

# Održavanje niskonaponskih postrojenja primjenom tehnologije rada pod naponom

---

Živković, Luka

Master's thesis / Diplomski rad

2024

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:200:477918>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-02-20**

*Repository / Repozitorij:*

[Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek](#)



**SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU  
FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA I  
INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA OSIJEK**

**Sveučilišni diplomski studij Elektrotehnika**

**ODRŽAVANJE NISKONAPONSKIH POSTROJENJA  
PRIMJENOM TEHNOLOGIJE RADA POD NAPONOM**

**Diplomski rad**

**Luka Živković**

**Osijek, 2024.**

**FERIT**FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA  
I INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA OSIJEK**Obrazac D1: Obrazac za ocjenu diplomskog rada na sveučilišnom diplomskom studiju****Ocjena diplomskog rada na sveučilišnom diplomskom studiju**

<b>Ime i prezime pristupnika:</b>	Luka Živković
<b>Studij, smjer:</b>	Sveučilišni diplomski studij Elektrotehnika, Elektroenergetika
<b>Mat. br. pristupnika, god.</b>	D-1480, 07.10.2022.
<b>JMBAG:</b>	0165083768
<b>Mentor:</b>	izv. prof. dr. sc. Goran Knežević
<b>Sumentor:</b>	
<b>Sumentor iz tvrtke:</b>	HEP NOC
<b>Predsjednik Povjerenstva:</b>	izv. prof. dr. sc. Krešimir Fekete
<b>Član Povjerenstva 1:</b>	izv. prof. dr. sc. Goran Knežević
<b>Član Povjerenstva 2:</b>	Nemanja Mišljenović, univ. mag. ing. el.
<b>Naslov diplomskog rada:</b>	Održavanje niskonaponskih postrojenja primjenom tehnologije rada pod naponom
<b>Znanstvena grana diplomskog rada:</b>	<b>Elektroenergetika (zn. polje elektrotehnika)</b>
<b>Zadatak diplomskog rada:</b>	U diplomskom radu potrebno je dati pregled tehnologija za rad pod naponom. Nadalje, potrebno je opisati procedure održavanja niskonaponskih postrojenja u tehnologiji rada pod naponom. Nadalje, na primjeru održavanja niskonaponskog postrojenja, potrebno je prikazati postupak održavanja primjenjujući tehnologiju rada pod naponom. Sumentor: Nikola Veić (HEP NOC Velika)
<b>Datum ocjene pismenog dijela diplomskog rada od strane mentora:</b>	23.09.2024.
<b>Ocjena pismenog dijela diplomskog rada od strane mentora:</b>	Vrlo dobar (4)
<b>Datum obrane diplomskog rada:</b>	11.10.2024.
<b>Ocjena usmenog dijela diplomskog rada (obrane):</b>	Vrlo dobar (4)
<b>Ukupna ocjena diplomskog rada:</b>	Vrlo dobar (4)
<b>Datum potvrde mentora o predaji konačne verzije diplomskog rada čime je pristupnik završio sveučilišni diplomski studij:</b>	11.10.2024.

**FERIT**FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA  
I INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA **OSIJEK****IZJAVA O IZVORNOSTI RADA**

Osijek, 11.10.2024.

<b>Ime i prezime Pristupnika:</b>	Luka Živković
<b>Studij:</b>	Sveučilišni diplomski studij Elektrotehnika, Elektroenergetika
<b>Mat. br. Pristupnika, godina upisa:</b>	D-1480, 07.10.2022.
<b>Turnitin podudaranje [%]:</b>	14

Ovom izjavom izjavljujem da je rad pod nazivom: **Održavanje niskonaponskih postrojenja primjenom tehnologije rada pod naponom**

izrađen pod vodstvom mentora izv. prof. dr. sc. Goran Knežević

i sumentora

moj vlastiti rad i prema mom najboljem znanju ne sadrži prethodno objavljene ili neobjavljene pisane materijale drugih osoba, osim onih koji su izričito priznati navođenjem literature i drugih izvora informacija.

Izjavljujem da je intelektualni sadržaj navedenog rada proizvod mog vlastitog rada, osim u onom dijelu za koji mi je bila potrebna pomoć mentora, sumentora i drugih osoba, a što je izričito navedeno u radu.

Potpis pristupnika:

# SADRŽAJ

<b>1. UVOD</b> .....	<b>1</b>
1.1. Zadatak rada.....	2
<b>2. PREGLED PODRUČJA RADNE TEME</b> .....	<b>3</b>
<b>3. PRIMJENA RADA POD NAPONOM</b> .....	<b>5</b>
<b>4. METODE RADA POD NAPONOM</b> .....	<b>7</b>
4.1. Metoda rada „na udaljenosti“ .....	8
4.1. Metoda rada „u dodiru“ .....	10
4.2. Metoda rada „na potencijalu“ .....	13
4.3. Kombinacija metoda rada pod naponom .....	14
<b>5. UVJETI RADA POD NAPONOM</b> .....	<b>15</b>
5.1. Opći uvjeti i zahtjevi .....	15
5.2. Vremenski uvjeti .....	21
5.3. Zaštita od kratkih spojeva .....	23
<b>6. ALATI I OSOBNA ZAŠTITA ZA RAD POD NAPONOM</b> .....	<b>28</b>
6.1. Osobna zaštitna oprema .....	29
6.2. Izolacijski alati .....	34
<b>7. RADNI POSTUPCI NA NISKOM NAPONU</b> .....	<b>41</b>
7.1. Temeljni zahtjevi održavanja .....	41
7.2. Priprema i organizacija rada.....	44
7.3. Postupci rada pod naponom .....	46
7.4. Rad na strujnim uređajima i opremi.....	50
7.5. Praktični primjer .....	53
<b>8. ZAKLJUČAK</b> .....	<b>58</b>
<b>10. LITERATURA</b> .....	<b>59</b>
<b>11. SAŽETAK</b> .....	<b>61</b>
<b>12. ABSTRACT</b> .....	<b>61</b>



## 1. UVOD

Kako bi se smanjio broj prekida u mreži te na taj način održao stalni protok energije, potrebno je koristiti rad pod naponom. S ekonomskog stajališta rad pod naponom je jako bitan, jer elektrodistribucija neće imati gubitke prekida opskrbe, kao i što kupci neće osjetiti sam prekid opskrbe. Rad pod naponom može značajno poboljšati pouzdanost opskrbe električne energije krajnjim kupcima.

Za rad pod naponom postoje određena pravila i uvjeti koji se ne smiju zanemariti. U suprotnom, može doći do ozlijede na radu ili čak smrtnih slučajeva.

Rad pod naponom se odrađuje prema metodama rada pod naponom, od kojih svaka ima svoje značajke. Prije početka rada, operateri moraju znati koju će metodu koristiti. U biti, svaki aspekt rada pod naponom mora biti unaprijed određen i prije početka rada. To se radi kako prilikom rada ne bi bilo nikakvih iznenađenja za same operatere, što može dovesti do problema.

U radu pod naponom ekstremno je potrebno paziti na sigurnost. Na neki način, rad pod naponom je sigurniji od rada u beznaponskom stanju. To se može objasniti s činjenicom da su operateri koji rade pod naponom bolje psihološki pripremljeni za rad nego operateri koji rade u beznaponskom stanju. To se može provjeriti samim brojkama, gdje je broj ozljeda na radu u beznaponskom stanju znatno veći nego u radu pod naponom. Operateri za rad pod naponom moraju proći kroz obuku za rad pod naponom.

