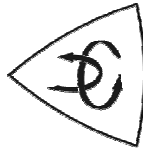




UNIVERZA V MARIBORU



FAKULTETA ZA ELEKTROTEHNIKO,
RAČUNALNIŠTVO IN INFORMATIKO
2000 Maribor, Smetanova ul. 17

Diplomsko delo visokošolskega strokovnega študijskega programa

**MERITVE ELEKTRIČNIH POTENCIALOV NA
OZEMLJITVENIH SISTEMIH V URBANEM OKOLJU**

Študent: Dejan ZUZZI

Študijski program: visokošolski strokovni, Elektrotehnika

Smer: Avtomatika

Mentor: viš. pred. mag. Ladislav MIKOLA

Komentor: mag. Boris ŽITNIK (Elektro Maribor)

Maribor, maj 2006



UNIVERZA V MARIBORU



FAKULTETA ZA ELEKTROTEHNIKO,
RAČUNALNIŠTVO IN INFORMATIKO
2000 Maribor, Smetanova ul. 17

Številka: E.0544

Datum: 14. 04. 2006

SKLEP O DIPLOMSKEM DELU

1. **Dejan Zuzzi**, študent visokošolskega strokovnega študijskega programa Elektrotehnika, smer Avtomatika, izpolnjuje pogoje, zato se mu dovoljuje izdelati diplomsko delo.
2. **Tema diplomskega dela** je s področja Inštituta za avtomatiko pri predmetu **MERITVE**
MENTOR: viš. pred. mag. Ladislav Mikola
KOMENTOR: mag. Boris Žitnik
Elektro Maribor
3. **Naslov diplomskega dela:**
MERITVE ELEKTRIČNIH POTENCIALOV NA OZEMLJITVENIH SISTEMIH V URBANEM OKOLJU
4. **Vsebina diplomskega dela:**
 - 4.1 Problematika ozemljevanja, njegovo izvajanje in preverjanje.
 - 4.2 Izvedba meritev na ozemljitvenem sistemu RTP Melje, Maribor.
 - 4.3 Analiza rezultatov, predlogi za rešitev ugotovljenih problemov.
5. Diplomsko delo je potrebno izdelati skladno z "Navodili za izdelavo diplomskega dela" in ga oddati v treh izvodih do 14. 04. 2007 v referatu za študentske zadeve.

PREDSTOJNIK INŠTITUTA

izred. prof. dr. Boris Tovornik



viš. pred. mag. Ladislav Mikola

DEKAN

red. prof. dr. Igor Tičar

ZAHVALA

Zahvaljujem se podjetju Elektro Maribor d.d., ki mi je omogočilo izvedbo diplomske naloge, mentorju viš. pred. mag. Ladislavu Mikoli, komentorju mag. Borisu Žitniku, Jožetu Leskovarju, dipl. inž. el. in Antonu Jaušovcu, inž. el. za pomoč, vodenje in strokovne nasvete pri opravljanju diplomske naloge.

Posebna zahvala gre staršem, ki so mi omogočili študij in me pri njem vzpodbujali.

MERITVE ELEKTRIČNIH POTENCIALOV NA OZEMLJITVENIH SISTEMIH V URBANEM OKOLJU

Ključne besede: merjenje, napetost dotika, napetost koraka,
ozemljitveni sistem, transformator

UDK: 621.316(043.2)

Povzetek

Diplomska naloga podrobneje obravnava izvedbo meritev električnih potencialov na ozemljitvenem sistemu RTP 110/10–20 kV. Meritve so se opravljale z merilno kombinacijo napajalne postaje HT 2051 in namenskega voltmetra HT 2052. Napetosti dotika in koraka so bile izmerjene na področju združenega sistema RTP Melje (Maribor). Na podlagi analize rezultatov se je ugotovilo dejansko stanje na tem objektu, predlagale so se spremembe za odpravo pomanjkljivosti, ki so bile ugotovljene.

Primarni cilj diplomske naloge je bil ugotoviti, ali ozemljitveni sistem in izravnava potencialov ustrežata predpisom, standardom in navodilom. Prav tako je bil cilj ugotoviti primernost opravljanja meritev in spoznavanja merilne kombinacije.

MEASUREMENT THE ELECTRIC POTENTIALS ON EARTHING SYSTEMS IN TOWN PLANNING

Key words: measurement, contact voltage, step voltage, earthing system, transformer

UDK: 621.316(043.2)

Abstract

Diploma work deals with realization of measurements the electric potentials on earthing system RTP 110/10–20 kV. Measurements were done with measuring combination of feeder station HT 2051 and destined voltmeter HT 2052. Contact voltage and step voltage were measured in the area of the united system RTP Melje (Maribor). On the basis of analysis of the results the real situation was established on that object, the changes for abolishing the problems were suggested when they were established.

The primary goal of this diploma work was to find out if earthing system and setting the potentials suits to the regulations, the standards and the instructions. Just so was the goal to find out the suitability of doing the measurements and recognizing more about measuring combination.

KAZALO VSEBINE

1	UVOD.....	1
2	SPLOŠNO O OZEMLJITVAH.....	2
2.1	NAPETOSTNI LIJAK	6
2.2	NAPETOST KORAKA.....	9
2.3	NAPETOST DOTIKA	11
3	RTP MELJE	16
4	PROBLEMATIKA.....	18
5	IZVEDBA MERITEV NAPETOSTI DOTIKA IN KORAKA	19
5.1	NAPAJALNA POSTAJA HT 2051	19
5.2	VOLTMETER 2052	21
5.3	MERILNI SONDI	23
5.4	MERITVE	24
5.5	REZULTATI MERITEV	27
5.5.1	OGRAJA – ZAHOD, SMER TMI KOŠAKI	27
5.5.2	SEVERNA OGRAJA, SMER PRIMAT	29
5.5.3	VELIKA VRATA V RTP, VZHOD	31
5.5.4	TRANSFORMATOR 1	32
5.5.5	TRANSFORMATOR 2.....	34
5.5.6	TRANSFORMATOR 3.....	36
5.5.7	PORTAL 110 kV.....	37
5.5.8	STIKALIŠČE 110 kV	39
5.5.9	IZBRANE TOČKE NA ZGRADBI RTP.....	45
5.5.10	STARI TRANSFORMATOR	46
5.5.11	IZBRANE TOČKE IZVEN RTP	48
5.5.12	OD TNOS PROTI IZBRANIM TOČKAM	49
5.5.13	OD ZAČETNE TOČKE 1 PROTI PRIMATU	51
5.5.14	OD ZAČETNE TOČKE 1 V STAVBO PROTI ZLATOROGU	53
5.5.15	OD ZAČETNE TOČKE 1 PROTI TMI KOŠAKI.....	54
5.5.16	OD ZAČETNE TOČKE 2 PROTI DRAVI.....	55
5.5.17	OB REKI DRAVI V SMERI PROTI DVOETAŽNEMU MOSTU	57
5.5.18	OB REKI DRAVI V SMERI PROTI ŽELEZNICI	60

5.5.19	OB REKI DRAVI OD MOSTA V SMERI LIVARNE	62
5.6	UPOŠTEVANJE POGREŠKA PRI IZMERJENIH VREDNOSTIH.....	64
	SKLEP	65
	LITERATURA	68
	PRILOGE	69

KAZALO SLIK

Slika 1: Napetostni lijak ozemljila.....	6
Slika 2: Porazdelitev potenciala okrog ozemljila	7
Slika 3: Potencialni lijak dveh ozemljil.....	8
Slika 4: Napetost koraka v napetostnem lijaku	9
Slika 5: Dopustna napetost koraka iz pravilnika TP 3/74	10
Slika 6: Napetost dotika v napetostnem lijaku	11
Slika 7: Dopustna napetost dotika iz pravilnika TP 3/74	13
Slika 8: Krivulje odvisnosti dopustnih napetosti dotika od odklopilnega časa defekta	14
Slika 9: Območja učinkov izmeničnega toka 15 do 100 Hz na človeško telo v odvisnosti od razmerja čas/višina toka, vzet iz standarda JUS N. B2. 741	15
Slika 10: RTP Melje	16
Slika 11: Napajalna postaja HT 2051	19
Slika 12: Voltmeter HT 2052	21
Slika 13: Merilni sondi	23
Slika 14: Glavno ozemljilo J 45 TR LR	24
Slika 15: RTP Melje, izvod TP 84.....	25
Slika 16: TP 84 Jurančičeva ulica.....	25
Slika 17: TP 374 – uporabljen kot pomožno ozemljilo	26

KAZALO GRAFOV

Graf 1: Ograja severno od stavbe RTP	28
Graf 2: Severna ograja, smer Primat	30
Graf 3: Transformator 1	33
Graf 4: Transformator 2	35
Graf 5: Portal 110 kV	38
Graf 6: Daljnovidni ločilniki	40
Graf 7: Kabelski ločilnik rezerva	41
Graf 8: Ozemljitveni ločilnik TR 1	42
Graf 9: Ozemljitveni ločilnik TR 2, merjeno s pločevinastega pokrova	43
Graf 10: Ozemljitveni ločilnik TR 2, merjeno z betona	44
Graf 11: Stari transformator	47
Graf 12: Severno od stavbe RTP	52
Graf 13: Južno od stavbe RTP	56
Graf 14: Ob reki Dravi proti dvoetažnemu mostu – 1. del	58
Graf 15: Vzporedno ob Dravi proti dvoetažnemu mostu – 2. del	59
Graf 16: Ob reki Dravi proti železnici	61
Graf 17: Ob reki Dravi od dvoetažnega mosta v smeri Livarne	63

1 UVOD

Kot vemo, so ozemljitve zveste spremljevalke vseh električnih naprav. Predpisi zahtevajo, da morajo biti okrovja vseh električnih naprav ozemljena, tako da v primeru napake v izolaciji življenje strežnega osebja ni ogroženo. Razumljivo pa je, da tak zaščitni ukrep ustreza svojemu namenu le tedaj, kadar je ozemljitev pravilno izvedena in je ozemljitvena upornost dovolj majhna. Osnovna zahteva združenih ozemljitvenih sistemov pa je, da napetosti dotika in napetosti koraka ne smejo presegati določene mejne vrednosti.

V diplomski nalogi se posvečamo meritvam električnih potencialov na ozemljitvenem sistemu RTP¹ 110/10–20 kV. Napetosti dotika in koraka bomo izmerili na celotnem področju združenega ozemljitvenega sistema RTP Melje (Maribor).

Na osnovi analize merilnih podatkov bomo ugotovili dejansko stanje na tem objektu ter predlagali ukrepe za odpravo pomanjkljivosti, v kolikor bi bile le-te ugotovljene.

¹ RTP – razdelilna transformatorska postaja

2 SPLOŠNO O OZEMLJITVAH

Ozemljevanje naprav je eden temeljnih elementov v sistemih zaščite pri posrednem dotiku, ne glede na uporabljeno vrsto ozemljevanja sistema. Ozemljitev je prevodna zveza med prevodnimi deli, ki jih moramo ozemljiti, in zemljo. Prevodni deli, ki jih ozemljujemo, se delijo na izpostavljene prevodne dele (npr. prevodna ohišja električne opreme) in na tuje prevodne dele (prevodni deli neelektričnih naprav, npr. vodovodna inštalacija).

Stik z zemljo dosežemo z ozemljilom. Povezave z njim pa izvajamo z ozemljitvenimi vodi. Zemlja je prevodna masa, pri kateri je električni potencial v kateri koli točki enak nič.

Osnovne naloge ozemljitev v električnih napravah so predvsem:

- zagotovitev varnosti ljudi, ki pridejo s temi napravami v dotik;
- zaščita materiala;
- izboljšanje kvalitete obratovanja.

Glede na način, kako so ozemljitve vključene v električne naprave, ločimo:

- zaščitne ozemljitve metalnih delov električnih naprav, ki ne pripadajo napetostnemu tokokrogu, v primeru napake pa lahko pridejo pod napetost. Ta ozemljitev se izvaja zaradi zaščite ljudi pred nevarno napetostjo koraka ali napetostjo dotika;
- obratovalne ozemljitve, ki so ozemljitve delov pod napetostjo, pripadajo pa napetostnemu tokokrogu, kot je na primer nevtralna točka ali zvezdišče transformatorja, kondenzatorskih baterij ...;

- strelovodne ozemljitve, ki so del zunanjega sistema zaščite pred udarom strele in so namenjene za vodenje in porazdelitev toka strele v zemljo.

Vse vrste ozemljitev morajo ob napakah, obratovalne pa pogosto tudi ob nesimetrijah v omrežju, odvajati v zemljo električne toke, katerih moč je odvisna od napetosti in impedance tokokroga, ki je sklenjen skozi zemljo. Zato je treba ozemljitve dimenzionirati vedno tako, da padci napetosti, ki nastanejo na njih zaradi ozemljitvenega toka, ne presežejo vrednosti, dopuščenih v predpisih.

Danes največkrat združujemo obratovalne, zaščitne in strelovodne ozemljitve v tako imenovani združeni sistem ozemljitev.

Ozemljitvena naprava je sestavljena iz:

- ozemljila, katerega namen je, da omogoča zvezo z zemljo in odvaja tok zemeljskega stika;
- ozemljitvenih vodov, ki vodijo od delov naprave, ki jo je treba ozemljiti, do ozemljila.

Ozemljila imenujemo v zemljo vkopane neizolirane dele ozemljitvene naprave. Njihova naloga je odvajanje toka iz ozemljitvene naprave v obdajajočo zemljo. Po izvedbi jih delimo na globinska in površinska ozemljila, po obliki pa na palična, ploščna, mrežasta, tračna in temeljska ozemljila, betonske armature ter kovinske vodovodne cevi. Ozemljila so iz bakra ali iz vroče pocinkanega železnega traku.

Ozemljitvene naprave so varnostne naprave, zato morajo biti popolnoma zanesljive pri opravljanju svoje naloge in odporne proti vsem škodljivim vplivom, ki bi lahko ogrožali njih same ali njihovo delovanje. Ozemljila morajo biti mehansko in kemično odporna ali pa ustrezno zaščitena oziroma zavarovana. Vsi spoji morajo biti brežhibni in zavarovani pred morebitno prekinitvijo. Poleg tega sta potrebna tudi reden nadzor in vzdrževanje ozemljitvenih naprav. Zaradi korozije ozemljil lahko računamo, da je maksimalna življenjska doba le-teh do 25 let. V posebno neugodnih razmerah, kjer so tla kislila ali slana,

se lahko zgodi, da ozemljilo razpade že v nekaj letih. Za preizkus brežhibnosti ozemljila bi morali vsako leto izmeriti ponikalno upornost ozemljil, na vsakih nekaj let pa s poskusnimi izkopi pregledati stanje ozemljila.

Da bi lahko pravilno in točno dimenzionirali ozemljilo, moramo poznati specifično upornost zemlje, v katero bomo položili ozemljilo. Specifična upornost zemlje je električna upornost 1 m^3 zemlje, izmerjena med dvema nasprotnima stranema kocke, katere rob je 1 m, enota je ommeter. Vrednosti se spreminjajo glede na trenutno vlažnost zemlje, letni čas, globino vkopavanja ozemljila, zato so odstopanja lahko precejšnja. Tako se specifična upornost v vlažnih tleh bistveno zmanjša, v primeru zamrznjenih tal pa postane zemlja izolant in tako izgubi sposobnost delovanja. Zato ozemljila vkopavamo glede na krajevne razmere od 0,5 do 1 m globoko.

Vrsta zemlje	Specifična upornost ρ
močvirje	30
ilovica, orna zemlja, vlažna mivka	100
vlažen pesek	200
suha mivka	500
suh pesek, prodovec	1000
kamnita tla	3000

Tabela 1: Specifična upornost tal (v Ωm)

Električni tok izstopa ob nastanku zemeljskega stika v zemljo skozi površino ozemljila in se v zemlji širi na vse strani. Ker mora pri tem premagovati omsko upornost tal, nastanejo v zemlji padci napetosti. Zato dobi ozemljilo proti ostali zemlji nek višji potencial. Potencialno razliko med potencialom ozemljila in potencialom okoliške zemlje imenujemo napetost ozemljila, ki jo lahko računamo po naslednjem obrazcu:

$$U_z = R_z I_z \quad (2.1)$$

kjer pomeni:

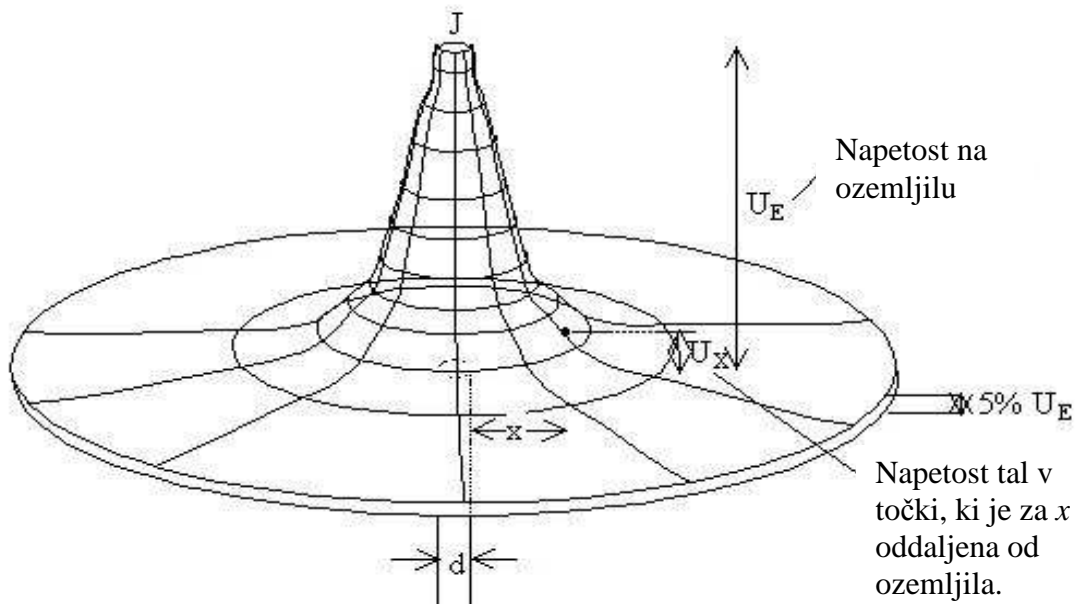
U_z – napetost ozemljila proti okoliški zemlji (tla izven dosega napetostnega lijaka)

