da su u konkretnom slučaju promjene specifičnog otpora tla uvjetovane kišnom ili sušnom sezonom u godini, zanemarivo malog utjecaja na struje jednopolnog kratkog spoja.



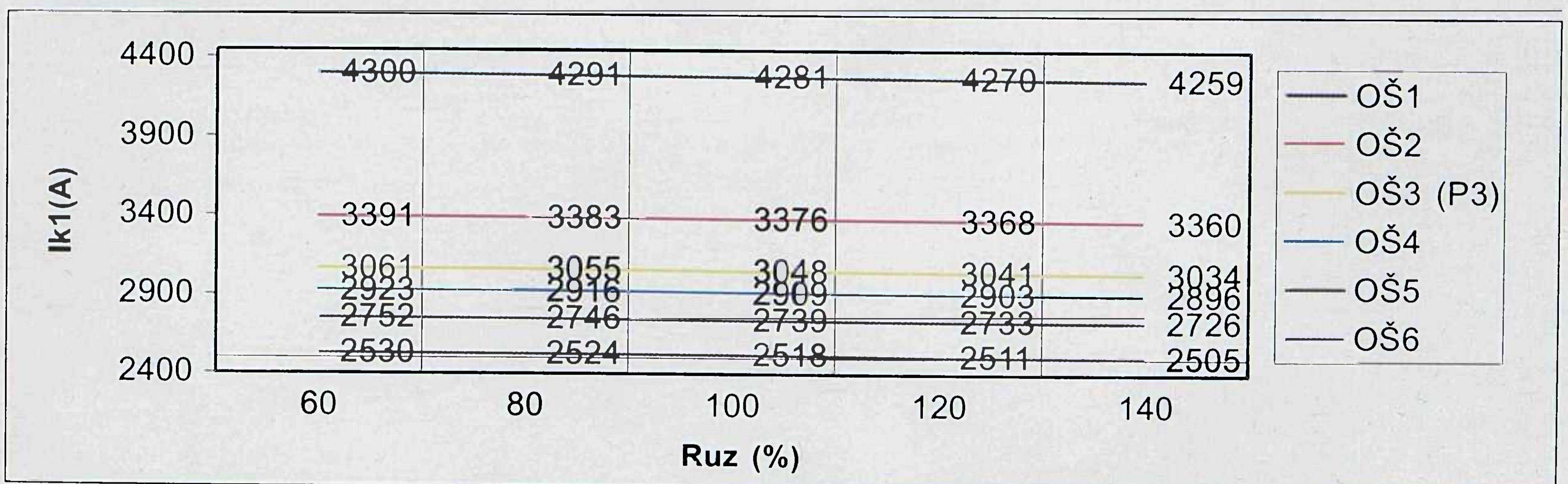
Dijagram 1.



Dijagram 2.



Dijagram 3.



Dijagram 4.

**LITERATURA**

- [1] D. KAISER: "Elektrotehnički priručnik", Tehnička knjiga Zagreb, 1968
- [2] Upute programa TOKSwin, FRAKTAL d.o.o, Split
- [3] Z. KRULC: "Goelektrička mjerenja tla", Elektrotehnika br. 3, 1966.

alle Bestandteile des Stromkreises konstante Werte haben, so daß auf die Kurzschlussstromstärke nur die Änderung des Ausbreitungswiderstandes der Erdelektrode einwirkt. Die Berechnungen sind mittels des TOKSwin Programmes am reelen 35 kV-Netz der Stadt Osijek durchgeführt worden.

**INFLUENCE OF SPECIFIC SOIL RESISTANCE CHANGE ON THE CURRENT VALUE OF DISTRIBUTION NETWORK'S ONE-PHASE SHORT CIRCUIT**

This work analyses the influence of the specific soil resistance change on the current value of one-phase short circuit. The initial presumption is that all current circuit elements are constant so the current value is influenced by the earthing resistance change. The calculations were realised using TOKSwin programme on a real 35 kV network of Osijek.

**EINFLUSS DER ÄNDERUNG DES SPEZIFISCHEN BODENWIDERSTANDES AUF DIE STÄRKE DES EINPOLIGEN KURZSCHLUSSES IM VERTEILUNGSNETZ**

Die Arbeit setzt sich mit dem Einfluss der Veränderung der spezifischen Bodenwiderstandes auf die Stromstärke beim einpoligen Kurzschluss. Die Grundvoraussetzung ist das

Naslov pisaca:

**Pavle Filko, dipl. ing.**  
**HEP DP "Elektroslavonija" Osijek**  
 Šetalište kardinala Šepera 1a,  
 31000 Osijek, Hrvatska

**mr. sc. Marinko Stojkov, dipl. ing.**  
**HEP DP "Elektra" Slavonski Brod**  
 P. Krešimira IV br.11,  
 35000 Slavonski Brod, Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:  
 2000-02-18.