Kako bi se rad pod naponom uspješno mogao obaviti, operateri moraju koristiti ispravne alate i zaštitnu opremu. Zaštitna oprema će ih zaštititi ako je to potrebno, koliko može, a s ispravnim alatom operateri mogu rukovati bez brige da će ih isti alat dovesti u moguću opasnost.

Za rad pod naponom postoji dokumentacija koja opisuje cijeli proces rada pod naponom, opisuje gdje i kako se obavlja koji posao te što je potrebno za određene poslove. Operateri se moraju upoznati sa svim koracima rada pod naponom, kako ne bi doveli u opasnost sebe ili druge te kako ne bi izazvali štetu poslodavcu i kupcima.

## **1.1. Zadatak rada**

U diplomskom radu potrebno je dati pregled tehnologija za rad pod naponom. Nadalje, potrebno je opisati procedure održavanja niskonaponskih postrojenja u tehnologiji rada pod naponom. Nadalje, na primjeru održavanja niskonaponskog postrojenja, potrebno je prikazati postupak održavanja primjenjujući tehnologiju rada pod naponom.



## 2. PREGLED PODRUČJA RADNE TEME

Prema literaturi [1] rad pod naponom je ona vrsta rada na elektroenergetskim postrojenjima, mreži ili električnim instalacijama pri kojima radnik svjesno i s namjerom uspostavlja dodir s dijelovima koji su pod naponom. Također se može odnositi na rad pri kojem dijelovima tijela ili alatima koje koristi ulazi u zonu rada pod naponom. Literatura [1] navodi da HEP ODS već oko 15 godina radi na implementaciji tehnologije rada pod naponom u svrhu poslovnih procesa održavanja i izgradnje elektrodistribucijskih mreža i postrojenja.

Rad pod naponom je sve više potreban zbog tehnoloških i ekonomskih razloga [2]. Rad pod naponom je dopušten samo u strogo određenim uvjetima [2]. Za rad pod naponom radnicima je potrebna veća razina iskustva i znanja. Radnici moraju koristiti odgovarajuću zaštitnu opremu i moraju biti osposobljeni za rad na raznim procesima od kojih svaki mora biti u potpunosti razrađen i objašnjen [2]. Rad pod naponom se ne smije odvijati ako ima padalina, ako je smanjena vidljivost i ako postoji mogućnost požara.

Ako rad pod naponom nije moguć, moraju se primijeniti pravila za rad u beznaponskom stanju [3]. Alati i oprema koja se koristi mora biti izolirana tako da spriječi bilo koju moguću opasnost pri radu pod naponom. U literaturi [3] prikazane su vrijednosti napona i struja kratkog spoja koje moraju biti unutar određenih granica kako bi se mogao odvijati rad pod naponom.

U literaturi [4] definirane su sigurnosna i naponska udaljenost za rad pod naponom. Također opisuje različite metode rada pod naponom. Literatura [4] navodi uvjete za kandidate koji se upućuju na obuku za rad pod naponom, kao i svu dokumentaciju potrebnu za rad pod naponom.

Literatura [5] je priručnik za rad pod niskim naponom. U potpunosti opisuje proces rada pod niskim naponom uključujući potrebne uvjete, opremu, mjere sigurnosti i sve potrebne korake za obavljanje uspješnog rada.

Prema literaturi [6] znanja potrebna za rad pod naponom su još uvijek poprilično ograničena i neistražena te je potrebno još puno usavršavanja. Napominje kako se uvjeti za rad pod naponom moraju uzeti u obzir odmah pri dizajniranju svih elemenata mreže, što u prošlosti često nije bilo napravljeno.

Literatura [7] sadržava propise potrebne za rad pod naponom. Uključuje i obrazovni program i statistiku osposobljenosti HEP Nastavno obrazovni centar (NOC) Velika. Prema literaturi [7] rad pod naponom u Hrvatskoj je započeo uz pomoć stručnog osoblja iz Slovenije.

Literatura [8] opisuje primjenu rada pod naponom na elektroenergetskim postrojenjima, uz sigurnosne uvjete. U modernom tržištu električne energije, ključna je pouzdana opskrba s minimalnim prekidima. Rad pod naponom omogućava održavanje bez isključivanja, što poboljšava kvalitetu opskrbe. Iako su početni troškovi visoki, tehnologija se brzo isplati, donoseći uštede uz visoke sigurnosne standarde.

U literaturi [9] objašnjena je opravdanost rada pod naponom u slučaju niskonaponskih nadzemnih mreža, niskonaponskih kabljskih mreža i trafostanica 10(20)/0,4 kV. Nadzemne mreže imaju visoki stupanj opravdanosti za rad pod naponom, kabljske mreže srednji stupanj, isto kao i trafostanice.

U literaturi [10] mogu se pronaći neki alati koji se koriste za rad pod naponom. Kvalitetni alati su bitni kako bi osoblje koje obavlja rad pod naponom moglo na siguran način obaviti posao koji obavljaju. Korištenje alata za rad pod naponom zahtijeva visoku razinu pažnje, sigurnosne svijesti i pridržavanje propisa kako bi se osigurala zaštita korisnika i očuvanje integriteta električnih sustava.

Literatura [11] objašnjava kako se čišćenje postrojenja, tj. njegovih raznih elemenata, sve češće provodi radom pod naponom kako bi se smanjio broj isključenja. Metoda čišćenja suhim ledom je relativno nova i ima određen broj svojih uvjeta. Ima svoje prednosti kao što su ekonomičnost i prihvatljivost za okoliš.

U literaturi [12] opisane su metode rada pod naponom. Nalaze se i grafički prikazi svih metoda. Opisuju se i svojstva rada pod naponom i neki od zahvata koji se obavljaju.

Literatura [13] navodi uvjete za rad pod naponom koje operateri moraju pratiti i objašnjava metode rada pod naponom.

U literaturi [15] pronalaze se postupci potrebni za održavanje elektroenergetskih postrojenja različitim tehnologijama, što uključuje rad pod naponom.

Literatura [16] opisuje osnovne pojmove vezane za rad pod naponom u niskonaponskim postrojenjima, mjere zaštite pri radu pod naponom, alate koji se koriste pri radu pod naponom te postupke i dokumentaciju potrebnu za rad pod naponom.

Literatura [17] sadrži informacije to tome kako se rad pod naponom provodi, što uključuje pripremu, organizaciju i razne postupke. Pruža uvid i u neke jednostavnije primjere rada pod naponom kao i u neke specijalne i zahtjevnije primjere rada pod naponom.

### 3. PRIMJENA RADA POD NAPONOM

Za rad pod naponom postoje opći uvjeti koji se primjenjuju kod postrojenja niskog napona (do 1000 V AC i 1500 V DC) [16]. Osobe koje su osposobljene i pripremljene za rad pod naponom koriste te uvjete kako bi obavili zadatke koji se od njih zahtijevaju. Opći uvjeti obuhvaćaju niski napon na konstrukcijama, instalacijama i opremi.