R_z – ponikalna upornost, ki tvori bistveni del ozemljitvene upornosti, kjer sta še upornost dovodov do ozemljila in omska upornost samega ozemljila

I_z – zemeljski tok

2.1 NAPETOSTNI LIJAK

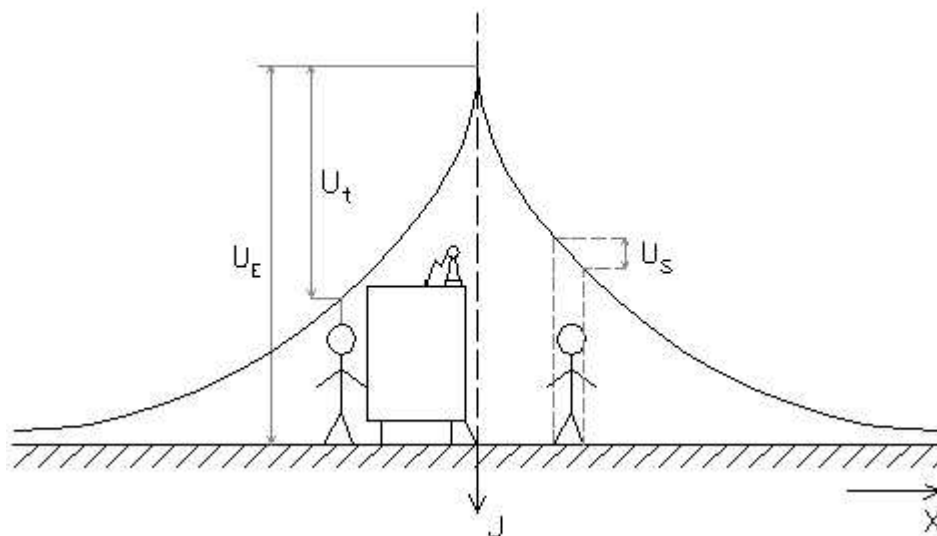
Med zemljo v neposredni bližini ozemljila in oddaljenim področjem zemeljske površine, do koder vpliv ozemljila več ne sega, se pojavi napetost. Povzroči jo tok, ki teče iz ozemljila v zemljo in skozi njo in mora pri tem premagovati njeno omsko upornost. To napetost imenujemo napetost tal in je najvišja neposredno ob ozemljilu, kjer je praktično enaka napetosti ozemljila, z naraščajočo oddaljenostjo pa pada. Prostorski potek spreminjanja napetosti tal v okolici ozemljila imenujemo *napetostni lijak*, ker ima tako obliko ploskev, ki jo dobimo, če nanesemo v prostorski diagram nad vsako točko okrog ozemljila ustrezno vrednost napetosti tal. Ta lijak se teoretično razteza v neskončnost, praktično pa menimo, da se neha tam, kjer pade napetost tal na nepomembno vrednost napetosti ozemljila. Za meritve upoštevamo, da je ta meja pri 5 % napetosti ozemljila.



Slika 1: Napetostni lijak ozemljila

J – ozemljilo

d – premer ozemljila



Slika 2: Porazdelitev potenciala okrog ozemljila

U_s – napetost koraka

U_E – napetost ozemljila

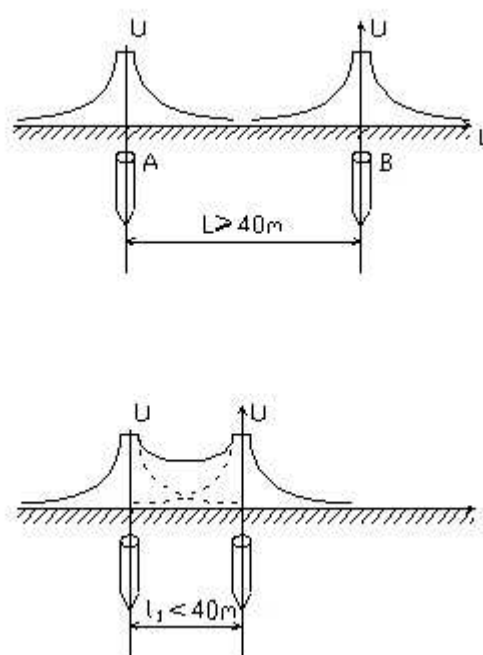
U_t – napetost dotika

J – ozemljilo

Napetost do referenčne točke ozemljila se zmanjšuje z razdaljo od ozemljila. Kjer je v sliki 1 označeno 5 % te napetosti, štejeemo, kot da se je potencialni lijak opazovanega ozemljila izravnal z referenčno zemljo.

Referenčna zemlja je torej, če obrnemo opazovanje, tista oddaljena točka na zemlji, ko potencialna razlika med to zemljo in merilno točko praktično usahne. Pri različnih vrstah ozemljil je medsebojni položaj določen z načinom nameščanja teh ozemljil. Njihovo obliko in število ob dani kvaliteti zemljišča določa predvsem zahtevana ozemljitvena upornost običajno skupaj povezanih več ozemljil. Vsekakor pa je pri različnih vrstah ozemljil treba računati z medsebojno vplivnostjo enega na drugega. Ozemljila ne smejo biti položena v potencialnem lijaku sosednjega ozemljila. To pomeni, da bi razdalja med enim in drugim ozemljilom morala biti 40 m, saj štejeemo, da je razdalja 20 m od ozemljila dovolj, da potencialno lijak usahne.

Na sliki 3 je prikazan potencialni lijak dveh ozemljil, ki sta medsebojno oddaljeni več kot 40 m. Tukaj vidimo, da potencialna lijaka ob prevajanju električnega toka v obeh ozemljilih pravočasno usahmeta in ne vplivata drug na drugega. Nasprotno pa je v primeru, ki ga kaže drugi del slike, kjer je razdalja med obema ozemljiloma manjša od 40 m.

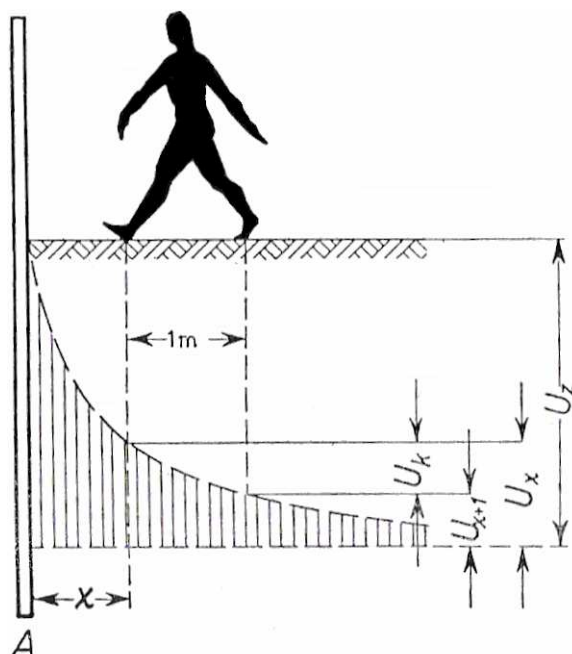


Slika 3: Potencialni lijak dveh ozemljil

2.2 NAPETOST KORAKA

Posledica napetostnega lijaka je napetost koraka U_k , ki je enaka razliki napetosti tal v dveh točkah, ki sta v radialni smeri od ozemljila 1 m narazen:

$$U_k = U_x - U_{x+1} \quad (2.2)$$



Slika 4: Napetost koraka v napetostnem lijaku

A – ozemljilo

U_z – napetost ozemljila

U_k – napetost koraka

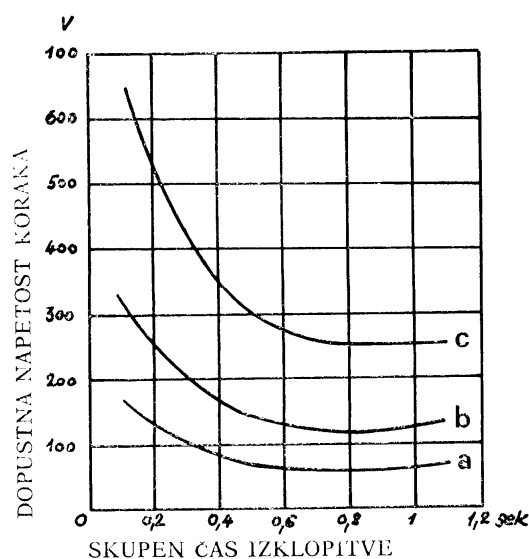
U_x – napetost tal v točki, ki je za x oddaljena od ozemljila

U_{x+1} – napetost tal v točki, ki je za $(x + 1)$ oddaljena od ozemljila

Napetost koraka je neka vrednost, ki velja le za neobremenjeno stanje. Človek ima namreč s svojim telesom določeno upornost, ki zmanjša prvotno napetost koraka. Ta razlika med neobremenjenim in obremenjenim stanjem je tem večja, čim večja je upornost tal v primerjavi z upornostjo človeškega telesa in čim večja je dotikalna površina telesa z zemljo.

Doba odkloplitve zemeljskega stika (v s)	0,8	0,6	0,4	0,2	0,1
na zelo prometnih vozniških poteh izven naprav	55	62	100	137	160
na drugih mestih izven naprav, a znotraj ograje	125	139	177	268	337
znotraj ograje ob uporabi izolirane obutve	245	300	373	546	660

Tabela 2: Dopustne vrednosti napetosti koraka



Slika 5: Dopustna napetost koraka iz pravilnika TP 3/74

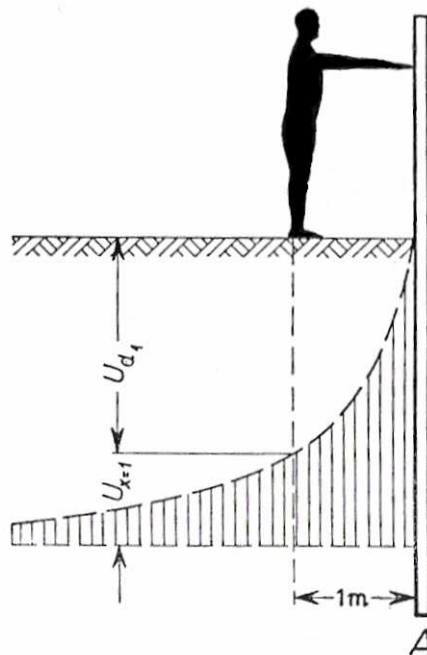
- a – zunaj postroja na cestah z javnim prometom
- b – na drugih mestih zunaj postroja in v mejah ograje postroja
- c – v krogu zunanjih postrojev, z uporabo zaščitne izolirane obutve z dielektrično trdnostjo najmanj 3 kV

Najvišja napetost koraka je neposredno ob ozemljilu in jo lahko izračunamo, če poznamo premer in napetost ozemljila. Napetost koraka je pri globini vkopa ozemljila tik pod površino enaka, kot če ozemljilo sploh ne bi bilo vkopano, z naraščajočo globino vkopa pa hitro pada.

2.3 NAPETOST DOTIKA

Razen napetosti koraka povzročata napetost ozemljila in napetostni lijak tudi napetost dotika. Napetost dotika U_d je razlika med napetostjo ozemljila U_z in napetostjo tal točke, ki je 1 m oddaljena od zemeljskega kovinskega predmeta:

$$U_d = U_z - U_{x=1} \quad (2.3)$$



Slika 6: Napetost dotika v napetostnem lijaku

A – ozemljilo

U_{dl} – napetost dotika v točki, ki je 1 m oddaljena od ozemljenega kovinskega predmeta

$U_{x=1}$ – napetost tal v točki, ki je za 1 m oddaljena od ozemljenega kovinskega predmeta

Napetost dotika je človeškemu organizmu nevarnejša od napetosti koraka, saj se v primeru dotika ozemljenega kovinskega predmeta z rokami del toka sklone skozi zgornji del telesa in tako tudi skozi srce. Veliko pa je odvisno tudi od časa trajanja dotika oziroma pretoka toka skozi človeško telo. Daljši kot je čas trajanja dotika, manjša je dopustna vrednost toka, ki lahko teče skozi telo, kar je razvidno iz naslednje tabele.

Čas dotika (v s)	3,0	2,0	1,0	0,6	0,3	0,2
Nevarni tok (v mA)	100	130	180	220	250	400

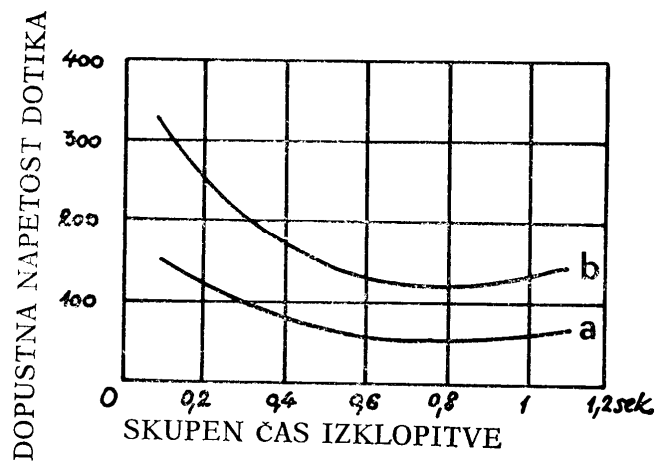
Tabela 3: Dopustna vrednost toka, ki lahko steče skozi telo

V nekaterih predpisih se zaradi enostavnosti namesto toka navaja napetost.

Doba odklopite zemeljskega stika (v s)	0,8	0,6	0,4	0,2	0,1
izven ograje naprave	50	58	78	133	159
znotraj ograje	125	137	178	265	337

Tabela 4: Dopustna vrednost napetosti dotika

Iz tabele 4 je razvidno, da dopušča predpis večje napetosti v ograjenih prostorih (ki so dostopni samo strokovnemu osebju, ki pozna nevarnost električnega toka) kot pa na vsakomur dostopnih mestih izven njih.

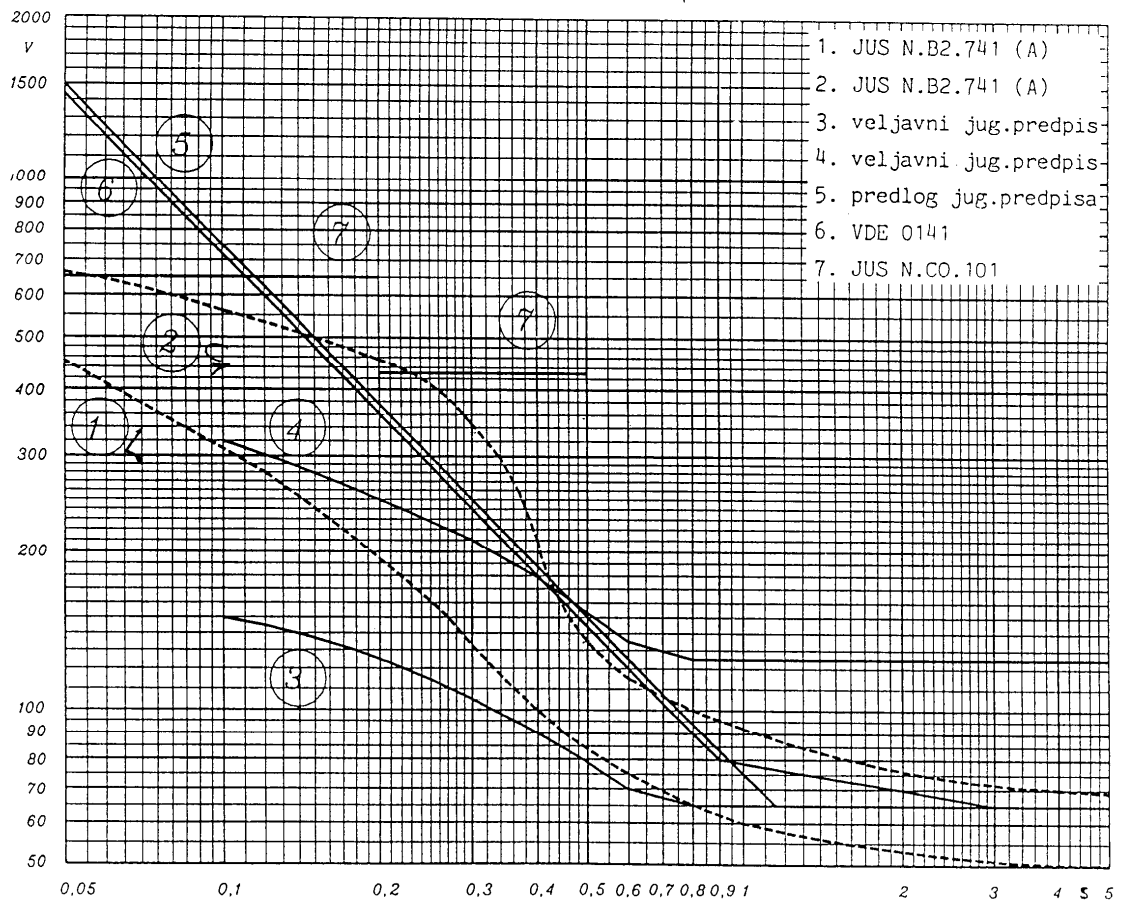


Slika 7: Dopustna napetost dotika iz pravilnika TP 3/74

a – zunaj postroja

b – v postroju

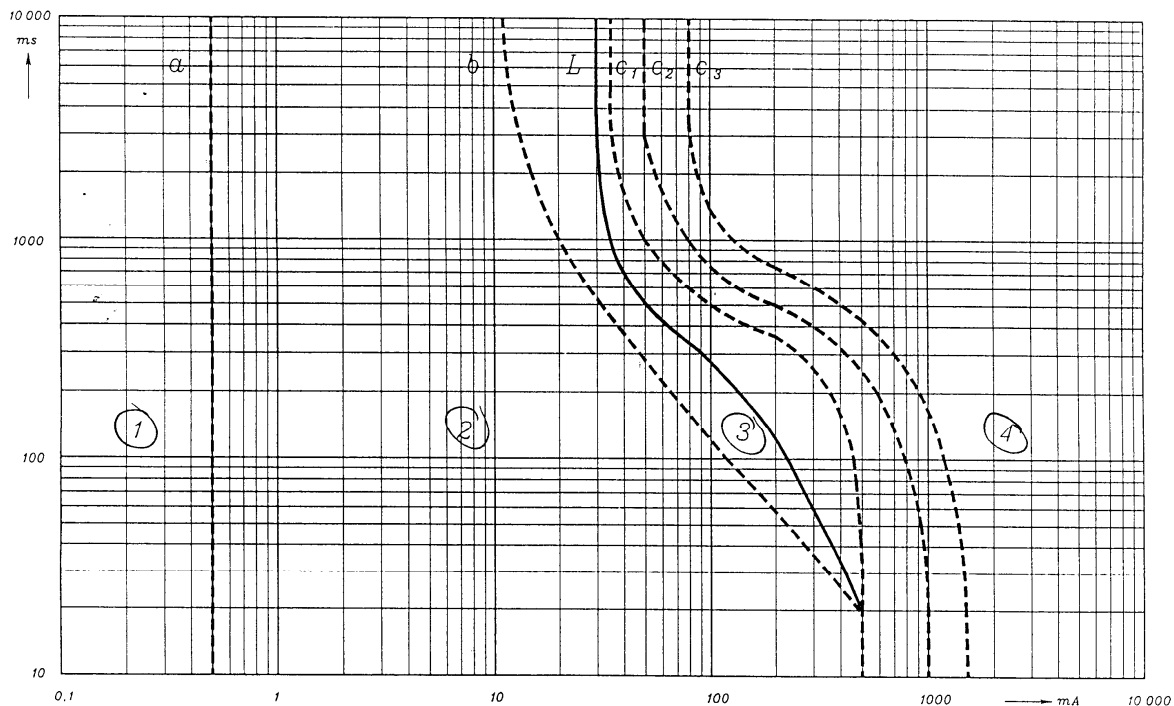
Pri zaščiti človeka v trenutku preboja na električnih napravah je odločilna napetost dotika, ki se utegne pojaviti ob okvari na kovinskih delih električnih naprav, ki v normalnih pogojih obratovanja niso pod napetostjo. Najvišja vrednost napetosti dotika in napetosti koraka po standardu **Zaščita pred električnim udarom**, JUS N.B2.741, je **50 V**.



Slika 8: Krivulje odvisnosti dopustnih napetosti dotika od odklopilnega časa defekta

Krivulje:

- 1 – preračunana prenesena krivulja L iz standarda
- 2 – preračunana prenesena krivulja C1 iz standarda
- 3 – krivulja dopustnih napetosti dotika zunaj EE postroja (po doslej veljavnih predpisih)
- 4 – krivulja dopustnih napetosti dotika v EE postrojih (po sedaj veljavnih predpisih)
- 5 – krivulja dopustnih napetosti dotika po predlogu novega pravilnika
- 6 – krivulja dopustnih napetosti dotika po VDE 014/7.89
- 7 – krivulja dopustnih okvarnih napetosti po JUS N.CO.101



Slika 9: Območja učinkov izmeničnega toka 15 do 100 Hz na človeško telo v odvisnosti od razmerja čas/višina toka, vzet iz standarda JUS N. B2. 741

Območje	Fiziološki učinki
1 (do krivulje a)	Navadno brez kakršnih koli reakcij.
2 (med krivuljama a in b)	Navadno brez škodljivih fizioloških učinkov.
3 (med krivuljama b in c ₁)	Navadno brez organskih poškodb. Možna so krčenja mišic, težave z dihanjem in motnja srčnega ritma, vključno s trepetanjem preddvora in začasnimi zastoji delovanja srca brez trepetanja prekata, ki se povečuje z močjo in trajanjem toka.
4 (za krivuljo c ₁)	Enako kot v območju 3; verjetnost pojava trepetanja prekata okrog 5 % na krivulji c ₂ , okrog 50 % na krivulji c ₃ in večja nad krivuljo c ₃ . S povečanjem in trajanjem toka se lahko pojavijo patofiziološki učinki, kot so srčni zastoj, prenehanje dihanja in hude opekline.

Tabela 5: Vpliv fizioloških učinkov na človeško telo

3 RTP MELJE



Slika 10: RTP Melje

Ena najstarejših RTP na preskrbovalnem območju Elektro Maribora je RTP 110/10 kV Melje. Zgrajena je bila leta 1949.

RTP Melje je najbolj obremenjena postaja v Elektro Maribor, ki je ni mogoče v celoti nadomestiti s prenapajanjem iz sosednjih RTP. Postaja napaja nekaj velikih industrijskih odjemalcev v bližini (MTT Melje, Mariborska livarna), splošni odjem mestnega jedra na

levem bregu ter odjem Pobrežja na desnem bregu Drave, kar predstavlja ca. 40 % odjema na območju mesta Maribor.

Predvsem dotrajanost tehnološke opreme in večanje odjema sta narekovala začetek aktivnosti za rekonstrukcijo in dograditev RTP Melje, s čimer se bo povečala zanesljivost oskrbe z električno energijo in se bo pokrila predvideni porast odjema (ca. 2 % letno).

V okviru rekonstrukcije je bilo dograjeno oziroma rekonstruirano:

- postroj 110 kV v GIS izvedbi (povečanje zanesljivosti obratovanja),
- novo KBV polje 110 kV (vzankanje RTP Maribor–RTP Melje–RTP Koroška vrata–RTP Pekre; povečanje zanesljivosti napajanja),
- zamenjava energ. tr. 31,5 MVA s transformatorji 40 MVA (povečanje moči transformacije),
- izvedba stikališča 10, (20) kV (povečanje števila SN izvodov, oprema 10 (20) kV),
- zamenjava obstoječe in dograditev nove opreme zaščite in vodenja (daljinsko voden objekt ...).

Objekt RTP Melje je na levem bregu Drave edini napajalni vir, ki ga v primeru izpada transformacije ni mogoče v celoti nadomestiti s prenapajanjem iz sosednjih RTP. Rekonstrukcija RTP je posledično potekala na način, s katerim se je lahko zagotavljala največja možna mera zanesljivosti napajanja v danih okoliščinah.

4 PROBLEMATIKA

Veliko oviro pri izvajanju meritev nam je predstavljala postavitve pomožnega ozemljila, ki smo ga potrebovali za sklenitev tokovnega kroga vsiljenega toka. Pomožno ozemljilo smo morali postaviti na taki razdalji od merjenega ozemljila, da se zaporni ploskvi obeh ozemljil ne pokrivata oziroma da je med njunima napetostnima lijakoma odsek konstantnega potenciala. Se pravi, da mora biti pomožno ozemljilo neodvisno od ozemljila naprave, kar pa nam je predstavljalo veliko težavo, saj je vpliv napetostnega lijaka RTP Melje zelo velik predvsem zaradi medsebojne povezanosti ozemljitev sosednjih objektov.

Naslednja ovira, na katero smo naleteli, pa je bila, da ni bilo mogoče uporabiti katere koli primerno oddaljene transformatorske postaje za pomožno ozemljilo. Transformatorska postaja mora biti namreč v tem času izklopljena iz omrežja. To pa bi pomenilo izpad električne energije na določenem območju. Ker pa smo potrebovali za tako obsežne meritve vsaj dva do tri dni, to seveda ni bilo izvedljivo. Dodatna ovira pa je bila medsebojna povezava transformatorskih postaj, kar je razvidno iz enopolne sheme v prilogi. Rešitev, ki bi bila za nas idealna, bi bila, da najdemo transformatorsko postajo izven potencialnega lijaka, ki ima svojo samostojno povezavo iz razdelilne transformatorske postaje Melje in pri katerem bi bilo možno ob njegovem izklopu to območje prenapajati po drugi veji.

5 IZVEDBA MERITEV NAPETOSTI DOTIKA IN KORAKA

Meritve so se izvajale z merilno kombinacijo:

- napajalna postaja HT 2051 (METREL)
- voltmeter HT 2052 (METREL)
- merilni sondi

5.1 NAPAVALNA POSTAJA HT 2051

HT 2051 je mikroprocesorsko nadzorovana napajalna postaja, namenjena zagotavljanju merilnega toka za merjenje napetosti koraka oziroma napetosti dotika. Uporablja se lahko v kombinaciji z voltmetrom HT 2052 (način AUTO) ali v kombinaciji z drugimi voltmetri (način MANUAL).

Priključi se na omrežno napetost 230 V, merjeni objekt pa lahko kontinuirano napaja s tokom do 35 A (0–100 V izhodne napetosti), do 17,5 A (100–200 V izhodne napetosti) oziroma do 8,75 A (200–400 V izhodne napetosti). Vgrajen ima ventilator za pospešeno odvajanje temperature.



Slika 11: Napajalna postaja HT 2051

Napajanje	230 V/16 A max/50 Hz
Izhodna moč	3,5 kVA max
Izhodna napetost (nastavljiva)	0–400 V ~ (r. m. s) v treh območjih: 0–100 V prvo območje 0–200 V drugo območje 0–400 V tretje območje
Izhodni tok	35 A max na prvem območju 17,5 A max na drugem območju 8,75 A na tretjem območju
Merjenje izhodne napetosti	0–400 V; ločljivost 1 V; točnost \pm (2 % od odčitka + 2 digita)
Merjenje izhodnega toka	0–2,99 A; ločljivost 10 mA; točnost \pm (2 % od odčitka + 0,1 A) 3,00–19,99 A; ločljivost 10 mA; točnost \pm (2 % od odčitka + 2 digita) 20,0 \pm 35,0 A; ločljivost 100 mA; točnost \pm (2 % od odčitka + 2 digita)
Velikost spomina (merjenje toka)	ca. 1750 meritev (ena meritev pomeni tri faze 0, 1, 2), toda ne več kot 24 ur od zadnje sinhronizacije
Prikazalnik	3" digit LCD, velikost znakov 21 mm
Temperaturno območje	0–40 °C
Dimenzije (Š x V x D)	670 x 280 x 400 mm (vključno z ročaji in nogicami)
Teža	57 kg (brez pribora)

Tabela 6: Tehnični podatki za HT 2051

5.2 VOLTMETER 2052

Je namenski instrument za izvajanje meritev napetosti koraka oziroma napetosti dotika, ki ima možnost avtomatskega merjenja v kombinaciji z napajalno postajo HT 2051 ali možnost ročnega merjenja z omenjeno ali katero koli drugo napajalno postajo. Lahko ga uporabljamo tudi kot navadni voltmeter. Vgrajen ima tiskalnik, ki lahko končne rezultate meritev izpiše na papir, le-te pa lahko preko komunikacije RS 232 posreduje tudi na računalnik.



Slika 12: Voltmeter HT 2052

Funkcije	<ul style="list-style-type: none"> ➤ AUTO (merjenje napetosti koraka oz. dotika v kombinaciji z napajalno postajo HT 2051 z uporabo Erbacherjeve metode) ➤ MANUAL 1 (merjenje napetosti koraka oz. dotika v kombinaciji s katero koli napajalno postajo brez uporabe Erbacherjeve metode) ➤ MANUAL 3 (merjenje napetosti koraka oz. dotika v kombinaciji s katero koli napajalno postajo z uporabo Erbacherjeve metode) ➤ EARTH 1 (merjenje ozemljitvene upornosti v kombinaciji s katero koli napajalno postajo brez uporabe Erbacherjeve metode) ➤ EARTH 3 (merjenje ozemljitvene upornosti v kombinaciji s katero koli napajalno postajo z uporabo Erbacherjeve metode) ➤ VOLTAGE (merjenje napetosti do 400 V)
Območja	<ul style="list-style-type: none"> ➤ NAPETOST KORAKA OZ. DOTIKA: 0–400 V ~ efektivne vrednosti v štirih območjih: 0,000–1,999 V 2,00–19,99 V 20,0–199,9 V 200,0–400 V ➤ OZEMLJITVENA UPORNOST: $Re = \frac{Ug}{I}$
Maksimalna vhodna napetost	400 V ~ efektivna
Vhodna impedanca	1 MΩ pri 50 Hz ali 1 kΩ
Točnost	± (1 % od odčitka + 2 digita)
Komunikacija	RS 232, format: 1 start bit, 8 podatkovnih bitov, 1 stop bit; baud rate nastavljen 2400, 4800, 9600 Baud
Prikazalnik	LCD alfanumerični, 2 x 16 znakov, velikost znaka 4,48 x 8,06 mm
Tiskalnik	Matrični, 24 znakov v vrstici, hitrost izpisa 1 vrstica/sekundo
Papir	57,5 mm širina $\phi < 60$ mm, možna je tudi uporaba ene kopije (original + ena kopija)
Velikost spomina	ca. 350 meritev napetosti koraka oz. dotika
Napajanje	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 4 alkalne baterije IEC R 14 ali ➤ zunanji napajalnik HT 4190 (DC stabiliziran 6,5 V/1,5 A) ali ➤ kombinacija baterij in zunanjega napajalnika HT 4190
Trajanje baterij	ca. 170 ur merjenja ali ca. 70 izpisov na tiskalnik po 20 meritev
Temperaturno območje delovanja	0–40 °C
Dimenzije (Š x V x D)	160 x 75 x 235 mm
Teža	1,6 kg (z baterijami)

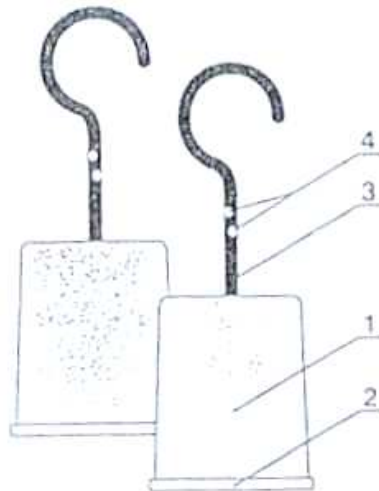
Tabela 7: Tehnični podatki za HT 2052

5.3 MERILNI SONDI

Merilni sondi sta valjaste oblike; vsaka ima površino naleganja ca. 200 cm², težo 25 kg, ročaj za prenašanje in priklop merilnih žic. Naležna plošča je iz električno dobro prevodnega materiala.

Za meritve napetosti koraka sondi posamično priključimo na voltmetr in ju postavimo na tla v razdalji 1 m.

Za meritve napetosti dotika postavimo sondi drugo ob drugo, povežemo ju med seboj in en pol z voltmetrom, drugi pol voltmetra pa priključimo na merjeni objekt, ki mora biti 1 m oddaljen od sond.



Slika 13: Merilni sondi

1 – utež

2 – naležna plošča

3 – ročaj

4 – puša za priključitev voltmetra pri meritvi napetosti koraka oz. za povezavo dveh uteži pri meritvi napetosti dotika

5.4 MERITVE

Napajalno postajo za vsiljevanje toka HT 2051 smo postavili v bližino merjene ozemljitve, jo priključili na omrežje ter priključili glavno in pomožno ozemljilo. Za glavno ozemljilo smo uporabili ozemljitveni vod, ki povezuje kabelsko konzolo (kabela z oznako J 45 TR LR) s centralnim ozemljitvenim sistemom RTP. Kot pomožno ozemljilo smo izbrali TP 374 javna razsvetljava hitra cesta, na katerega je vezana cestna razsvetljava, ki pa podnevi ne obratuje, tako da je bil TP² lahko čez dan izklopljen. Sklepali smo, da je oddaljenost tega TP dovolj velika in je izven potencialnega lijaka razdelilne transformatorske postaje. Upornost ozemljila pa je tako tudi zadostovala pogojem $R < 10 \Omega$, saj morajo imeti po predpisih transformatorske postaje upornost ozemljila manjšo od 10Ω . V kolikor je upornost prevelika, ne moremo vsiljevati dovolj velikega toka, kar pa vpliva na točnost meritev.



Slika 14: Glavno ozemljilo J 45 TR LR

² TP – transformatorska postaja

Iz napajalne postaje HT 2051 smo priključili žico v celico izvod TP 84.



Slika 15: RTP Melje, izvod TP 84

Nato je vsiljeni tok tekel po kablovodu do TP 84 Jurančičeva.



Slika 16: TP 84 Jurančičeva ulica

V TP 84 pa smo priključili žico P/f Cu 2,5 mm², ki pa smo jo razvili po Ulici slovenskih španskih borcev, nadaljevali med stanovanjskimi hišami do Ulice Draga Kobala in po Stražunski ulici, nakar smo zavili na Kosovelovo ulico in nadaljevali vse do TP 374, ki leži v gozdu na lokaciji ob hitri cesti Maribor–Pobrežje.



Slika 17: TP 374 – uporabljen kot pomožno ozemljilo

Za povezavo med TP 84 in TP 374 smo razvili približno 1 km žice.

Naslednji korak je bil nastavitev moči zelenega merilnega toka. Po navodilih proizvajalca naj bi bil tok nastavljen na minimalno 5 A za manjše transformatorske postaje in ne večji od 50 A za večje transformatorske postaje in elektrarne. Vrednost izhodnega toka, ki smo ga vsiljevali z napajalno postajo HT 2051, je znašala **10 A**.

Po nastavitvi izhodnega toka pa smo z voltmetrom HT 2052 opravili zelene meritve napetosti dotika in napetosti koraka ter shranili rezultate.

Ob koncu merjenja pa še upoštevamo faktor **k**, da dobimo realne vrednosti napetosti dotika in napetosti koraka, ki bi se pojavile ob okvari s predpostavko, da so razmere linearne. V praksi predpostavka o linearnosti skoraj vedno velja tudi pri tokih, manjših od tistih, ki jih kot mejne predpisuje standard.