Područja primjene rada pod naponom i čišćenja pod naponom [16]:

- Nadzemni i podzemni sustavi za distribuciju električne energije, javna rasvjeta i priključci
- Javne i privatne instalacije, električna oprema, vodovi i uređaji
- Kontrolni, mjerni i telekomunikacijski krugovi
- Akumulatorske baterije
- Električni i usponski vodovi i servisni sustavi

Specifični radovi koji se obavljaju pod naponom prema literaturi [16]:

- „Pomicanje neizoliranih nadzemnih vodiča
- Rad na niskonaponskim dijelovima kombiniranih srednjenaponskih i niskonaponskih sustava
- Spajanje i odspajanje izoliranih vodova u razvodnim ormarima i završnim spojnim razvodnim napravama
- Čišćenje
- Radni zahtjevi uporabe neizoliranih i nedovoljno izoliranih savitljivih kućišta“

Operateri koji rade pod naponom moraju biti kvalificirani za obavljanje sljedećih poslova [16]:

- Radovi na niskonaponskim javnim rasvjetnim sustavima
- Određena mjerenja koja traže dodir s neizoliranim aktivnim dijelovima
- Određena ispitivanja, primjer je ispitivanje dielektrične čvrstoće

Svaki operater kojeg se osposobljava za rad pod naponom mora zadovoljiti potrebne zdravstvene uvjete, što je dokumentirano u dokumentu Pravila i mjera sigurnosti pri radu na električnim postrojenjima Društva [16].

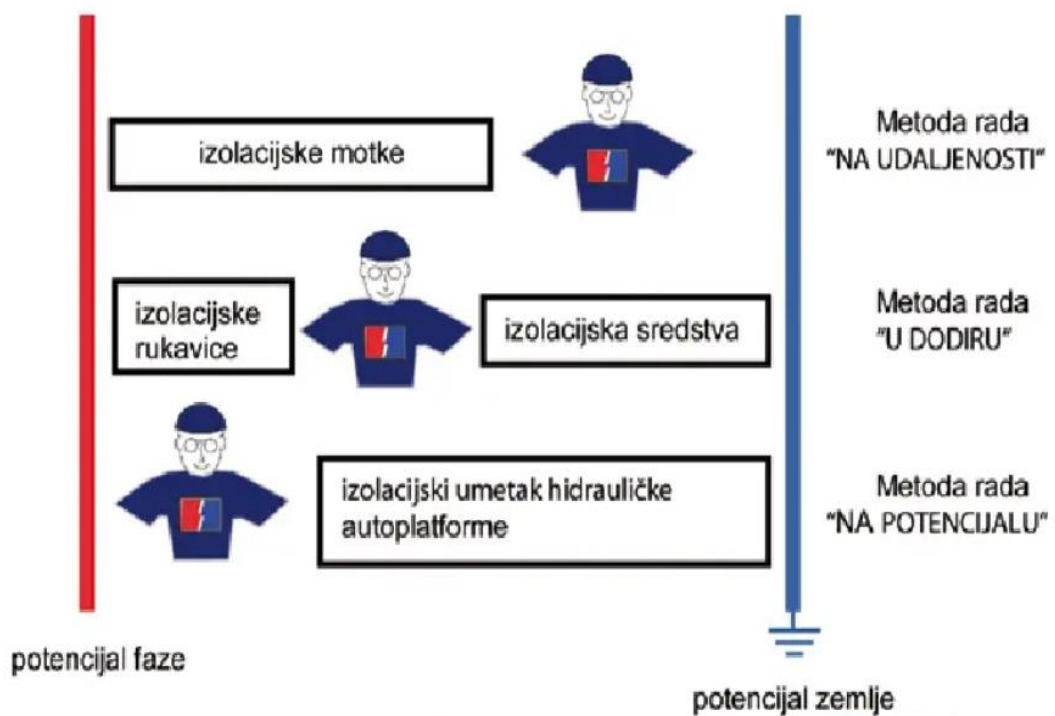
Tablica 3.1 Podjela električne opreme [16]

Z	Nadzemni vodovi	Nadzemni električni vodovi s neizoliranim ili izoliranim vodičima, spojna i razvodna oprema
U	Unutrašnja oprema	Električni vodovi, usponski vodovi ili drugo, s neizoliranim ili izoliranim vodičima i izolacijom i opremom za unutrašnjost objekta
P	Podzemni vodovi	Podzemne električne mreže u kanalima ili iskopima i spojnoj opremi
KTT	Upravljački, telekomunikacijski i mjerni vodovi	Električne instalacije i oprema u razvodnim kutijama i kanalima, izvori napajanja pomoćnih strujnih krugova

## 4. METODE RADA POD NAPONOM

Metode rada pod naponom su zapravo različiti načini na koje osoba osposobljena za rad pod naponom može obavljati pod naponom, tj. obavljati neki rad u kojem svjesno ulazi u zonu rada pod naponom. Postoje tri metode koje se mogu obavljati posebno ili istovremeno. To su:

1. Metoda rada „na udaljenosti“
2. Metoda rada „u dodiru“
3. Metoda rada „na potencijalu“



Slika 4.1 Grafički prikaz različitih metoda rada pod naponom [4]

## 4.1. Metoda rada „na udaljenosti“

Prva metoda koja se koristila za rad pod naponom bila je metoda rada „na udaljenosti“. Ova metoda jasno određuje potrebne razmake između vodljivih dijelova s različitim naponskim potencijalima, kao i između nezaštićenih dijelova tijela radnika i neizoliranih dijelova opreme [4]. Isprva je ova metoda bila primijenjena na niskonaponskim sustavima, ali s vremenom se pojavila metoda rada u dodiru koja je promijenila pristup. Danas se metoda rada „na udaljenosti“ koristi na srednjenaponskim i visokonaponskim sustavima, dok se metoda rada „u dodiru“ primjenjuje na niskonaponskim i srednjenaponskim sustavima.

Prema [4] sigurnosna udaljenost je definiran prostor između operatera i vodljivih dijelova pod naponom koji je dovoljno velik da osigura sigurno izvođenje radova bez rizika od električnog udara. Ova udaljenost omogućuje operateru da se usredotoči na svoj posao bez potrebe za stalnim praćenjem naponske udaljenosti, smanjujući rizik od nesvjesnih pokreta koji bi mogli uzrokovati nesreće ili ozljede [4].