Maksimalen tok, ki se pojavi ob okvari v RTP Melje, pa znaša **16 kA**.

$$k = \frac{\text{maksimalen tok, ki je možen ob okvari}}{\text{merilni tok}} = \frac{16000 \text{ A}}{10 \text{ A}} = 1600 \quad (5.1)$$

5.5 REZULTATI MERITEV

Rezultati meritev: NAPETOST DOTIKA

5.5.1 OGRAJA – ZAHOD, SMER TMI KOŠAKI

Tabela 8: Napetost dotika – ograja severno od stavbe RTP

Meritev	Merilno mesto (m)	Teren	Izmerjena vrednost (mV)	Faktor k	Napetost dotika (V)	Območje
1.	1. steber	A	0	1600	0	RTP
2.	2. steber	A	0	1600	0	RTP
3.	3. steber	A	1	1600	1.6	RTP
4.	4. steber	A	0	1600	0	RTP
5.	5. steber	A	1	1600	1.6	RTP
6.	6. steber	A	0	1600	0	RTP
7.	7. steber	A	0	1600	0	RTP
8.	8. steber	A	0	1600	0	RTP
9.	9. steber	A	0	1600	0	RTP
10.	10. steber	A	0	1600	0	RTP
11.	11. steber	A	0	1600	0	RTP
12.	12. steber	G	0	1600	0	RTP

Tabela 9: Napetost dotika – ograja južno od stavbe RTP

Meritev	Merilno mesto (m)	Teren	Izmerjena vrednost (mV)	Faktor k	Napetost dotika (V)	Območje
1.	1. steber	G	0	1600	0	RTP
2.	2. steber	G	0	1600	0	RTP
3.	3. steber	G	0	1600	0	RTP
4.	4. steber	G	0	1600	0	RTP
5.	5. steber	G	0	1600	0	RTP
6.	6. steber	G	0	1600	0	RTP
7.	7. steber	G	0	1600	0	RTP
8.	8. steber	G	0	1600	0	RTP
9.	9. steber	G	0	1600	0	RTP
10.	10. steber	G	0	1600	0	RTP
11.	11. steber	G	0	1600	0	RTP
12.	12. steber	G	0	1600	0	RTP
13.	13. steber	G	0	1600	0	RTP
14.	14. steber	G	0	1600	0	RTP

Izven RTP so bile vrednosti na vseh stebrih 0 V. Merjeno z betona.

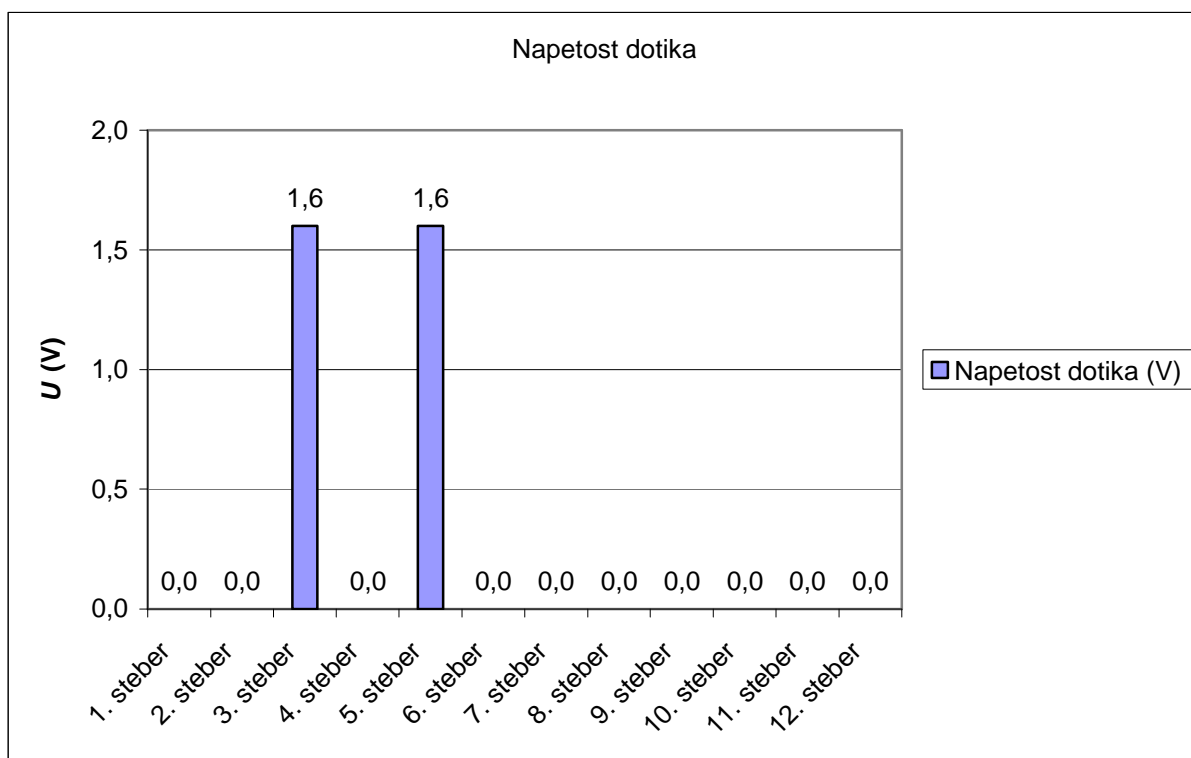
Graf prikazuje rezultate ograje severno od stavbe RTP.

Legenda:

A – asfalt

G – gramoz

Graf 1: Ograja severno od stavbe RTP



Rezultati meritev: NAPETOST DOTIKA

5.5.2 SEVERNA OGRAJA, SMER PRIMAT

Tabela 10: Napetost dotika – severna ograja, smer Primat

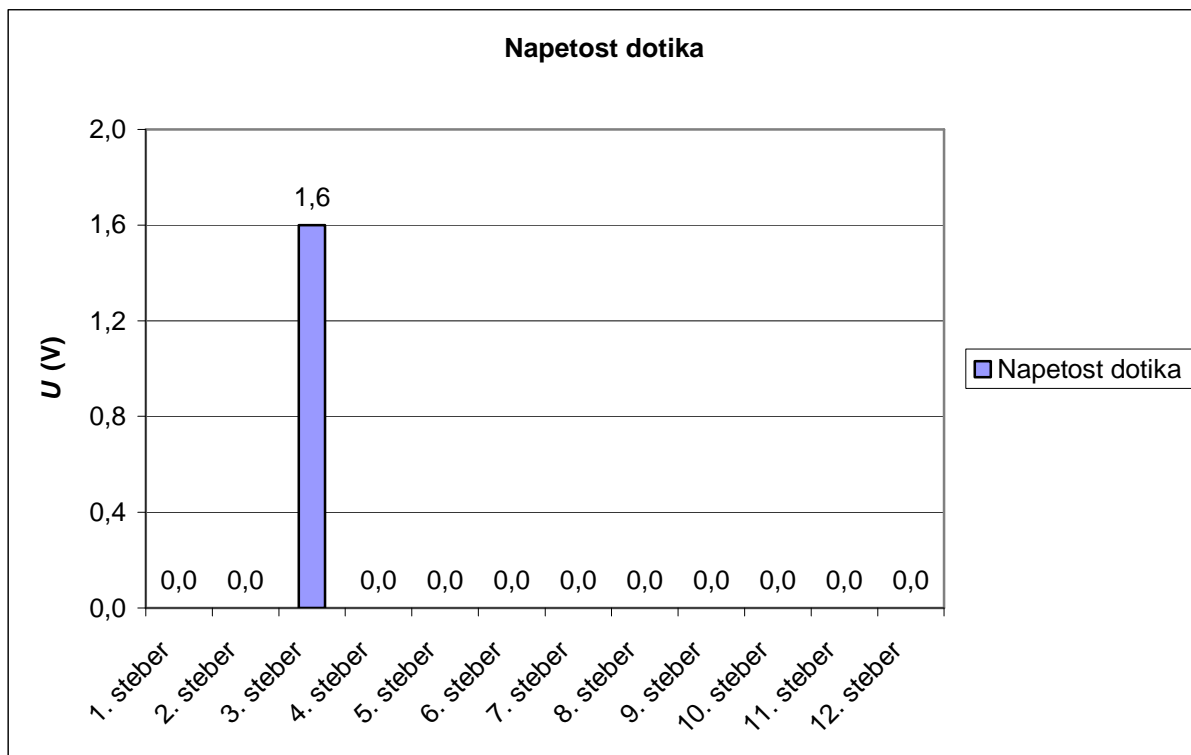
Meritev	Merilno mesto (m)	Teren	Izmerjena vrednost (mV)	Faktor k	Napetost dotika (V)	Območje
1.	1. steber	G	0	1600	0	RTP
2.	2. steber	G	0	1600	0	RTP
3.	3. steber	G	1	1600	1.6	RTP
4.	4. steber	G	0	1600	0	RTP
5.	5. steber	G	0	1600	0	RTP
6.	6. steber	G	0	1600	0	RTP
7.	7. steber	G	0	1600	0	RTP
8.	8. steber	G	0	1600	0	RTP
9.	9. steber	G	0	1600	0	RTP
10.	10. steber	G	0	1600	0	RTP
11.	11. steber	G	0	1600	0	RTP
12.	12. steber	G	0	1600	0	RTP

Izven RTP so bile vrednosti na vseh 12 stebrih 0 V. Merjeno z asfalta.

Legenda:

G – gramoz

Graf 2: Severna ograja, smer Primat



Rezultati meritev: NAPETOST DOTIKA

5.5.3 VELIKA VRATA V RTP, VZHOD

Tabela 11: Napetost dotika – velika vrata v RTP, vzhod

Meritev	Merilno mesto (m)	Teren	Izmerjena vrednost (mV)	Faktor k	Napetost dotika (V)	Območje
1.	1. vrata	A	0	1600	0	RTP
2.	2. vrata	A	0	1600	0	RTP
3.	3. vrata	A	0	1600	0	RTP
4.	4. vrata	A	0	1600	0	RTP
5.	5. vrata	G	0	1600	0	RTP
6.	6. vrata	G	0	1600	0	RTP
7.	1. vrata	A	0	1600	0	izven
8.	2. vrata	A	0	1600	0	izven
9.	3. vrata	A	0	1600	0	izven
10.	4. vrata	A	0	1600	0	izven
11.	5. vrata	A	0	1600	0	izven
12.	6. vrata	A	0	1600	0	izven

Legenda:

A – asfalt

G – gramoz

Rezultati meritev: NAPETOST DOTIKA

5.5.4 TRANSFORMATOR 1

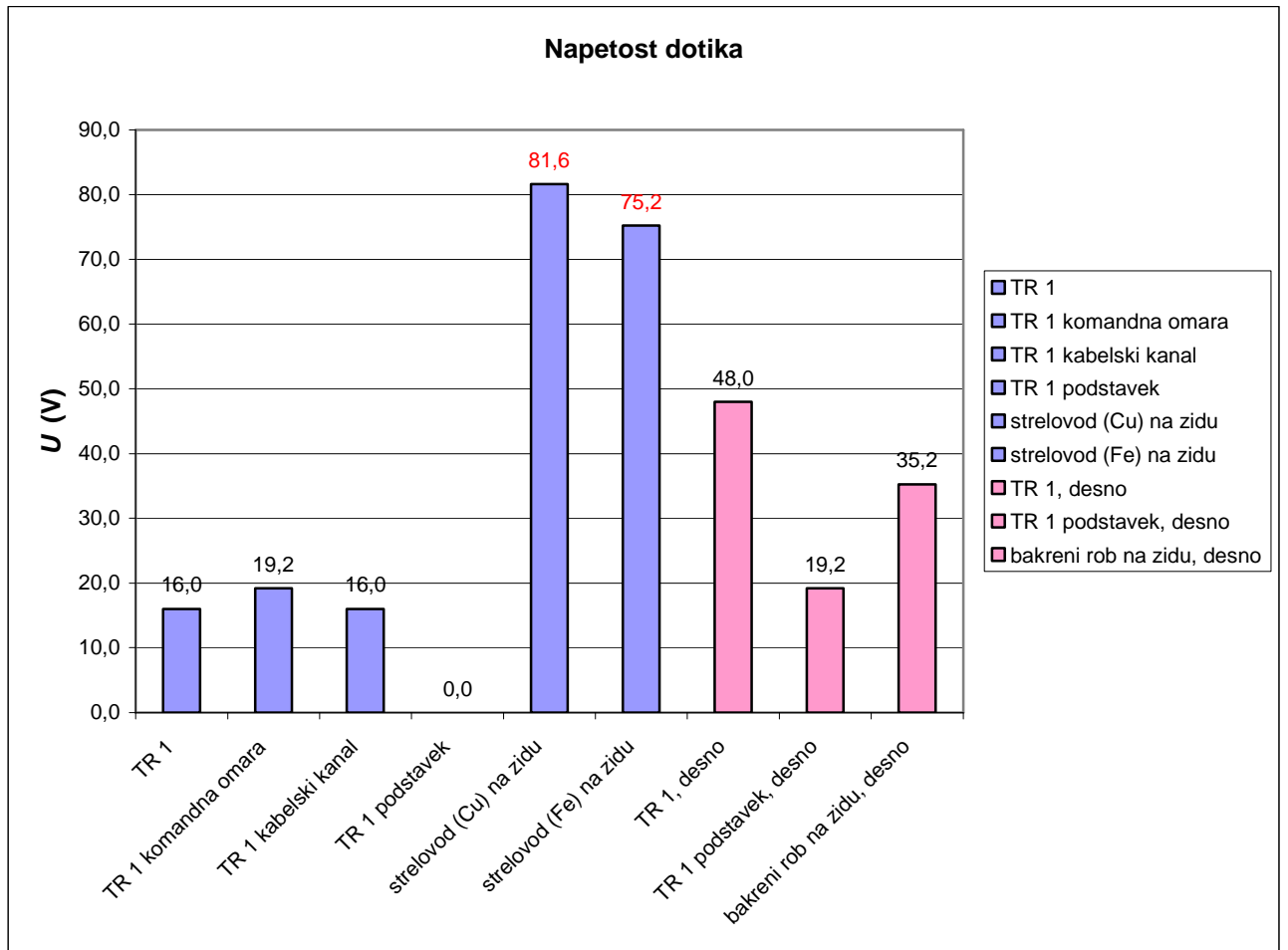
Tabela 12: Napetost dotika – transformator 1

Meritev	Merilno mesto (m)	Teren	Izmerjena vrednost (mV)	Faktor k	Napetost dotika (V)
1.	TR 1	PJ, levo	10	1600	16
2.	TR 1 komandna omara	PJ, levo	12	1600	19.2
3.	TR 1 kabelski kanal	PJ, levo	10	1600	16
4.	TR 1 podstavek	PJ, levo	0	1600	0
5.	strelovod (Cu) na zidu	PJ, levo	51	1600	81.6
6.	strelovod (Fe) na zidu	PJ, levo	47	1600	75.2
7.	TR 1	PJ, desno	30	1600	48
8.	TR 1 podstavek	PJ, desno	12	1600	19.2
9.	bakreni rob na zidu	PJ, desno	22	1600	35.2

Legenda:

PJ – pokrov jaška

Graf 3: Transformator 1



Rezultati meritev: NAPETOST DOTIKA

5.5.5 TRANSFORMATOR 2

Tabela 13: Napetost dotika – transformator 2

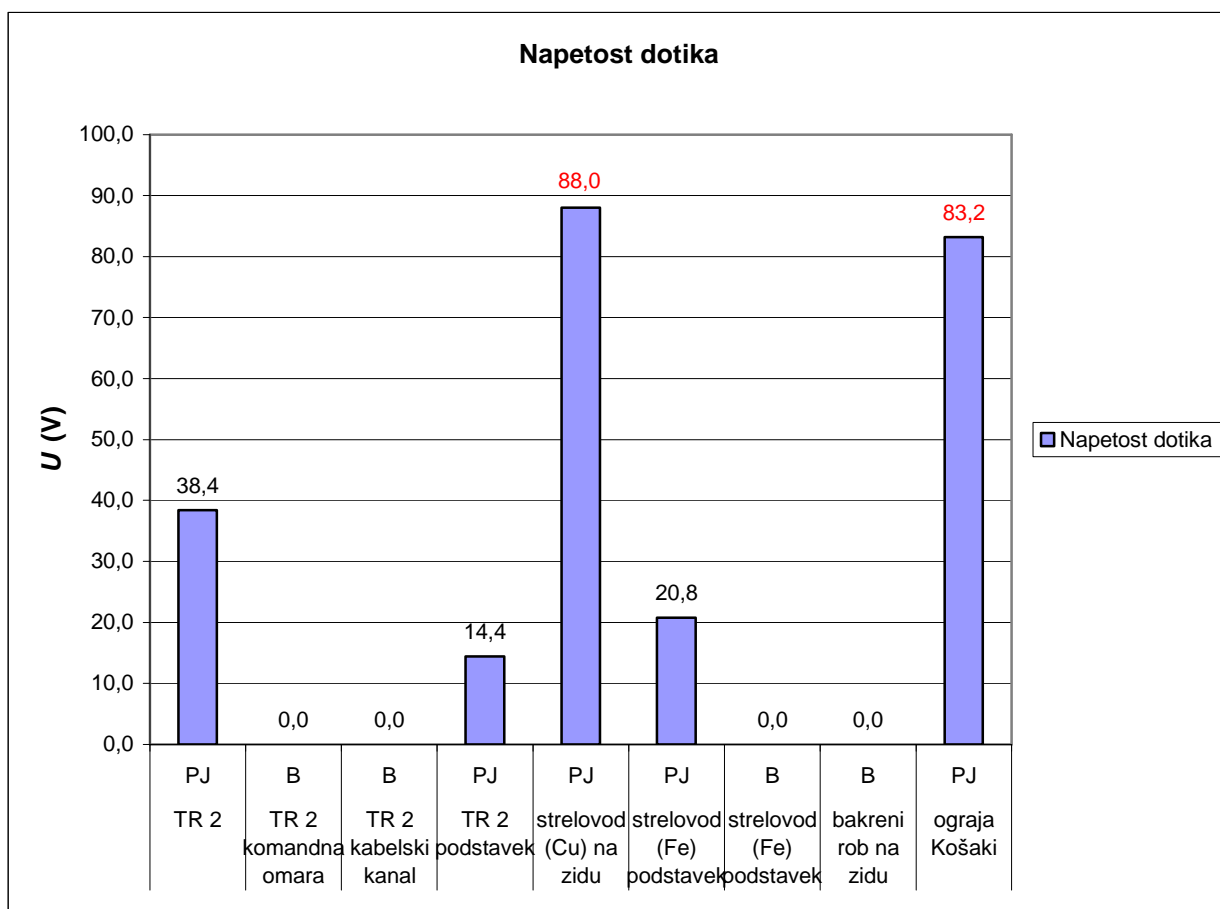
Meritev	Merilno mesto (m)	Teren	Izmerjena vrednost (mV)	Faktor k	Napetost dotika (V)
1.	TR 2	PJ	24	1600	38,4
2.	TR 2 komandna omara	B	0	1600	0
3.	TR 2 kabelski kanal	B	0	1600	0
4.	TR 2 podstavek	PJ	9	1600	14.4
5.	strelovod (Cu) na zidu	PJ	55	1600	88
6.	strelovod (Fe) podstavek	PJ	13	1600	20.8
7.	strelovod (Fe) podstavek	B	0	1600	0
8.	bakreni rob na zidu	B	0	1600	0
9.	ograja Košaki	PJ	52	1600	83.2