Tablica 4.1 Sigurnosne udaljenosti prema naponskim razinama [4]

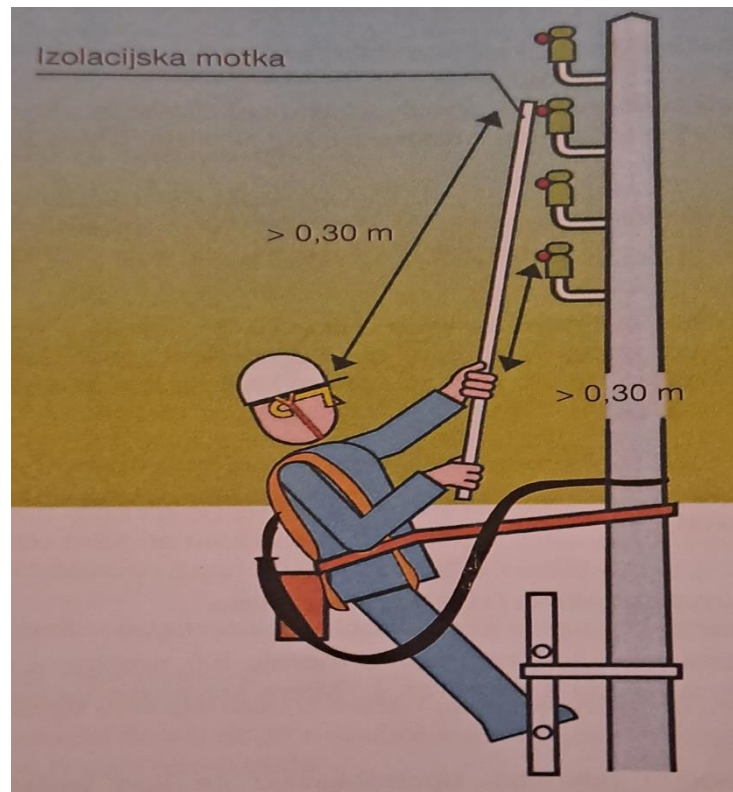
Un [kV]	g [m]
10	0,3
20	0,3
35	0,4
>35	0,5 prema HRN EN 50110:2008

Ove vrijednosti se odnose na srednje napone, tako da pri niskom naponu vrijednost sigurnosne udaljenosti definitivno neće biti veća od 0,3 m.

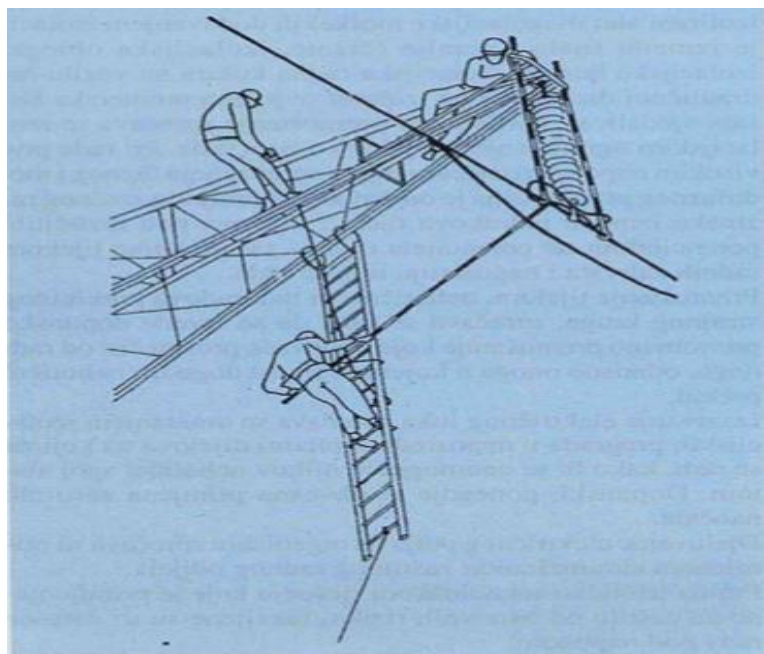
Minimalna udaljenost približavanja zrakom je najmanja dozvoljena udaljenost između operatera (ili alata koje koristi) i vodljivih dijelova pod naponom koja osigurava sigurnost od električnog udara [4]. Ova udaljenost se određuje na temelju potencijalnih razlika i specifičnih uvjeta rada, te uključuje sigurnosne margine kako bi se spriječile nesreće uzrokovane nesvjesnim ili nekontroliranim pokretima operatera [4].

Zona kretanja je definirano područje ili prostor u kojem operater ili grupa operatera može slobodno kretati dok obavljaju svoje radne zadatke [4]. Veličina ove zone određena je mogućim pokretima nezaštićenih dijelova tijela operatera i vodljivih dijelova alata tijekom izvođenja radova [4]. Ova

zona obično uključuje prostor oko operatera u kojem se nezaštićeni dijelovi tijela mogu kretati bez doticaja s vodljivim dijelovima pod naponom ili drugim potencijalno opasnim dijelovima [4].



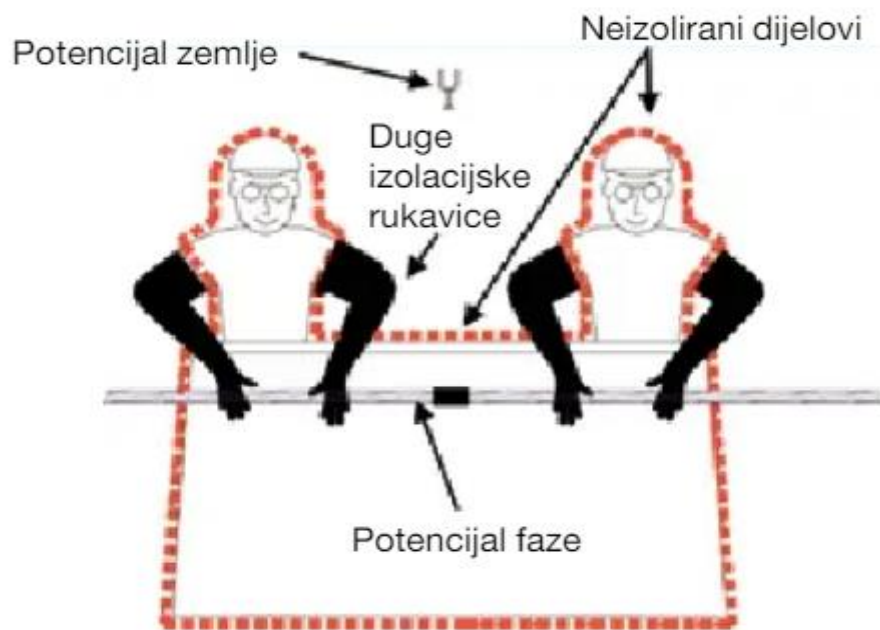
Slika 4.2 Grafički prikaz metode rada „na udaljenosti“ kod kojeg su jasno vidljive sigurnosne udaljenosti [17]



Slika 4.3 Metoda rada „na udaljenosti“ [12]

## 4.1. Metoda rada „u dodiru“

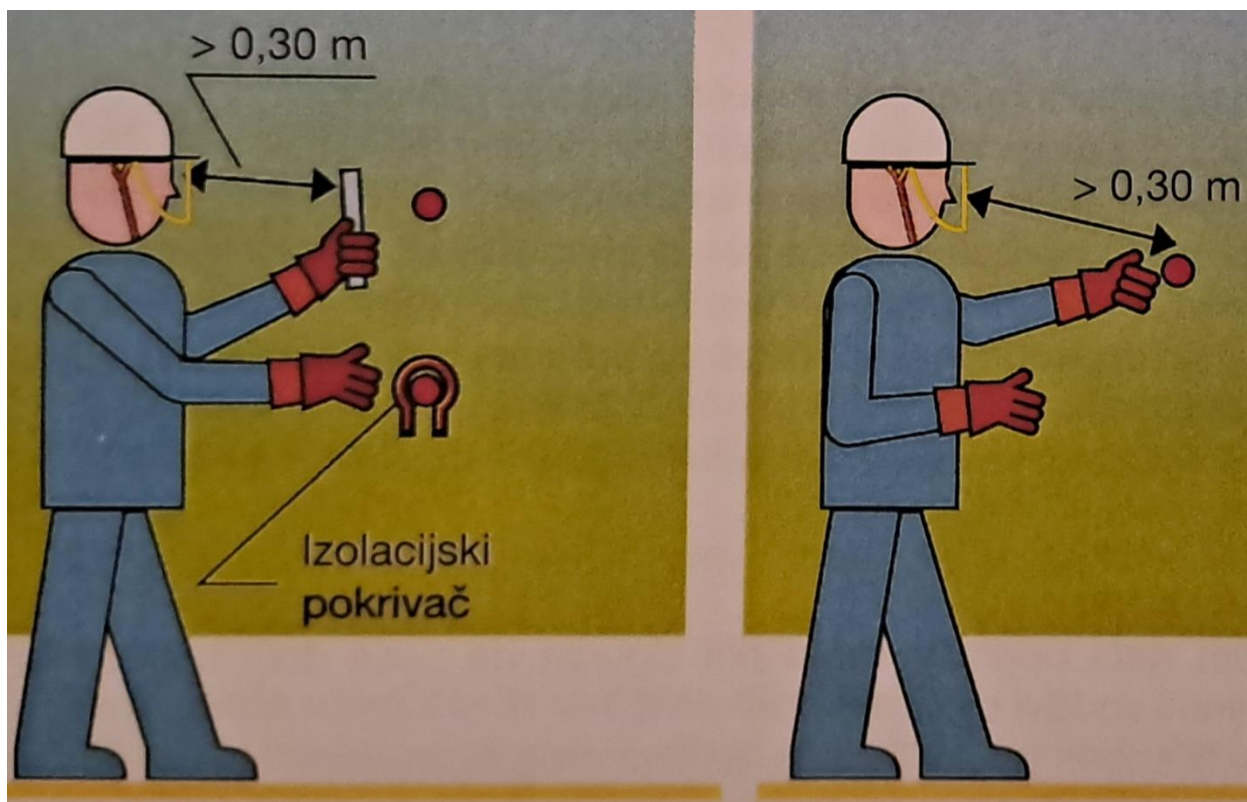
U metodi rada "u dodiru", operater je adekvatno zaštićen od aktivnih dijelova na kojima radi. On ulazi u prostor koji je smješten između aktivnih dijelova unutar MUP - SN (minimalno udaljenost približavanja). Operater može raditi na potencijalu faze ili potencijalu zemlje, koristeći izolacijsku platformu ili hidrauličku košaru s izolacijskim umetkom [4]. Ova metoda je znatno brža i jednostavnija. Za zaštitu koriste se izolacijske rukavice.



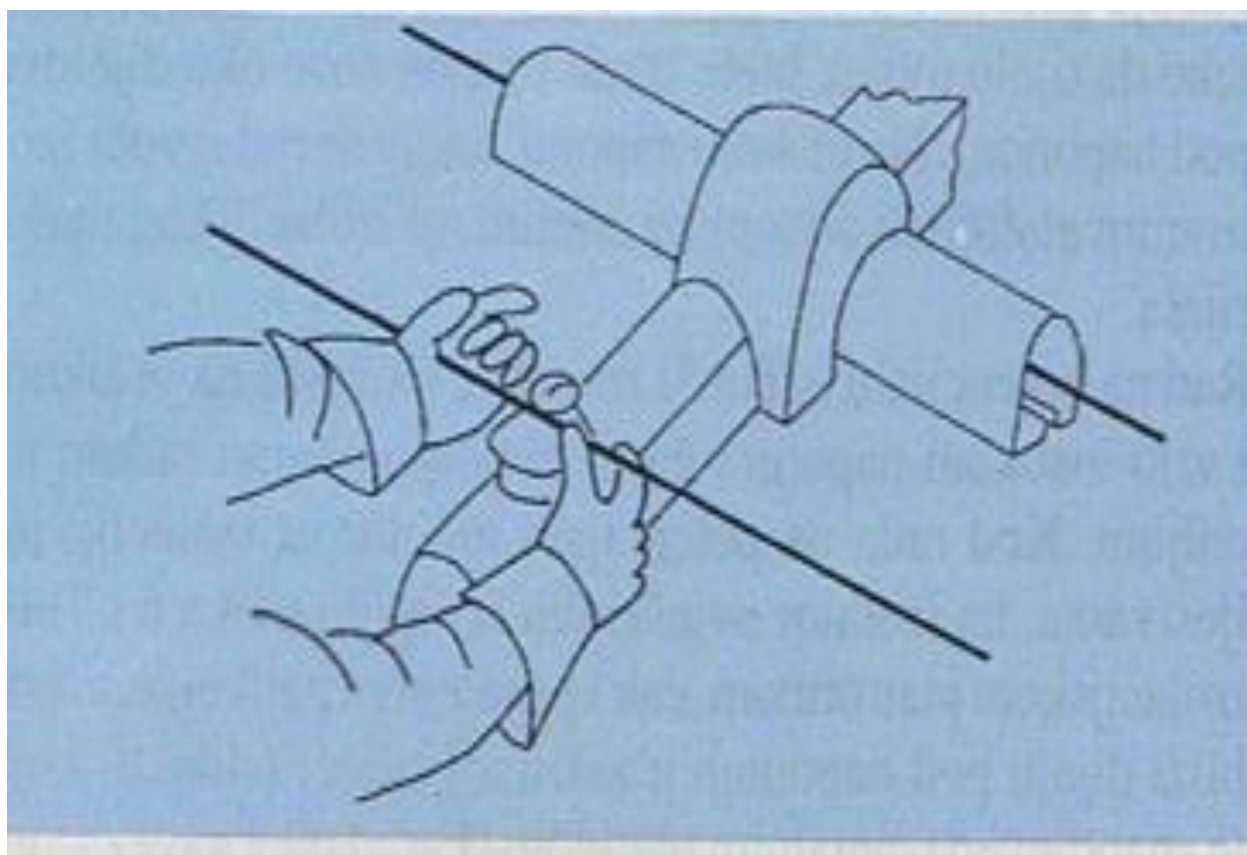
Slika 4.4 Zona kretanja dvaju operatera [4]

Ova metoda omogućava operateru pristup postrojenju i izvršavanje poslova koristeći manje alate. Bez potrebe za glomaznim ili povremeno nezgrapnim izolacijskim pomagalicama, postiže se efikasnija izvedba. Metoda se primjenjuje na niskom naponu do 1000 V AC ili 1500 V DC, ali sve češće se koristi i na srednjem naponu uz upotrebu izolacijskih platformi radi ostvarivanja potrebnih uvjeta.