Legenda:

B – beton

PJ – pokrov jaška

Graf 4: Transformator 2



Rezultati meritev: NAPETOST DOTIKA

5.5.6 TRANSFORMATOR 3

Tabela 14: Napetost dotika – transformator 3

Meritev	Merilno mesto (m)	Teren	Izmerjena vrednost (mV)	Faktor k	Napetost dotika (V)
1.	TR 3	G	0	1600	0
2.	TR 3 komandna omara	B	0	1600	0
3.	TR 3 podstavek 1	G	0	1600	0
4.	TR 3 podstavek 2	G	0	1600	0
5.	TR 3 rešeto oljne jame	B	0	1600	0
6.	temelj (1) pri TR 3	G	0	1600	0
7.	temelj (2) pri TR 3	G	0	1600	0
8.	temelj (3) pri TR 3	G	0	1600	0
9.	temelj (4) pri TR 3	G	0	1600	0

Legenda:

B – beton

G – gramoz

Rezultati meritev: NAPETOST DOTIKA

5.5.7 PORTAL 110 kV

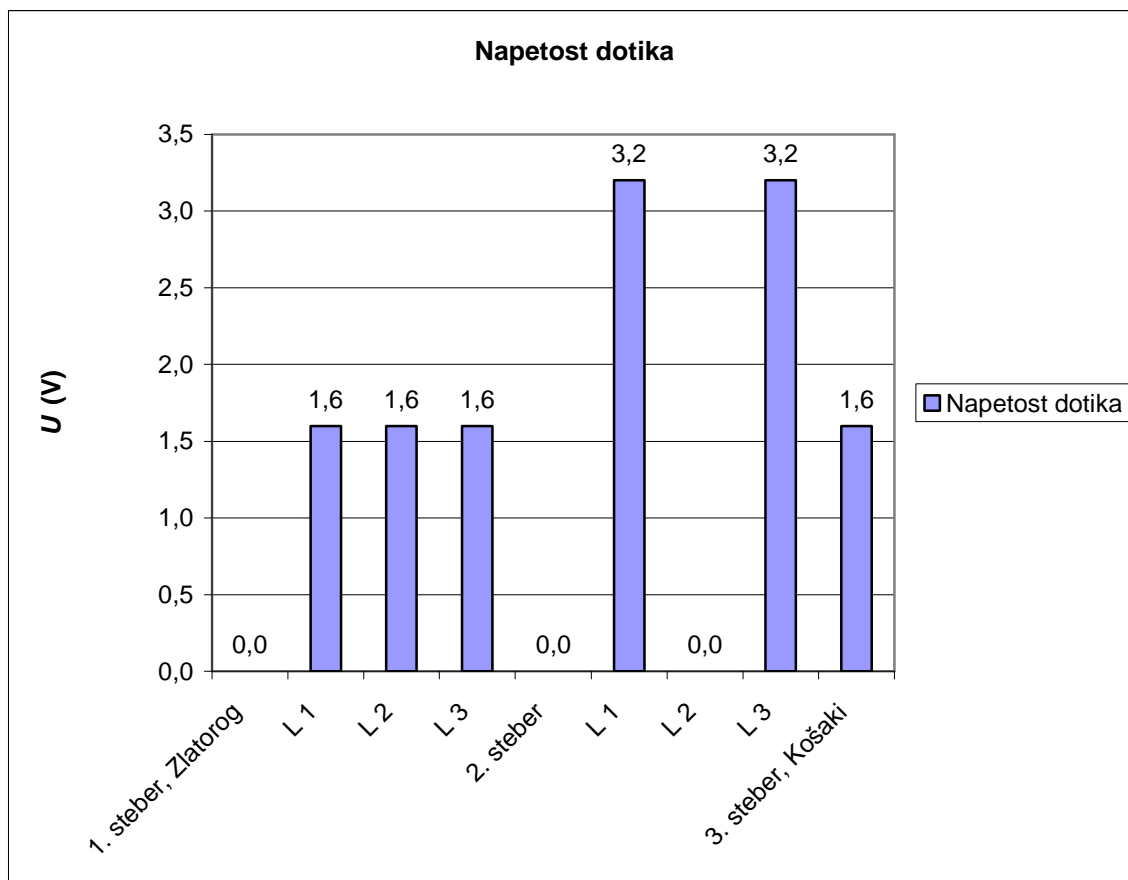
Tabela 15: Napetost dotika – portal 110 kV

Meritev	Merilno mesto (m)	Teren	Izmerjena vrednost (mV)	Faktor k	Napetost dotika (V)
1.	1. steber – Zlatorog	G	0	1600	0
2.	L 1	G	1	1600	1.6
3.	L 2	G	1	1600	1.6
4.	L 3	G	1	1600	1.6
5.	2. steber	G	0	1600	0
6.	L 1	G	2	1600	3.2
7.	L 2	G	0	1600	0
8.	L 3	G	2	1600	3.2
9.	3. steber – Košaki	G	1	1600	1.6

Legenda:

G – gramoz

Graf 5: Portal 110 kV

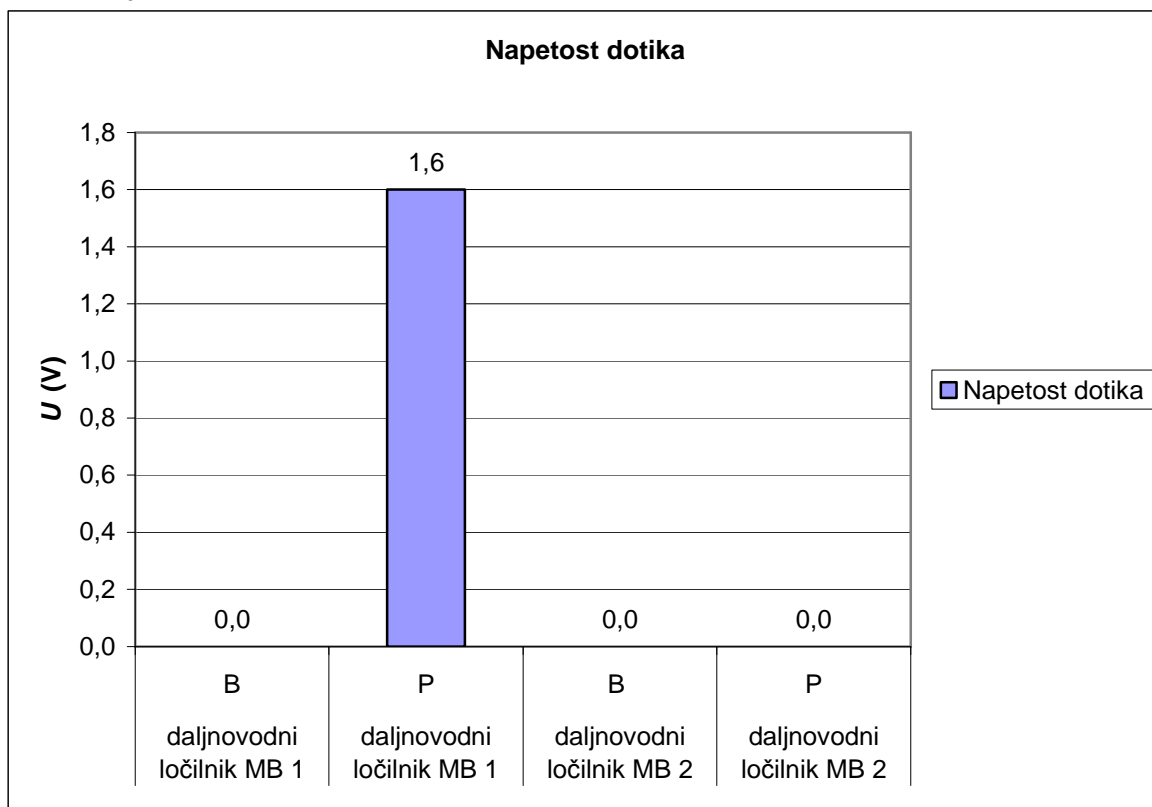


Rezultati meritev: NAPETOST DOTIKA**5.5.8 STIKALIŠČE 110 kV****Tabela 16: Napetost dotika – stikališče 110 kV**

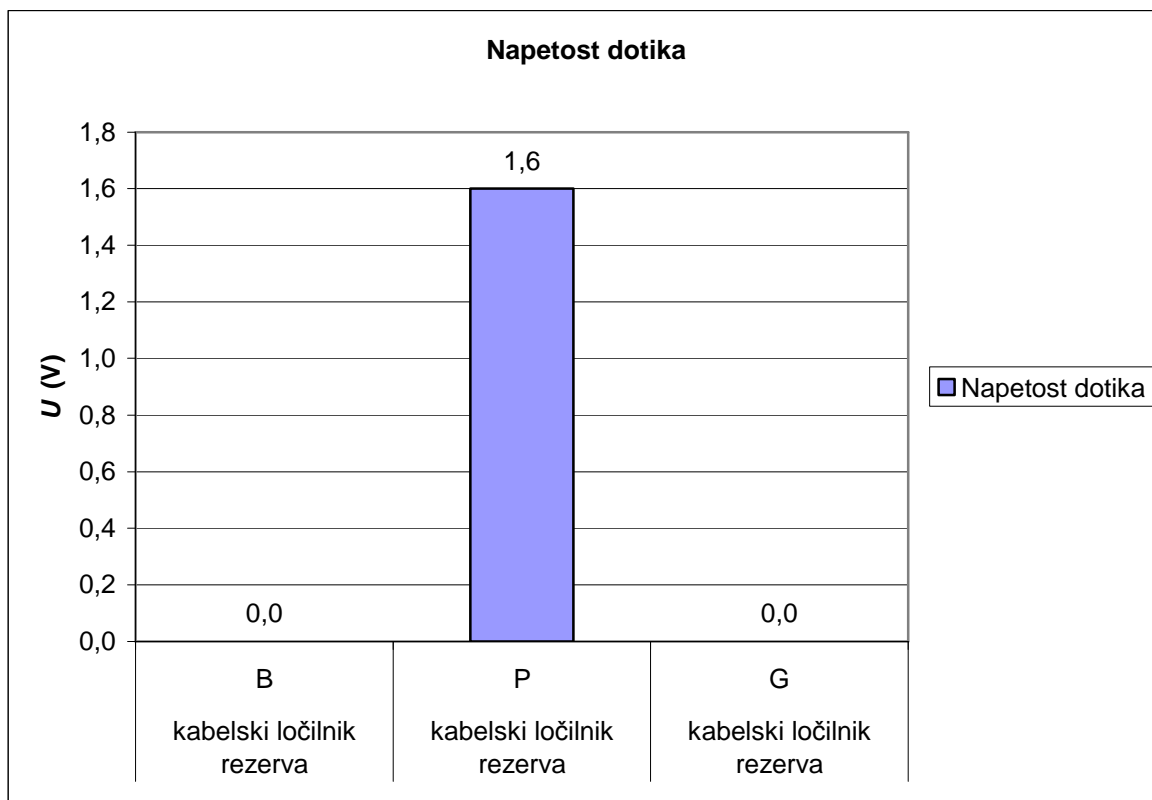
Meritev	Merilno mesto (m)	Teren	Izmerjena vrednost (mV)	Faktor k	Napetost dotika (V)
1.	daljnovidni ločilnik MB 1	B	0	1600	0
2.	daljnovidni ločilnik MB 1	P	2	1600	1.6
3.	daljnovidni ločilnik MB 2	B	0	1600	0
4.	daljnovidni ločilnik MB 2	P	2	1600	0
5.	kabelski ločilnik rezerva	B	0	1600	0
6.	kabelski ločilnik rezerva	P	1	1600	1.6
7.	kabelski ločilnik rezerva	G	0	1600	0
8.	ozemljitveni ločilnik TR 1:				
9.	ozemljitev kableske glave (1)	P	289	1600	462.4
10.	ozemljitev kableske glave (2)	P	275	1600	440
11.	ozemljitev kableske glave (3)	P	327	1600	523.2
12.	nosilec kableskih glav	P	4	1600	6.4
13.	ozemljitev kableske glave (1)	B	0	1600	0
14.	ozemljitev kableske glave (2)	B	0	1600	0
15.	ozemljitev kableske glave (3)	B	0	1600	0
16.	nosilec kableskih glav	B	0	1600	0
17.	ozemljitveni ločilnik TR 2:				
18.	ozemljitev kableske glave (1)	P	321	1600	513.6
19.	ozemljitev kableske glave (2)	P	250	1600	400
20.	ozemljitev kableske glave (3)	P	239	1600	382.4
21.	nosilec kableskih glav	P	6	1600	9.6
22.	ozemljitev kableske glave (1)	B	3	1600	4.8
23.	ozemljitev kableske glave (2)	B	2	1600	3.2
24.	ozemljitev kableske glave (3)	B	1	1600	1.6
25.	nosilec kableskih glav	B	0	1600	0
26.	daljnovid	T	0	1600	0
27.	daljnovid	G	0	1600	0
28.	daljnovid	B	0	1600	0

Legenda:**B** – beton**G** – gramoz**P** – pločevina**T** – tlak (prana plošča)