Slika 4.5 Grafički prikaz metoda rada u dodiru gdje su jasno vidljivi sigurnosni razmaci [17]



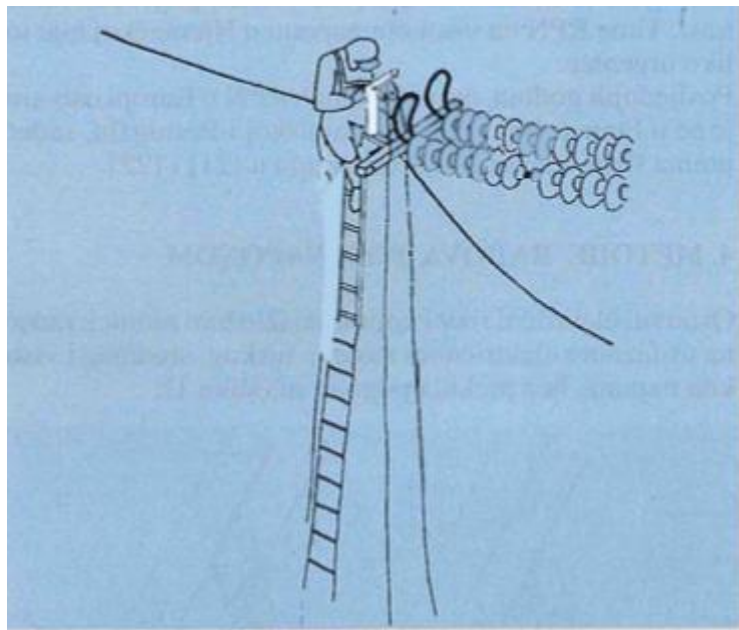
Slika 4.6 Metoda rada uz dodir [12]



Slika 4.7 Metoda rada „uz dodir“, praktični primjer na kabelu u HEP NOC Velika

## 4.2. Metoda rada „na potencijalu“

Prema literaturi [4]: “U metodi rada "na potencijalu", operater je uvijek na istom električnom potencijalu kao i dijelovi na kojima obavlja posao“. Literatura [4] kaže: „Operater mora uvijek zadržavati minimalnu udaljenost približavanja - sigurnosnu udaljenost između sebe, alata koje koristi i dijelova koje drži, s jedne strane, te ostalih dijelova koji su na potencijalu različitom od onog na kojem se radi, s druge strane“. Literatura [4] također navodi: „Prilikom prijelaza s potencijala zemlje na potencijal aktivnih dijelova i obratno, operater nije električki povezan ni s jednim fiksnim potencijalom, već se smatra da je na privremenom ili lutajućem potencijalu“. Tijekom ovog prijelaznog razdoblja, operater je smješten u košari hidrauličke autoplatforme koja je opremljena izolacijskim umetkom. Ova metoda koristi se na naponima AC iznad 1000 V i DC iznad 1500 V. Zaštitno odijelo, koje tvori Faradayev kavez s metalnim pletivom, potrebno je povezati savitljivim vodičem s dijelom pod naponom. Time se osigurava da nema razlike u potencijalu. **Metoda rada „na potencijalu“ nije dopuštena** zbog malih udaljenosti između dijelova električnog postrojenja na različitim fiksnim potencijalima i zbog toga što se operater uvijek smatra galvanski vezanim za potencijal zemlje.



Slika 4.8 Metoda rada na potencijalu [12]

Metoda rada „na potencijalu“ zahtjeva visoku uvježbanost i vještinu operatera [12].

### **4.3. Kombinacija metoda rada pod naponom**

Metode RPN-a – „na udaljenosti“, „u dodiru“ i „na potencijalu“ - mogu se koristiti pojedinačno ili u kombinaciji na istom radnom mjestu. Na jednom stupu, oba operatera moraju koristiti istu metodu i biti na istom potencijalu. Za promjenu metode rada potrebno je prethodno odobrenje rukovoditelja radova [4].

## 5. UVJETI RADA POD NAPONOM

### 5.1. Opći uvjeti i zahtjevi

Potreba za radom pod naponom postaje sve veća, što iz tehnoloških što iz ekonomskih razloga [2]. Koristi se u prijenosu i distribuciji te u industrijskim pogonima. Prema literaturi [2]: „Pravilnik o zaštiti na radu pri korištenju električne energije predviđa i dopušta rad pod naponom na postrojenjima niskog i visokog napona, ali pod strogo određenim uvjetima“.

Literatura [2] kaže: „Rad pod naponom zahtijeva višu razinu stručnosti i iskustva, specifičnu obuku, poboljšane psihofizičke sposobnosti radnika i izvanrednu radnu disciplinu“. Za rad pod naponom postoje određeni uvjeti prema literaturi [2]:

- „Radni postupak mora biti utvrđen i provjeren.
- Moraju postojati interne upute za svaku vrstu rada.
- Mora postojati odgovarajući izolacijski alat i zaštitna sredstva.
- Zaposlenici moraju biti stručno osposobljeni za rad pod naponom, a njihova osposobljenost mora biti posebno provjerena.“

Postoje određeni uvjeti pri kojima je rad pod naponom zabranjen. To su svi uvjeti koji predstavljaju visoku opasnost za operatere. Prema literaturi [2] rad pod naponom je zabranjen ako:

- Ako na mjestu rada postoji mogućnost da električna iskra izazove požar ili eksploziju.
- Za vrijeme nevremena praćenog atmosferskim pražnjenjima vidljivim s mjesta rada.
- Pri smanjenoj vidljivosti.
- Za vrijeme jakog vjetera i padalina na otvorenom prostoru.

Rad pod naponom je složen posao, pa se smiju izvoditi samo radovi koji su potpuno sigurni. To zahtijeva detaljnu razmatranje svakog uvjeta za rad pod naponom te se oni moraju zadovoljiti. Jedan od najbitnijih zahtjeva za rad pod naponom je korištenje odgovarajuće zaštitne opreme. To uključuje odgovarajući alat za rad pod naponom.

Tehnološki razvoj znatno je poboljšao sredstva rada, zaštitnu opremu i osobna zaštitna sredstva u pogledu kvalitete, pouzdanosti, izolacijskih mogućnosti i ergonomije [13]. Viša razina stručne osposobljenosti zaposlenika omogućava brže uvođenje rada pod naponom. Ovo će smanjiti broj smrtnih slučajeva i ozljeda te donijeti značajne ekonomske koristi [13].

Prema literaturi [13] radovi na dijelovima objekata pod naponom su dozvoljeni ako:

- „Radnik ima stručnu sposobnost za takav rad i osposobljen je za rad na siguran način prema utvrđenim vrstama i opsegu opasnosti.
- Se koriste odgovarajući izolirani alat, pomoćna sredstva, zaštitna oprema i osobna zaštitna sredstva za svaku vrstu rada prema izabranom sistemu rada pod naponom.
- Su izabrana metoda rada pod naponom i radni postupak utvrđeni i provjereni.
- Su dostupne pismene upute za svaku vrstu rada.“

Prema literaturi [3]: „Ako se uvjeti za rad pod naponom ne mogu u potpunosti ostvariti, onda treba primijeniti pravila za rad u beznaponskom stanju“. Kod rada pod naponom strogo je zabranjeno nositi bilo kakvu vrstu nakita, jer može izazvati električni udar ili kratki spoj [3]. Električni udar i kratki spoj se moraju obavezno spriječiti. Potrebno je redovito produžavati valjanost ovlaštenja za rad pod naponom, uzimajući u obzir razinu osposobljenosti i učestalost obavljanja tog posla [3].

Provjerava se prilikom:

- premještanje osoblja,
- promjene zaduženja,
- dugotrajnog prekida rada,
- zdravstvenih ograničenja,
- prijavljenog nepoštivanja radnih uputa,
- značajne promjene na postrojenjima (npr. promjene u pogonskim sredstvima ili konstrukciji),
- promjene u načinu rada ili u postupcima stavljanja u pogon.

Provjeru ovlaštenja za rad pod naponom obavezno treba obavljati barem jednom godišnje [3].

Neke od normi, pravila i zakona koje se prati pri radu pod naponom koje navodi literatura [4]:

- „Zakon o zaštiti na radu (NN 59/96, 94/96, 114/03, 100/04, 86/08, 116/08, 75/09)
- Zakon o radu (NN 149/09)
- Pravilnik o zaštiti na radu (Bilten HEP-a br. 131/04)
- Pravilnik o poslovima s posebnim uvjetima rada (NN 5/84)
- Pravilnik o zaštiti na radu pri korištenju električne energije (NN 116/10)
- Pravila i mjere sigurnosti pri radu na elektrodistribucijskim postrojenjima (Bilten HEP-a 94/01)

- Hrvatska norma "Pogon električnih postrojenja" (HRN EN 50110-1:2008 i HRN EN 50110-2:2008)
- Zbirka uputa za rad na siguran način (HEP d.d. Zagreb)
- Priručnik prema temeljnom programu osposobljavanja za rad na siguran način (HEP d.d. Zagreb 8/1998)
- Priručnik za električare prema specijalističkom programu osposobljavanja za rad na siguran način (HEP d.d. Zagreb 7/98-02)“

Kandidati koji se prijavljuju na obuku za rad pod naponom moraju posjedovati opće teorijsko znanje iz područja elektrotehnike, matematike, mehanike, tehnologije opreme postrojenja te propisa i normi.

Također moraju zadovoljiti uvjete pri pregledu zdravstvene i psihičke sposobnosti [4].

Tablica 5.1 Zahtjevi primjene metoda rada pod naponom [14]

Posebni zahtjevi	Normirana metoda rada
	Radovi pod naponom
Radni postupci - općenito	<ul style="list-style-type: none"> <li>• planiranje rada</li> <li>• raspoloživost uputa za sigurno izvođenje radova</li> <li>• osiguranje odgovarajućih radnih dokumenata: <ul style="list-style-type: none"> <li>○ naloga</li> <li>○ dozvola</li> <li>○ službenih obavijesti</li> </ul> </li> <li>• osiguranje dopuštenja za početak radova od strane rukovodećih električnih postrojenja</li> <li>• posebni zahtjevi izvođenja radnog postupka</li> </ul>
Radni postupci - vremenski uvjeti	<ul style="list-style-type: none"> <li>• u slučaju nepovoljnih vremenskih uvjeta moraju se uvesti ograničenja: <ul style="list-style-type: none"> <li>○ približavanje grmljavinske oluje</li> <li>○ jako sijevanje i grmljavina</li> <li>○ kod slabe vidljivosti</li> <li>○ kod pojačanog vjetra</li> <li>○ o kod vrlo niskih i visokih temperatura na način da se prekinu započeti radovi ili da se odgode planirani radovi.</li> </ul> </li> </ul>
Radni postupci - posebni zahtjevi	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Razrada metoda rada pod naponom: <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Rad pod naponom pomoću izolacijskih motki – rad na sigurnoj udaljenosti</li> <li>○ Rad pod naponom korištenjem izolacijske opreme: rukavice, prekrivke, itd., te izolacijskog alata i opreme</li> <li>○ Rad pod naponom golim rukama – rad na istom potencijalu</li> </ul> </li> <li>• Osiguranje otklanjanja rizika pojave vatre ili eksplozije</li> <li>• Kvalitetno lociranje mjesta rada i potencijala okolnog postrojenja</li> <li>• Osiguranje stabilnog stajališta zaposlenika</li> <li>• Osiguranje odgovarajuće opreme, alata, zaštitnih sredstava i osobnih zaštitnih sredstava za izvođenje radova pod naponom</li> <li>• Osigurati posebnu stručnu obučenosť zaposlenika za rad pod naponom</li> <li>• Uovoljiti zdravstvenim uvjetima zaposlenika za rad pod naponom</li> </ul>



	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Osigurati upute za sigurno izvođenje pod naponom za svaku radnu operaciju</li> <li>• Osigurati upute za korištenje, kontrolu, ispitivanje, održavanje, skladištenje, transport opreme i alata za radove pod naponom</li> <li>• Periodično provjeravati teoretsku i praktičnu razinu osposobljenosti za izvođenje radova pod naponom</li> <li>• Ispunjavanje posebnih zahtjeva glede uvjeta rada kao što su:       <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Opis odnosa osoblja u realizaciji radova pod naponom</li> <li>○ Mjere radi ograničenja sklopnih prenapona na mjestu rada</li> <li>○ Utvrđivanje radnih zračnih razmaka na bazi faznog napona</li> </ul> </li> <li>• Ispunjavanje posebnih zahtjeva glede okolnih uvjeta i uslijed pojava:       <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Smanjenje izolacijskih svojstava</li> <li>○ Smanjena vidljivost</li> <li>○ Smanjena pokretljivost radnika</li> <li>○ Pogonski prenaponi</li> </ul> </li> <li>• Ispunjavanje posebnih zahtjeva glede organizacije rada, kao što su:       <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Proučavanje svih aspekata sigurnosti (električni i drugi) u pripremi rada</li> <li>○ Dovođenje električnih postrojenja u stanje utvrđeno na osnovi potrebne pripreme</li> <li>○ Utvrđivanje mjesta gdje je zabranjeno korištenje APU-a, uz stavljanje upozorenja da su u tijeku radovi pod naponom</li> <li>○ Uspostava izravnih komunikacijskih veza</li> <li>○ Ishođenje odobrenja za početak radova pod naponom koje može dati samo rukovoditelj radova</li> <li>○ Osiguranje propisanog obavještanja i linije obavještanja</li> <li>○ Poduzimanje odgovarajućih mjera sigurnosti po prekidu radova pod naponom</li> </ul> </li> <li>• Posebni zahtjevi glede postrojenja malog napona:       <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Kod SELV postrojenja rad pod naponom je dopušten bez mjera zaštite od direktnog dodira ali uz poduzimanje mjera zaštite od kratkog spoja</li> </ul> </li> </ul>
--	--

	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Kod PELV i FELV postrojenja moraju se poduzeti zahtjevi za postrojenja do 1 kV</li> <li>• Posebni zahtjevi za niskonaponska postrojenja: <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Kod postrojenja do 1000 V~ i 1500 V= zaštićenih od nadstruja i kratkih spojeva moraju se upotrebljavati izolacijske naprave za zaštitu od susjednih dijelova pod naponom, izolirani ili izolacijski alati i odgovarajuća osobna zaštitna sredstva.</li> </ul> </li> <li>• Posebni zahtjevi za visokonaponska postrojenja: <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Sve izabrane metode i alati moraju se provjeravati glede njihove prikladnosti za postrojenje na kojem se radi</li> <li>○ Dielektrične i mehaničke karakteristike moraju odgovarati fizikalnim parametrima na mjestu rada</li> </ul> </li> <li>• Posebni radovi na aktivnim dijelovima – zahtjevi: <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Za radove poput čišćenja, prskanja i uklanjanja s izolatora moraju se utvrditi posebne upute za rad</li> </ul> </li> <li>• Osoblje mora biti stručno ili upućeno</li> </ul>
--	--

## 5.2. Vremenski uvjeti

Tablica 5.2 Rad pod naponom na nadzemnim vodovima- ograničenja s obzirom na vremenske uvjete [16]

Uvjeti	Nadzemni vodovi
Male atmosferske smetnje	Radovi mogu biti započeti i završeni.
Velike atmosferske smetnje	Radovi se ne smiju započinjati, ali radni postupci u tijeku se mogu završiti.
Gusta magla	Radovi se ne smiju započinjati, ali radni postupci u tijeku se mogu završiti.
Jak vjetar	Radovi se ne smiju ni započinjati ni završavati.  Vjetar je jak kada ne dopušta operateru da se pravilno koristi alatom i opremom sa zadovoljavajućom preciznošću ili ako je operater zbog vjetra nestabilan.
Grmljavina	Radovi se ne smiju ni započinjati ni završavati.