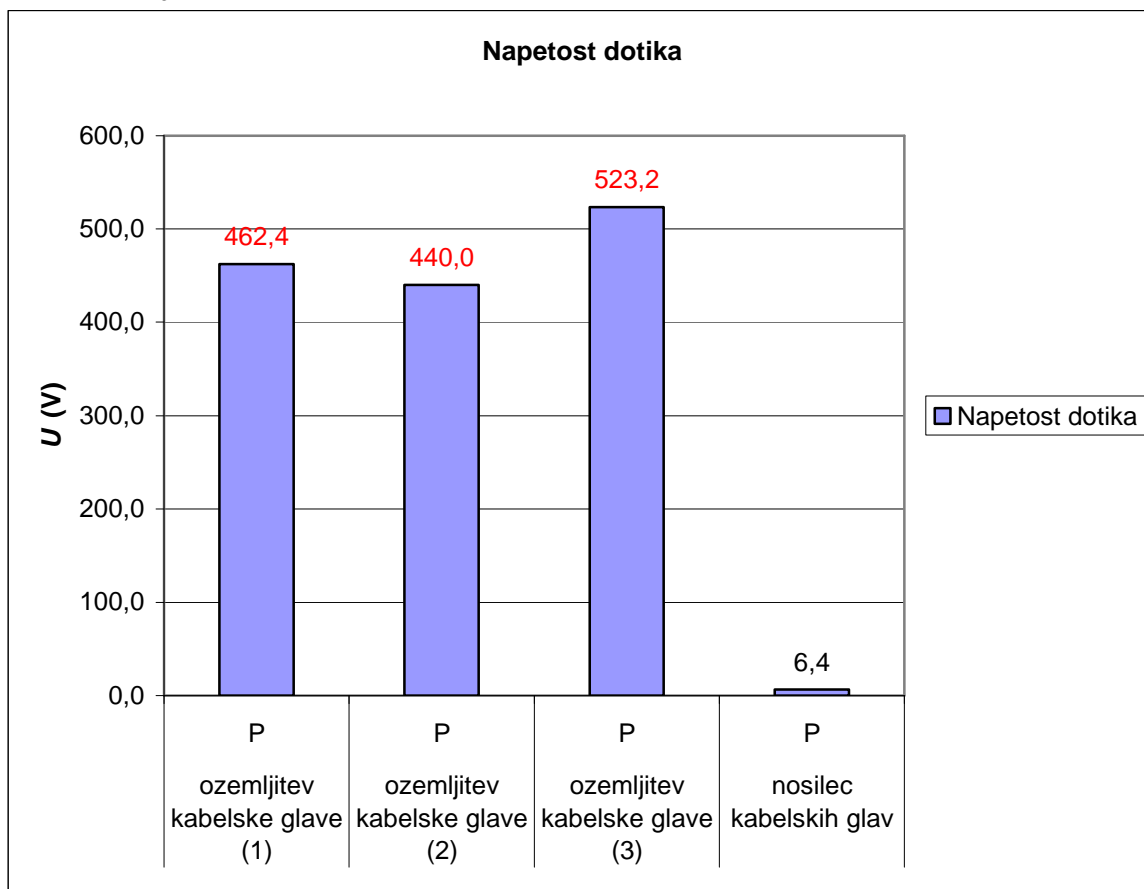
Graf 6: Daljnovidni ločilniki



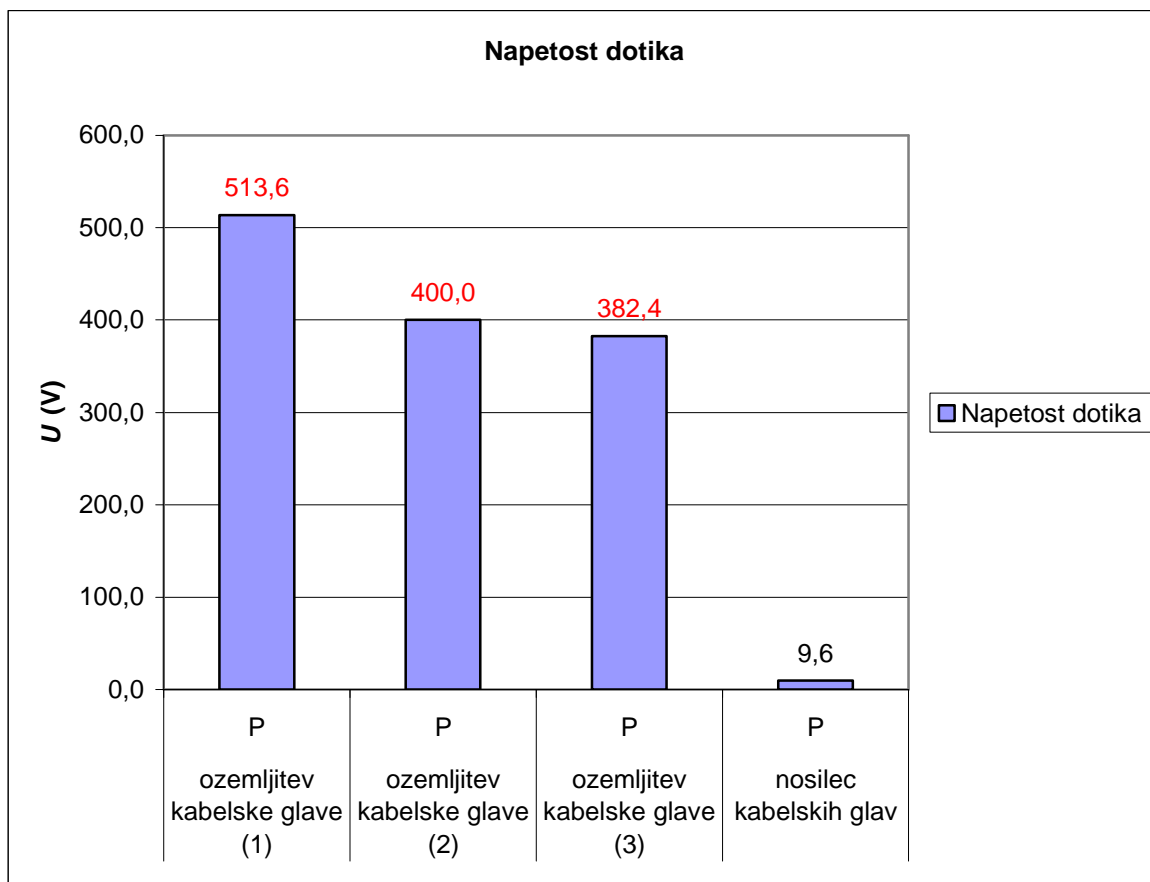
Graf 7: Kabelski ločilnik rezerva



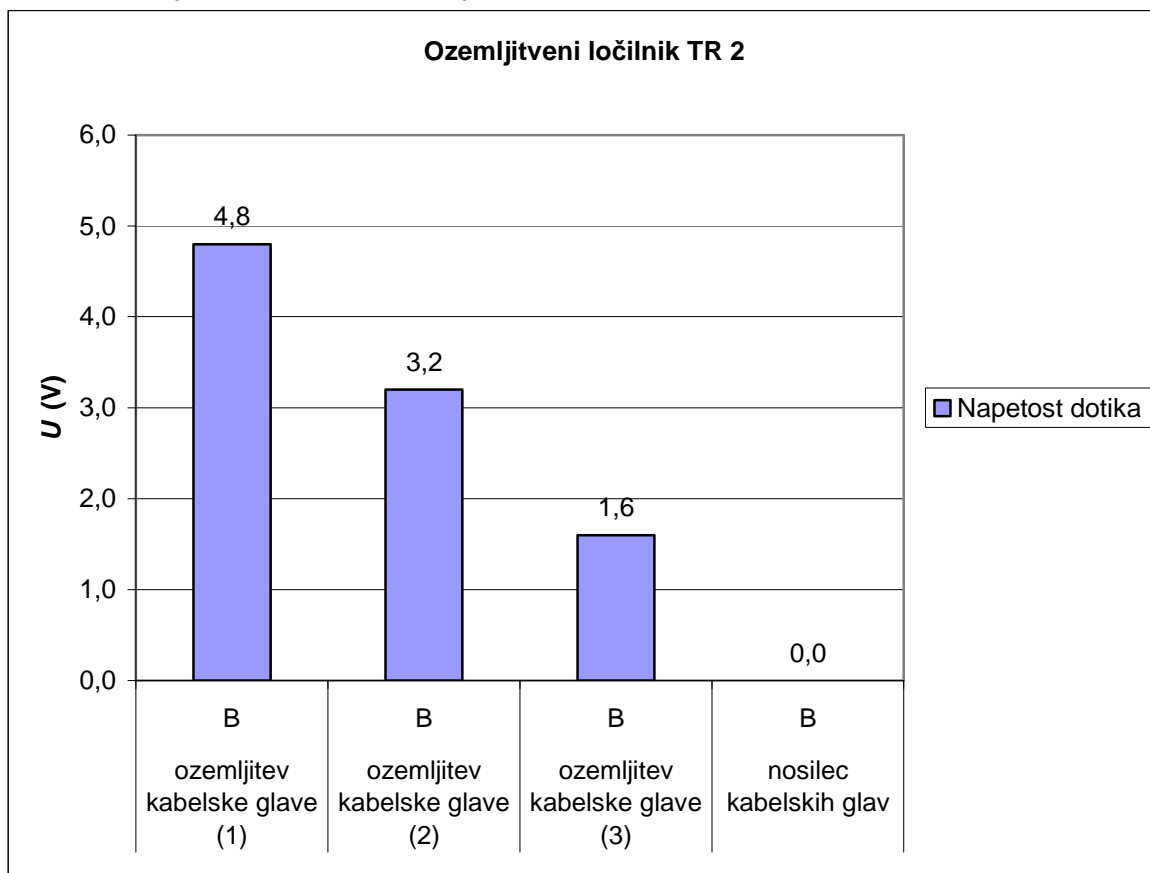
Graf 8: Ozemljitveni ločilnik TR 1



Graf 9: Ozemljitveni ločilnik TR 2, merjeno s pločevinastega pokrova



Graf 10: Ozemljitveni ločilnik TR 2, merjeno z betona



Rezultati meritev: NAPETOST DOTIKA

5.5.9 IZBRANE TOČKE NA ZGRADBI RTP

Tabela 17: Napetost dotika – izbrane točke na zgradbi RTP

Meritev	Merilno mesto (m)	Teren	Izmerjena vrednost (mV)	Faktor k	Napetost dotika (V)
1.	strelovod pri vhodu (Drava)	G	0	1600	0
2.	bakrena streha pri vhodu (Drava)	G	0	1600	0
3.	zračnik pod bakreno streho pri vhodu (Drava)	G	0	1600	0
4.	žleb pri vhodu (Drava)	G	0	1600	0
5.	okno pri vhodu (Drava)	G	0	1600	0
6.	vrata med TR 1 in TR 2	A	0	1600	0
7.	strelovod – stran Košaki	B	0	1600	0
8.	vrata – stran Košaki	B	0	1600	0
9.	kovinska lestev – stran Košaki	B	0	1600	0
10.	strelovod (1) zid, desno pri TR 3	G	0	1600	0
11.	strelovod (2) zid, levo pri TR 3	G	0	1600	0
12.	žleb (1) zid, desno pri TR 3	G	0	1600	0
13.	žleb (2) zid, desno pri TR 3	G	0	1600	0
14.	vrata v stavbo pri TR 3	G	0	1600	0
15.	vrata stari objekt	B	1	1600	1.6
16.	žleb, levo pri starem TR	G	1	1600	1.6
17.	žleb, desno pri starem TR	G	10	1600	16
18.	strelovod (1, 2) stari objekt	G	0	1600	0
19.	strelovod (3, 4) stari objekt	A	0	1600	0

Legenda:

A – asfalt

B – beton

G – gramoz

Rezultati meritev: NAPETOST DOTIKA

5.5.10 STARI TRANSFORMATOR

Tabela 18: Napetost dotika – stari transformator

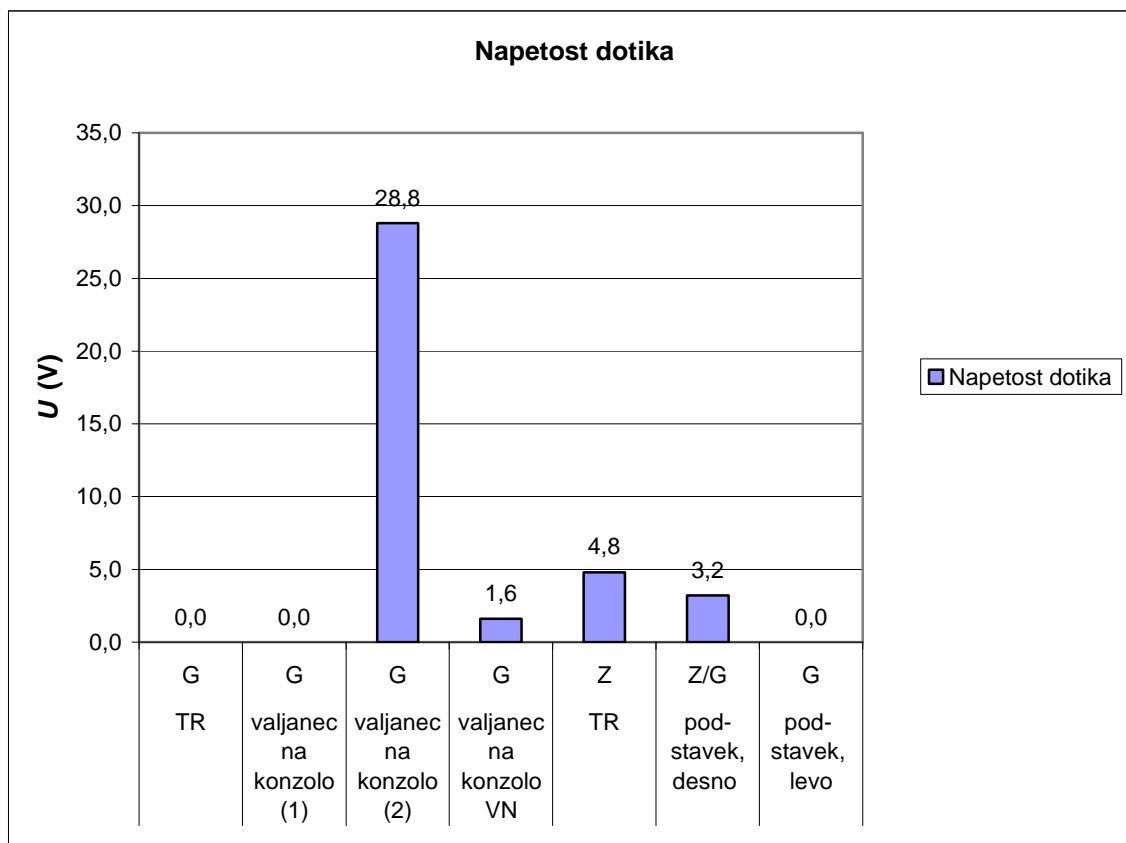
Meritev	Merilno mesto (m)	Teren	Izmerjena vrednost (mV)	Faktor k	Napetost dotika (V)
1.	TR	G	0	1600	0
2.	valjanec na konzolo (1) izolatorjev	G	0	1600	0
3.	valjanec na konzolo (2) izolatorjev	G	18	1600	28.8
4.	valjanec na konzolo VN izolatorjev	G	1	1600	1.6
5.	TR	Z	3	1600	4.8
6.	podstavek, desno	Z/G	2	1600	3.2
7.	podstavek, levo	G	0	1600	0

Legenda:

G – gramoz

Z/G – zemlja, gramoz

Graf 11: Stari transformator



Rezultati meritev: NAPETOST DOTIKA**5.5.11 IZBRANE TOČKE IZVEN RTP****Tabela 19: Napetost dotika – izbrane točke izven RTP**

Meritev	Merilno mesto (m)	Teren	Izmerjena vrednost (mV)	Faktor k	Napetost dotika (V)
1.	kandelaber (1)	Z	52	1600	83.2
2.	kandelaber (1)	B	9	1600	14.4
3.	kandelaber (1)	A	0	1600	0
4.	kandelaber (2)	G	25	1600	40
5.	kandelaber (2)	A	0	1600	0
6.	ograja – Zlatorog	A	0	1600	0
7.	ograja – Zlatorog	Z	3	1600	4.8
8.	strelovod – Zlatorog	Z/G	19	1600	30.4
9.	strelovod – Zlatorog	B	0	1600	0
10.	strelovod – Primat	Z	3	1600	4.8
11.	kandelaber – Primat	Z	19	1600	30.4
12.	kandelaber – Primat	B	0	1600	0
13.	kandelaber – Primat	A	0	1600	0
14.	daljnovid (1) pri Dravi	G	15	1600	24
15.	daljnovid (2) pri Dravi	G	13	1600	20.8
16.	daljnovid (3) pri Dravi	G	42	1600	67.2
17.	kandelaber (hidrant)	Z	96	1600	153.6
18.	kandelaber (hidrant)	A	0	1600	0
19.	hidrant	Z	7	1600	11.2
20.	most čez Dravo (1)	Z	114	1600	182.4
21.	most čez Dravo (1)	PJ	116	1600	185.6
22.	most čez Dravo (1)	A	0	1600	0
23.	most čez Dravo (2)	Z	152	1600	243.2
24.	most čez Dravo (2)	PJ	0	1600	0
25.	most čez Dravo (2)	A	0	1600	0

Legenda:

- A** – asfalt 22.–24. dvoetažni most čez Dravo – ograja 1 (stran RTP)
B – beton 25.–27. dvoetažni most čez Dravo – ograja 2 (stran Livarna)
G – gramoz
P – pločevina
T – tlak (prana plošča)
PJ – pokrov jaška
Z/G – zemlja, gramoz

Rezultati meritev: MERITEV POTENCIALOV MED DVEMA TOČKAMA**5.5.12 OD TNOS PROTI IZBRANIM TOČKAM****Tabela 20: Meritev potencialov med dvema točkama**

Meritev	Merilno mesto (m)	Izbrane točke	Izmerjena vrednost (mV)	Faktor k	Napetost dotika (V)
1.	TNOS	zaščitna mreža TR lastne rabe	12	1600	19.2
2.	TNOS	vrata (oranžna) – prostor VN odvodov	8	1600	12.8
3.	TNOS	kovinsko rešeto pri VN odvodih iz celic	14	1600	22.4
4.	TNOS	leva vrata – prostor VN odvodov	9	1600	14.4
5.	TNOS	desna vrata – prostor VN odvodov	6	1600	9.6
6.	TNOS	ograja – spodnja smer Košaki	26	1600	41.6
7.	TNOS	TR stari	10	1600	16
8.	TNOS	TR 3	20	1600	32
9.	TNOS	vrata – spodnja smer Drava	13	1600	20.8
10.	TNOS	vrata v RTP – smer stikališče	14	1600	22.4
11.	TNOS	vrata 5, 6	16	1600	25.6
12.	TNOS	vrata 3, 4	49	1600	78.4
13.	TNOS	ograja – smer Drava	12	1600	19.2
14.	TNOS	TR 1	8	1600	12.8
15.	TNOS	TR 2	23	1600	36.8
16.	TNOS	ograja – smer Košaki	70	1600	112
17.	TNOS	daljinski ločilnik MB 2	20	1600	32
18.	TNOS	ozemljitveni ločilnik TR 1			
19.	TNOS	L 1	269	1600	430.4
20.	TNOS	L 2	257	1600	411.2
21.	TNOS	L 3	322	1600	515.2
22.	TNOS	ozemljitveni ločilnik TR 2			
23.	TNOS	L 1	260	1600	416
24.	TNOS	L 2	249	1600	398.4
25.	TNOS	L 3	70	1600	112
26.	TNOS	daljinski ločilnik MB 1	17	1600	27.2
27.	TNOS	kabelski ločilnik rezerva	18	1600	28.8
28.	TNOS	obstoječi daljnovodni drog	21	1600	33.6
29.	TNOS	prenapetostni odvodniki – steber 1, 2			
30.	TNOS	L 1	11	1600	17.6
31.	TNOS	L 2	12	1600	19.2
32.	TNOS	L 3	13	1600	20.8
33.	TNOS	prenapetostni odvodniki – steber 2, 3			
34.	TNOS	L 1	19	1600	30.4
35.	TNOS	L 2	19	1600	30.4
36.	TNOS	L 3	21	1600	33.6
37.	TNOS	steber 1 prenapetostnih odvodnikov	16	1600	25.6
38.	TNOS	steber 2 prenapetostnih odvodnikov	18	1600	28.8
39.	TNOS	steber 3 prenapetostnih odvodnikov	21	1600	33.6
40.	TNOS	vrata v komandni prostor	6	1600	9.6
41.	TNOS	kabelski prostor valjanec (Fe)	12	1600	19.2
42.	TNOS	vodovodna pipa in cevi na stranišču	0	1600	0
43.	TNOS	Zlatorogova ograja (modra)	400	1600	640
44.	TNOS	vrata RTP – smer Košaki	7	1600	11.2
45.	TNOS	kovinska lestvica pri vratih – smer Košaki	11	1600	17.6

46.	TNOS	okno v komandnem prostoru	30	1600	48
47.	TNOS	ozemljitev v omari lastne rabe	41	1600	65.6
48.	TNOS	strelvod Košaki	1	1600	1.6
49.	TNOS	TP 177 Košaki	1	1600	1.6
50.	TNOS	kandelaber 1 (smer križišče – navzgor)	1	1600	1.6
51.	TNOS	kandelaber 2	51	1600	81.6
52.	TNOS	hidrant	126	1600	201.6
53.	daljnovod	zbiralnični ločilnik TR 1	3	1600	4.8
54.	daljnovod	zbiralnični ločilnik TR 2	3	1600	4.8

TNOS – točka napajanja ozemljitvenega sistema

Legenda:

A – asfalt

G – gramoz

P – pločevina

T – tlak (prana plošča)

PJ – pokrov jaška

Z/G – zemlja, gramoz

Rezultati meritev: NAPETOST KORAKA**5.5.13 OD ZAČETNE TOČKE 1 PROTI PRIMATU****Tabela 21: Napetost koraka – smer sever**

Meritev	Merilno mesto (m)	Teren	Izmerjena vrednost (mV)	Faktor k	Napetost koraka (V)	Območje
1.	0–1	A	0	1600	0	RTP
2.	1–2	A	0	1600	0	RTP
3.	2–3	A	0	1600	0	RTP
4.	3–4	A	0	1600	0	RTP
5.	4–5	A	1	1600	1.6	RTP
6.	5–6	A/G	2	1600	3.2	RTP
7.	6–7	G	1	1600	1.6	RTP
8.	7–8	G/B	2	1600	3.2	RTP
9.	8–9	B/P	0	1600	0	RTP
10.	9–10	P	0	1600	0	RTP
11.	10–11	P	0	1600	0	RTP
12.	11–12	P/B	0	1600	0	RTP
13.	12–13	B	0	1600	0	RTP
14.	13–14	B	0	1600	0	RTP
15.	14–15	B	0	1600	0	RTP
16.	15–16	B	0	1600	0	RTP
17.	16–17	B	0	1600	0	RTP
18.	17–18	B	0	1600	0	RTP
19.	18–19	T	0	1600	0	RTP
20.	19–20	T/G	0	1600	0	RTP
21.	20–21	G	0	1600	0	RTP
22.	21–22	G	0	1600	0	RTP
23.	22–23	G	0	1600	0	RTP
24.	23–24	G	0	1600	0	RTP
25.	24–25	G	0	1600	0	RTP
26.	25–26	A	0	1600	0	RTP
27.	26–27	A	0	1600	0	RTP
28.	27–28	A	0	1600	0	RTP
29.	28–29	A	0	1600	0	RTP
30.	29–30	A	0	1600	0	RTP
31.	30–31	A/B	0	1600	0	RTP
32.	31–32	B/G	0	1600	0	RTP
33.	32–33	A	0	1600	0	izven
34.	33–34	A	0	1600	0	izven
35.	34–35	A	0	1600	0	izven
36.	35–36	A	0	1600	0	izven
37.	36–37	A	0	1600	0	izven
38.	37–38	A	0	1600	0	izven
39.	38–39	A	0	1600	0	izven
40.	39–40	A	0	1600	0	izven
.	.	A	0	1600	0	izven
.	.	A	0	1600	0	izven
99.	98–99	A	0	1600	0	izven
100.	99–100	A	0	1600	0	izven

Legenda:

A – asfalt

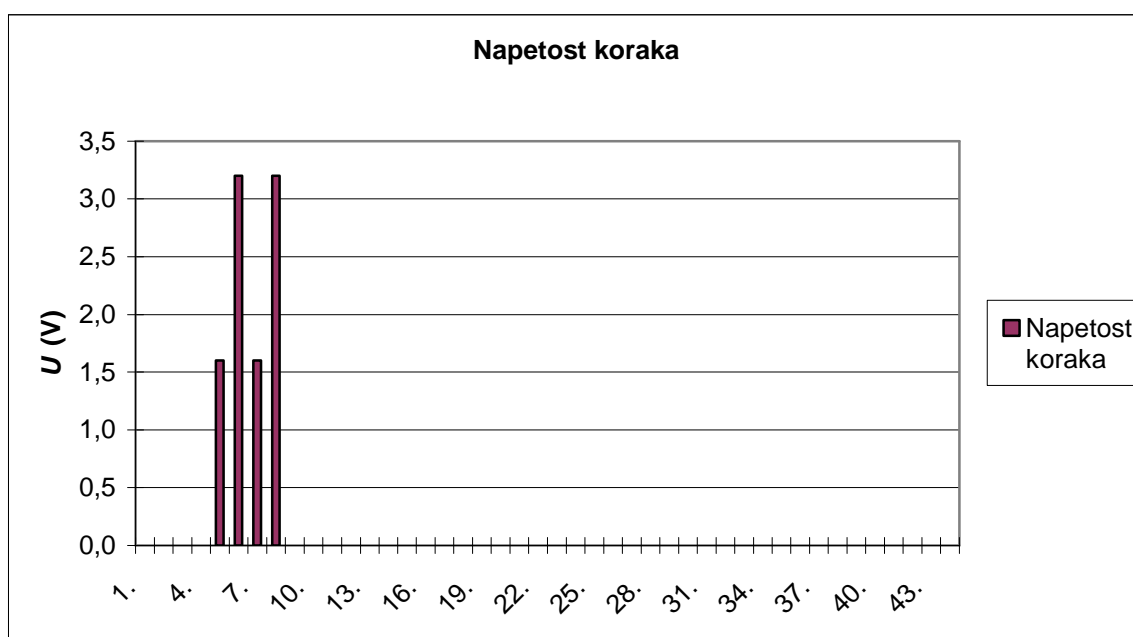
B – beton

G – gramoz

P – pločevina

T – tlak (prana ploščica)

Graf 12: Severno od stavbe RTP



Rezultati meritev: NAPETOST KORAKA

5.5.14 OD ZAČETNE TOČKE 1 V STAVBO PROTI ZLATOROGU

Tabela 22: Napetost koraka – smer vzhod

Meritev	Merilno mesto (m)	Teren	Izmerjena vrednost (mV)	Faktor k	Napetost koraka (V)	Območje
1.	0–1	A	0	1600	0	RTP
2.	1–2	A	0	1600	0	RTP
3.	2–3	A	0	1600	0	RTP
4.	3–4	A	0	1600	0	RTP
5.	4–5	A/PJ	0	1600	0	RTP
6.	5–6	PJ/A	0	1600	0	RTP
7.	6–7	A	0	1600	0	RTP
8.	7–8	A	0	1600	0	RTP
9.	8–9	A	0	1600	0	RTP
10.	9–10	A	0	1600	0	RTP
11.	10–11	A	0	1600	0	RTP
12.	11–12	A	0	1600	0	RTP
13.	12–13	A	0	1600	0	RTP
14.	13–14	A	0	1600	0	RTP
15.	14–15	A	0	1600	0	izven
16.	15–16	A	0	1600	0	izven
17.	16–17	A	0	1600	0	izven
18.	17–18	A	0	1600	0	izven
19.	18–19	A	0	1600	0	izven
20.	19–20	A	0	1600	0	izven
21.	20–21	A	0	1600	0	izven
22.	21–22	A	0	1600	0	izven
23.	22–23	A	0	1600	0	izven
24.	23–24	A	0	1600	0	izven
25.	24–25	A	0	1600	0	izven
26.	25–26	A	0	1600	0	izven
27.	26–27	A	0	1600	0	izven
28.	27–28	A	0	1600	0	izven

Legenda:

A – asfalt

PJ – pokrov jaška

Rezultati meritev: NAPETOST KORAKA

5.5.15 OD ZAČETNE TOČKE 1 PROTI TMI KOŠAKI

Tabela 23: Napetost koraka – smer zahod

Meritev	Merilno mesto (m)	Teran	Izmerjena vrednost (mV)	Faktor k	Napetost koraka (V)	Območje
1.	0-1	A	0	1600	0	RTP
2.	1-2	A	0	1600	0	RTP
3.	2-3	A/PJ	0	1600	0	RTP
4.	3-4	PJ/A	0	1600	0	RTP
5.	4-5	A	0	1600	0	RTP
6.	5-6	A	0	1600	0	RTP
7.	6-7	A	0	1600	0	RTP
8.	7-8	A	0	1600	0	RTP
9.	8-9	A	0	1600	0	RTP
10.	9-10	A	0	1600	0	RTP
11.	10-11	A	0	1600	0	RTP
12.	11-12	A	0	1600	0	RTP
13.	12-13	A	0	1600	0	RTP
14.	13-14	A	0	1600	0	Košaki
15.	14-15	A	0	1600	0	Košaki
16.	15-16	A	0	1600	0	Košaki
17.	16-17	A	0	1600	0	Košaki
18.	17-18	A	0	1600	0	Košaki

Legenda:

A – asfalt

PJ – pokrov jaška

Rezultati meritev: NAPETOST KORAKA**5.5.16 OD ZAČETNE TOČKE 2 PROTI DRAVI****Tabela 24: Napetost koraka – smer jug**

Meritev	Merilno mesto (m)	Teren	Izmerjena vrednost (mV)	Faktor k	Napetost koraka (V)	Območje
1.	0–1	G	0	1600	0	RTP
2.	1–2	G	0	1600	0	RTP
3.	2–3	G	0	1600	0	RTP
4.	3–4	G	0	1600	0	RTP
5.	4–5	G	0	1600	0	RTP
6.	5–6	G	0	1600	0	RTP
7.	6–7	G	0	1600	0	RTP
8.	7–8	G	0	1600	0	RTP
9.	8–9	G	0	1600	0	RTP
10.	9–10	G	0	1600	0	RTP
11.	10–11	G	0	1600	0	RTP
12.	11–12	G	0	1600	0	RTP
13.	12–13	G	0	1600	0	RTP
14.	13–14	G	0	1600	0	RTP
15.	14–15	G	0	1600	0	RTP
16.	15–16	G	0	1600	0	RTP
17.	16–17	G	0	1600	0	RTP
18.	17–18	G	0	1600	0	RTP
19.	18–19	G	0	1600	0	RTP
20.	19–20	G	0	1600	0	RTP
21.	20–21	G	0	1600	0	RTP
22.	21–22	G	0	1600	0	RTP
23.	22–23	G	0	1600	0	RTP
24.	23–24	G	0	1600	0	RTP
25.	24–25	G	0	1600	0	RTP
26.	25–26	G	0	1600	0	RTP
27.	26–27	G	0	1600	0	RTP
28.	27–28	G	1	1600	1.6	RTP
29.	28–29	G	0	1600	0	RTP
30.	29–30	G	0	1600	0	RTP
31.	30–31	G	1	1600	1.6	RTP
32.	31–32	G	0	1600	0	RTP
33.	32–33	G	0	1600	0	RTP
34.	33–34	G	0	1600	0	RTP
35.	34–35	G	0	1600	0	RTP
36.	35–36	G	0	1600	0	RTP
37.	36–37	A	0	1600	0	izven
38.	37–38	A	0	1600	0	izven
39.	38–39	A	0	1600	0	izven
40.	39–40	A	0	1600	0	izven
41.	40–41	A	0	1600	0	izven
42.	41–42	A	0	1600	0	izven
43.	42–43	A	0	1600	0	izven
44.	43–44	A/G	0	1600	0	izven
45.	44–45	G/Z	1	1600	1.6	izven

46.	45-46	G/Z	1	1600	1.6	izven
47.	46-47	Z	3	1600	4.8	izven
48.	47-48	Z	0	1600	0	izven
49.	48-49	Z	0	1600	0	izven
50.	49-50	Z	0	1600	0	izven
51.	50-51	Z	3	1600	4.8	izven
52.	51-52	Z	17	1600	27.2	izven
53.	52-53	Z	13	1600	20.8	izven
54.	53-54	Z	7	1600	11.2	izven
55.	54-55	Z	5	1600	8	izven
56.	55-56	Z	1	1600	1.6	izven
57.	56-57	Z	2	1600	3.2	izven
58.	57-58	Z/V	2	1600	3.2	izven

Legenda:

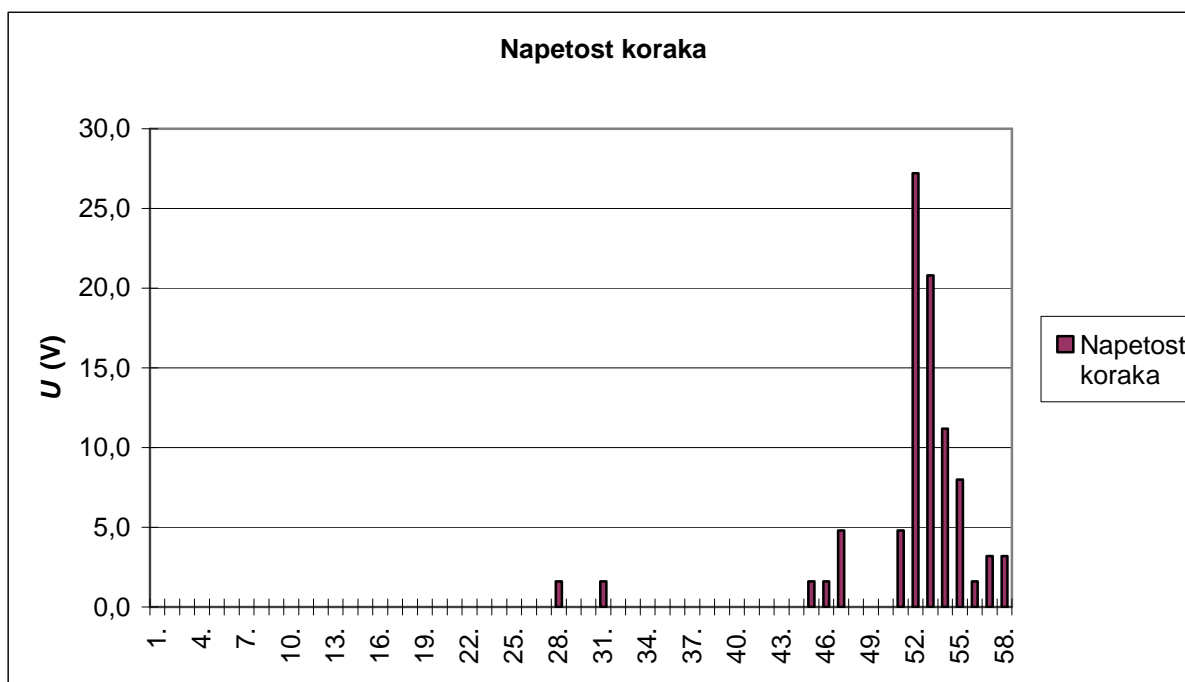
A – asfalt

G – gramoz

Z – zemlja

V – voda

Graf 13: Južno od stavbe RTP



Rezultati meritev: NAPETOST KORAKA

5.5.17 OB REKI DRAVI V SMERI PROTI DVOETAŽNEMU MOSTU

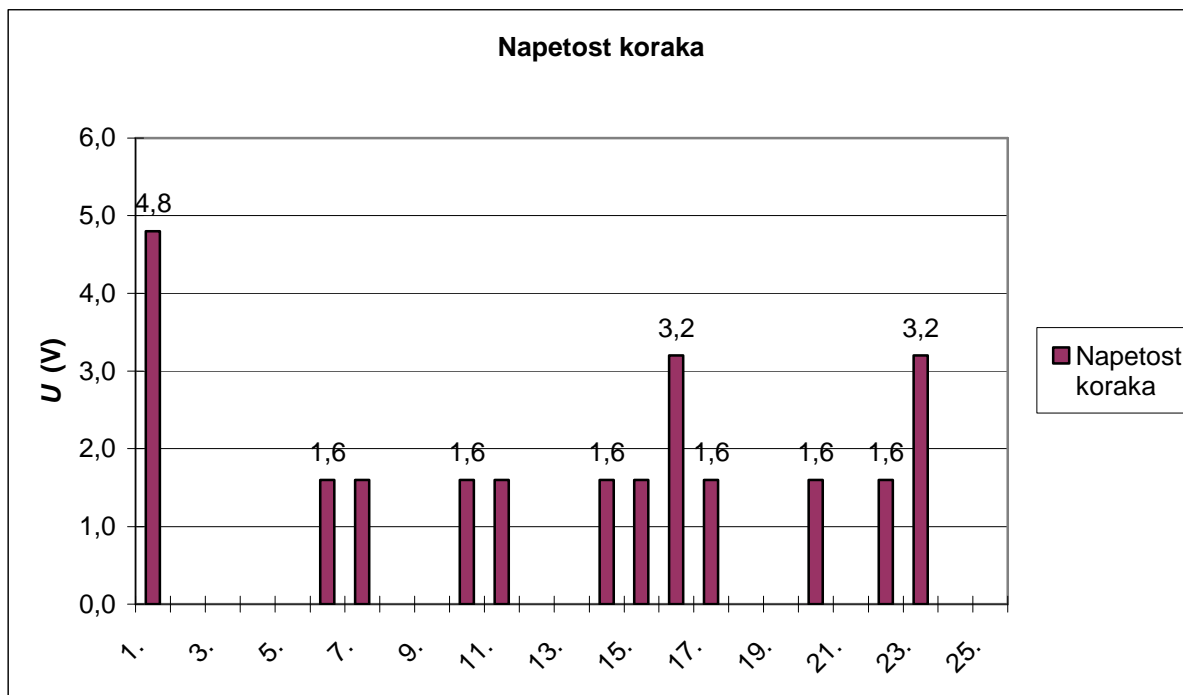
Tabela 25: Napetost koraka – smer dvoetažni most

Meritev	Merilno mesto (m)	Teren	Izmerjena vrednost (mV)	Faktor k	Napetost koraka (V)
1.	0-1	Z/G	3	1600	4.8
2.	1-2	Z/G	1	1600	0
3.	2-3	Z/G	0	1600	0
4.	3-4	Z/G	0	1600	0
5.	4-5	Z/G	0	1600	0
6.	5-6	Z/G	1	1600	1.6
7.	6-7	Z/G	1	1600	1.6
8.	7-8	Z/G	0	1600	0
9.	8-9	Z/G	0	1600	0
10.	9-10	Z/G	1	1600	1.6
11.	10-11	Z/G	1	1600	1.6
12.	11-12	Z/G	0	1600	0
13.	12-13	Z/G	0	1600	0
14.	13-14	Z/G	1	1600	1.6
15.	14-15	Z/G	1	1600	1.6
16.	15-16	Z/G	2	1600	3.2
17.	16-17	Z/G	1	1600	1.6
18.	17-18	Z/G	0	1600	0
19.	18-19	Z/G	0	1600	0
20.	19-20	Z/G	1	1600	1.6
21.	20-21	Z/G	0	1600	0
22.	21-22	Z/G	1	1600	1.6
23.	22-23	Z/G	2	1600	3.2
24.	23-24	Z/G	0	1600	0
25.	24-25	Z/G	0	1600	0
.	.	Z/G	0	1600	0
.	.	Z/G	0	1600	0
.	.	Z/G	0	1600	0
143.	142-143	Z/G	1	1600	1.6
144.	143-144	Z/G	2	1600	3.2
145.	144-145	Z/G	1	1600	1.6
146.	145-146	Z/G	1	1600	1.6
147.	146-147	Z/G	0	1600	0
148.	147-148	Z/G	0	1600	0
149.	148-149	Z/G	6	1600	9.6
150.	149-150	Z/G	23	1600	36.8

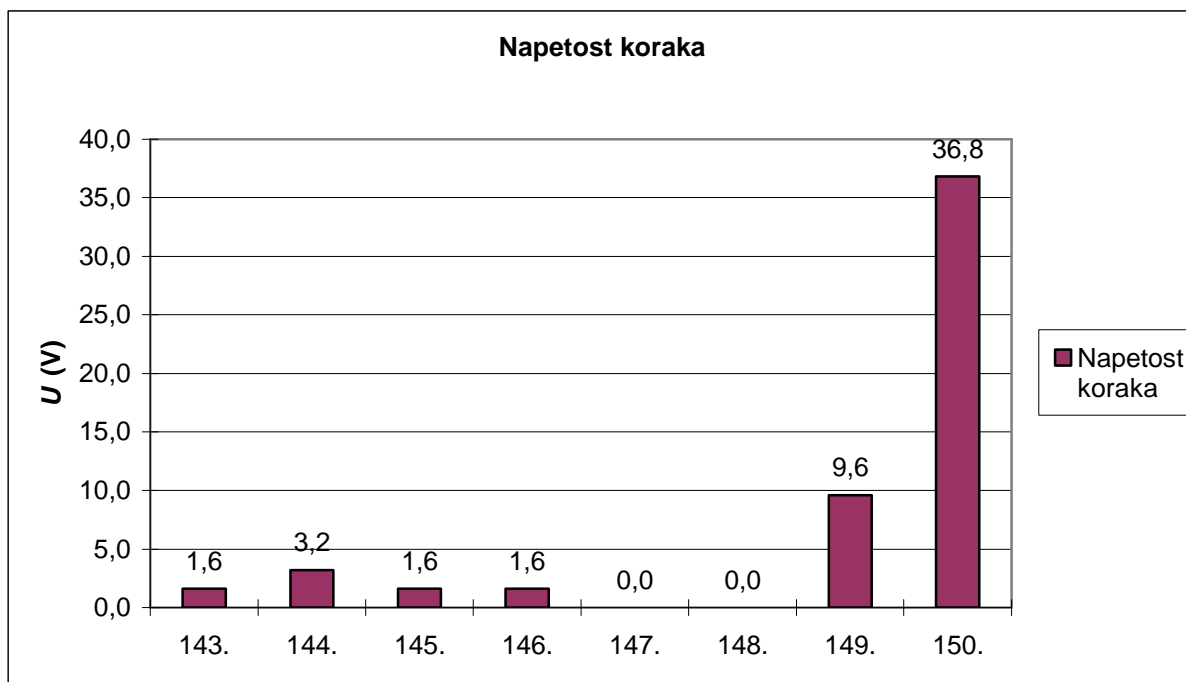
Legenda:

Z/G – zemlja, gramoz

Graf 14: Ob reki Dravi proti dvoetažnemu mostu – 1. del



Graf 15: Vzoredno ob Dravi proti dvoetažnemu mostu – 2. del



Rezultati meritev: NAPETOST KORAKA

5.5.18 OB REKI DRAVI V SMERI PROTI ŽELEZNICI

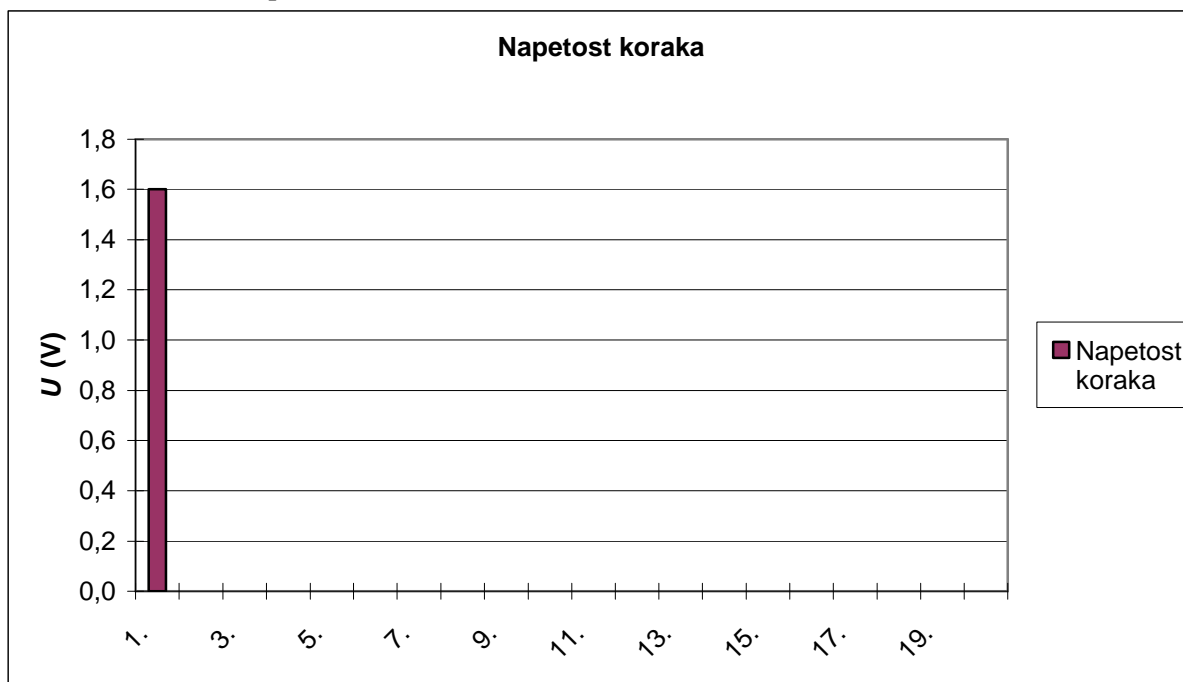
Tabela 26: Napetost koraka – smer železnica

Meritev	Merilno mesto (m)	Teren	Izmerjena vrednost (mV)	Faktor k	Napetost koraka (V)
1.	0-1	Z/G	1	1600	1.6
2.	1-2	Z/G	0	1600	0
3.	2-3	Z/G	0	1600	0
4.	3-4	Z/G	0	1600	0
5.	4-5	Z/G	0	1600	0
6.	5-6	Z/G	0	1600	0
7.	6-7	Z/G	0	1600	0
8.	7-8	Z/G	0	1600	0
9.	8-9	Z/G	0	1600	0
10.	9-10	Z/G	0	1600	0
11.	10-11	Z/G	0	1600	0
12.	11-12	Z/G	0	1600	0
13.	12-13	Z/G	0	1600	0
14.	13-14	Z/G	0	1600	0
15.	14-15	Z/G	0	1600	0
16.	15-16	Z/G	0	1600	0
17.	16-17	Z/G	0	1600	0
18.	17-18	Z/G	0	1600	0
19.	18-19	Z/G	0	1600	0
20.	19-20	Z/G	0	1600	0

Legenda:

Z/G – zemlja, gramoz

Graf 16: Ob reki Dravi proti železnici



Rezultati meritev: NAPETOST KORAKA

5.5.19 OB REKI DRAVI OD MOSTA V SMERI LIVARNE

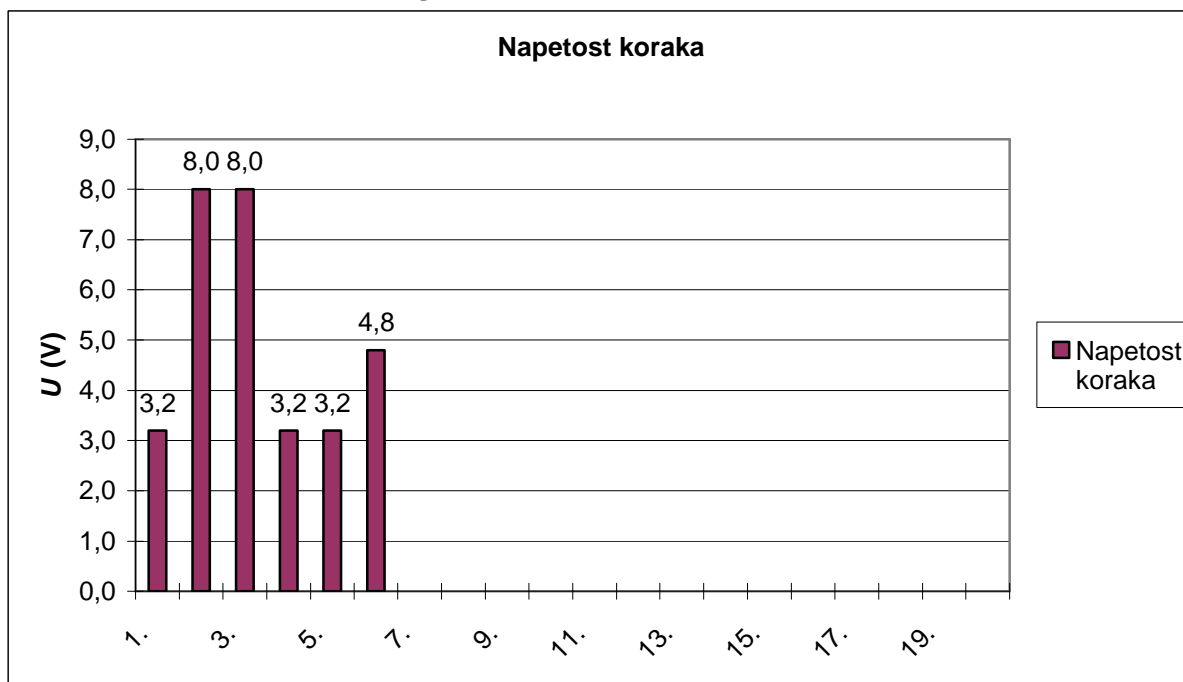
Tabela 27: Napetost koraka – smer Livarna

Meritev	Merilno mesto (m)	Teren	Izmerjena vrednost (mV)	Faktor k	Napetost koraka (V)
1.	0-1	Z/G	2	1600	3.2
2.	1-2	Z/G	5	1600	8
3.	2-3	Z/G	5	1600	8
4.	3-4	Z/G	2	1600	3.2
5.	4-5	Z/G	2	1600	3.2
6.	5-6	Z/G	3	1600	4.8
7.	6-7	Z/G	0	1600	0
8.	7-8	Z/G	0	1600	0
9.	8-9	Z/G	0	1600	0
10.	9-10	Z/G	0	1600	0
11.	10-11	Z/G	0	1600	0
12.	11-12	Z/G	0	1600	0
13.	12-13	Z/G	0	1600	0
14.	13-14	Z/G	0	1600	0
15.	14-15	Z/G	0	1600	0
16.	15-16	Z/G	0	1600	0
17.	16-17	Z/G	0	1600	0
18.	17-18	Z/G	0	1600	0
19.	18-19	Z/G	0	1600	0
20.	19-20	Z/G	0	1600	0

Legenda:

Z/G – zemlja, gramoz

Graf 17: Ob reki Dravi od dvoetažnega mosta v smeri Livarne



5.6 UPOŠTEVANJE POGREŠKA PRI IZMERJENIH VREDNOSTIH

Obdelali smo podatek o najvišji izmerjeni napetosti dotika, ki smo jo dobili na ozemljitvenem ločilniku, in sicer na ozemljitvi tretje kabselske glave. Izmerjena vrednost napetosti dotika pa je bila 523,2 V.

Za voltmeter HT 2052 znaša točnost $\pm (1 \% \text{ od odčitka} + 2 \text{ digita})$.

Absolutni merilni pogrešek:

$$E_m = \pm(0,01 \cdot U_i + 2d) = \pm(0,01 \cdot 523,2 + 2 \cdot 0,1) = \pm 5,432 = \pm 5,4 \text{ V} \quad (5.2)$$

Relativni merilni pogrešek:

$$e_m = \pm \frac{E_m}{U_i} = \pm \frac{5,4}{523,2} = \pm 0,0103 = \pm 0,01 = \pm 1 \% \quad (5.3)$$

Možna napetost dotika po odpravi pogreška voltmetra:

$$U_d = U_i \cdot (1 \pm e_m) = 523,2 \cdot (1 \pm 0,01) \text{ V} \quad (5.4)$$

Najvišja možna napetost dotika po odpravi pogreška voltmetra:

$$U_d = 523,2 \cdot 1,01 = 528,4 \text{ V} \quad (5.5)$$

Za napajalno postajo HT 2051 znaša točnost, v območju nastavitve 3,00 do 19,99 A, $\pm (2 \% \text{ od odčitka} + 2 \text{ digita})$.

Absolutni merilni pogrešek:

$$E_m = \pm(0,02 \cdot I_v + 2d) = \pm(0,02 \cdot 10 + 2 \cdot 0,01) = \pm 0,22 \text{ A} \quad (5.6)$$

Relativni merilni pogrešek:

$$e_m = \pm \frac{E_m}{I_v} = \pm \frac{0,22}{10} = \pm 0,022 = \pm 2,2 \% \quad (5.7)$$

Možen tok po odpravi pogreška napajalne postaje:

$$I = I_v (1 \pm e_m) = 10 \cdot (1 \pm 0,022) \text{ A} \quad (5.8)$$

Najvišji možen tok po odpravi pogreška napajalne postaje:

$$I = 10 + 0,22 = 10,22 \text{ A} \quad (5.9)$$

SKLEP

Analiza izmerjenih rezultatov napetosti dotika in napetosti koraka je pokazala, da združeni ozemljitveni sistem RTP 110/10 kV Melje večinoma ustreza zahtevam Pravilnika o tehničnih normativih za elektroenergetske postroje nazivne napetosti nad 1000 V in zahtevam tehniških predpisov za strelovode. Do izrazitih odstopanj prihaja le pri nekaterih elementih, katerih dotik je možen iz nekaterih kovinskih talnih konstrukcij, kot so: pločevinasti pokrovi pohodnega kablskega kanala v 110 kV stikališču, pokrovi oljnega jaška pri transformatorjih. Če bi bile galvanske povezave »kritičnih« elementov ustrezne oz. če bi bila možna kovinska stojišča ustrezno izolirana ali izdelana iz neprevodnega materiala, ne bi prišlo do previsokih vrednosti napetosti dotika.

Pri merjenju napetosti koraka smo ugotovili, da rezultati ustrezajo zahtevam in ne presegajo najvišje dovoljene vrednosti. Sklepamo, da je ozemljitvena mreža zelo dobro dimenzionirana.

Previsoke rezultate smo izmerili v stikališču 110 kV, in sicer na ozemljitvenem ločilniku transformator 1 in na ozemljitvenem ločilniku transformator 2, kjer so ozemljitve kablskih glav L1, L2 in L3 precej presegale dovoljeno mejo napetosti dotika. Do previsokih vrednosti je prihajalo le v primeru, ko smo merili s pločevinastega pokrova pohodnega kablskega jaška. Ko pa smo meritev opravili z betona, so bile vrednosti nič ali pa zanemarljivo majhne.

Previsoke napetosti dotika smo izmerili pri transformatorju 1, in sicer na bližnjem strelovodu (Cu) in strelovodu (Fe) na zidu. Meritve smo opravili s kovinskega pokrova oljnega jaška.

Previsoke vrednosti smo izmerili tudi pri transformatorju 2, in sicer na strelovodu (Cu) na zidu in bližnji žični ograji. Meritve smo opravili s kovinskega pokrova oljnega jaška, ki predstavlja eno izmed možnih stojišč.

Da bi odpravili previsoke vrednosti napetosti dotika in tako preprečili, da bi prihajalo do možnosti poškodb ali celo smrtnih nesreč, predlagamo izvedbo oz. izboljšavo neustreznih galvanskih povezav pokrova pohodnega kabelskega kanala na stikališču 110 kV ter pokrovov oljnih jaškov pri transformatorju 1 in transformatorju 2. Z dodatnim ozemljevanjem bomo poskrbeli za pravilno izenačitev potencialov. Za še boljšo zaščito pa predlagamo, da se stojišča, ki so zgrajena iz dobro prevodnih kovinskih materialov, dodatno izolirajo z neprevodno gumijasto preprogo, ki se uporablja za izolacijo v notranjih prostorih transformatorskih postaj.

Izven razdelilne transformatorske postaje Melje pa se pojavi problem previsoke napetosti dotika pri nekaterih kandelabrih javne razsvetljave. Previsoko vrednost napetosti dotika smo izmerili z zemlje, ko pa smo meritev opravili z asfalta ali betona, pa je vrednost bila v dovoljenih mejah. Se pravi, da je vrsta terena zaradi raznolike prevodnosti zelo pomemben dejavnik pri rezultatu meritve.

Prav tako so rezultati pokazali previsoko napetost dotika pri enem izmed treh daljnovodnih stebrov (oznaka stebra priloga), ki se nahajajo neposredno ob reki Dravi v bližini razdelilne transformatorske postaje.

Nevarnost pa predstavlja napetost dotika ob okvari na ograji dvoetažnega mosta čez reko Dravo, saj so tam izmerjene vrednosti presegale najvišjo dovoljeno napetost dotika. Poudariti pa moramo, da so se previsoke vrednosti pojavile, ko smo meritev opravili z zemlje in kanalizacijskega pokrova jaška, ko pa smo meritev opravili z asfalta, ki velja za manj prevodnega, pa so vrednosti ustrezale zahtevam.

Napetost koraka izven razdelilne transformatorske postaje je v celoti ustrezala zahtevam, navedenim v pravilniku. Se pravi, da izmerjene vrednosti niso presegale najvišjih dovoljenih vrednosti.

Za zmanjšanje napetosti dotika pod dopustno mejo je potrebno izvesti ustrezno galvansko povezavo naštetih elementov z ozemljitvenim sistemom RTP Melje.

Meritve napetosti dotika in koraka so bile izvedene v sončnem, suhem vremenu. Tla so bila zmerno vlažna, kar pomeni, da je bil stik med merilno sondo in terenom boljši. Razmere za merjenje so bile ugodne.

Merilna kombinacija za izvedbo meritev v sestavi: napajalna postaja, voltmeter in merilni sondi je primerna, natančna in lahka za rokovanje nastavitve in odčitavanja merilnih rezultatov. Z vidika fizične obremenitve pri prestavljanju merilnih sond so take sonde neustrezne, saj tehta vsaka po 25 kg.

Pri direktnem udaru strele računamo s tokom maksimalnega udarnega vala 200 kA. V tem primeru znaša faktor $k = 20000$. S tem faktorjem pomnožimo izmerjene vrednosti in tako dobimo prave rezultate napetosti dotika in napetosti koraka, ki bi se pojavile ob udaru strele.

LITERATURA

- [1] Mlakar F.: Splošne električne meritve, Ljubljana, 1951
- [2] Ravnikar I.: Meritve na električnih inštalacijah in ozemljitvah, Ljubljana, 1999
- [3] Vidmar M.: Obratovanje in vzdrževanje elektroenergetskih objektov, postrojev, naprav in napeljav v skladu z veljavnimi predpisi, Ljubljana, 1997
- [4] Bajec A.: Ozemljitve v električnih napravah, 1. del izračun in izvedba, Ljubljana, 1960
- [5] Voršič J., Pihler J.: Tehnika visokih napetosti in velikih tokov, Maribor, 2005
- [6] Pravilnik o tehniških normativih za elektroenergetske postroje nazivne napetosti nad 1000 V, Ur. l. SFRJ št. 4/74
- [7] Pravilnik o tehniških normativih za zaščito nizkonapetostnih omrežij in pripadajočih transformatorskih postaj Ur. l. SFRJ št. 13/78
- [8] Pravilnik o tehniških normativih za obratovanje in vzdrževanje elektromagnetnih postrojev Ur. l. SFRJ št. 19/68
- [9] Standard JUS N. B2. 741
- [10] Tehniški predpisi za strelovode Ur. l. SFRJ št. 13/68
- [11] http://www.ed-mb.si/html/aktualna_tema-3.html

PRILOGE