Tablica 5.3 Rad pod naponom na podzemnim vodovima i unutrašnjoj opremi niskog napona- ograničenja s obzirom na vremenske uvjete [16]

Uvjeti	Podzemni vodovi i unutrašnja oprema
Male ili velike atmosferske smetnje	Rad može biti započet ili završen ako je na mjestima: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Koja su zaštićena od smetnji</li> <li>• Koja su zaštićena od pljuskova kiše</li> <li>• Koja su dovoljno vidljiva.</li> </ul>
Gusta magla	Rad može biti započet ili završen ako je na mjestu rada dovoljna vidljivost.
Jak vjetar	Rad može biti započet ili završen ako je mjesto rada zaštićeno od udara vjetra.
Grmljavina	Rad ne smije biti započet ili završen.

Radovi na otvorenom prostoru nisu dopušteni ako je temperatura niža od -18 °C ili viša od 35 °C u hladu [16].

Tablica 5.4 Radovi na čišćenju pod naponom - ograničenja s obzirom na vremenske uvjete [16]

Uvjeti	Vanjske instalacije	Unutarnja oprema
Velike atmosferske smetnje, gusta magla, snažni vjetar	Radovi se ne smiju ni započinjati ni završavati.  Vjetar se smatra jakim ako smeta operatera da se koristi alatom i opremom sa zadovoljavajućom preciznošću ili ako je operater zbog vjetra nestabilan.	Radovi se ne smiju ni započinjati ni završavati.
Grmljavina	Radovi se ne smiju ni započinjati ni završavati.	Radovi se ne smiju ni započinjati ni završavati.

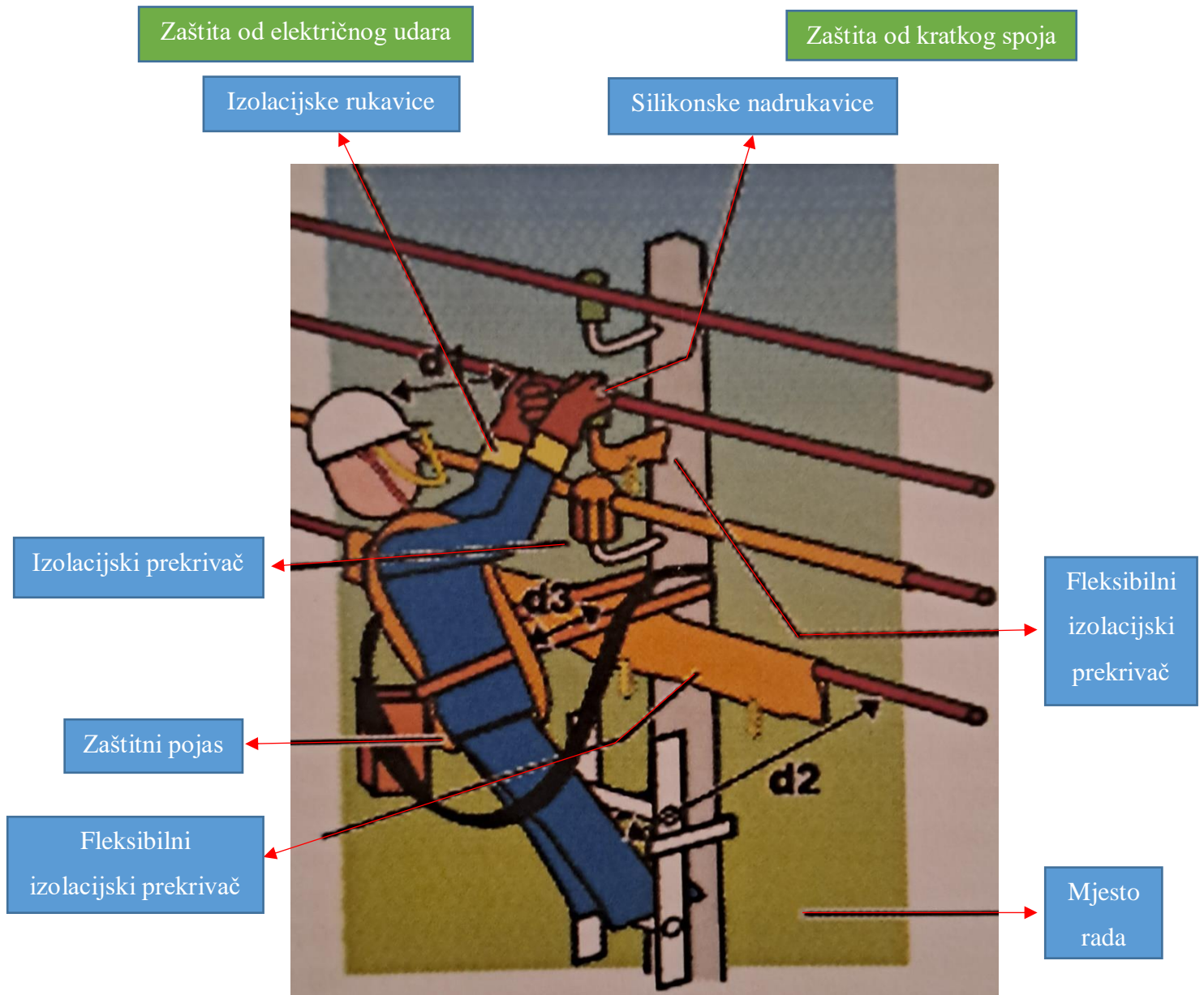
### 5.3. Zaštita od kratkih spojeva

Literatura [16] tvrdi: „Kratki spoj nastane dodirivanjem vodljivih dijelova na različitim fiksnim potencijalima“. Tijekom rada pod naponom kratki spoj može biti izazvan na razne načine. Prema literaturi [16], neki od njih su:

- „Alat s nezaštićenim metalnim dijelom
- Pomicanje aktivnih neizoliranih dijelova
- Premošćivanje izolatora metalnim dijelom alata
- Micanjem ili postavljanjem vezne žice
- Pad nekog metalnog predmeta između dijelova na različitim potencijalima
- Nepravilnim čišćenjem aktivnih neizoliranih dijelova“

Dijelovi koji su na različitim potencijalima ne smiju doći u dodir. Zato se koriste izolacijski alati. Izolacijski prekrivači se koriste da se prekriju svi aktivni neizolirani dijelovi na kojima operater ne radi. Prema literaturi [16], operater procjenjuje opasnost na temelju:

- „Dimenzija neizoliranih vodljivih dijelova na kojima radi
- Neizoliranih dijelova izoliranog alata
- Mogućnostima pomicanja dijelova u električnom okolišu
- Vlastitih pokreta i aktivnosti“



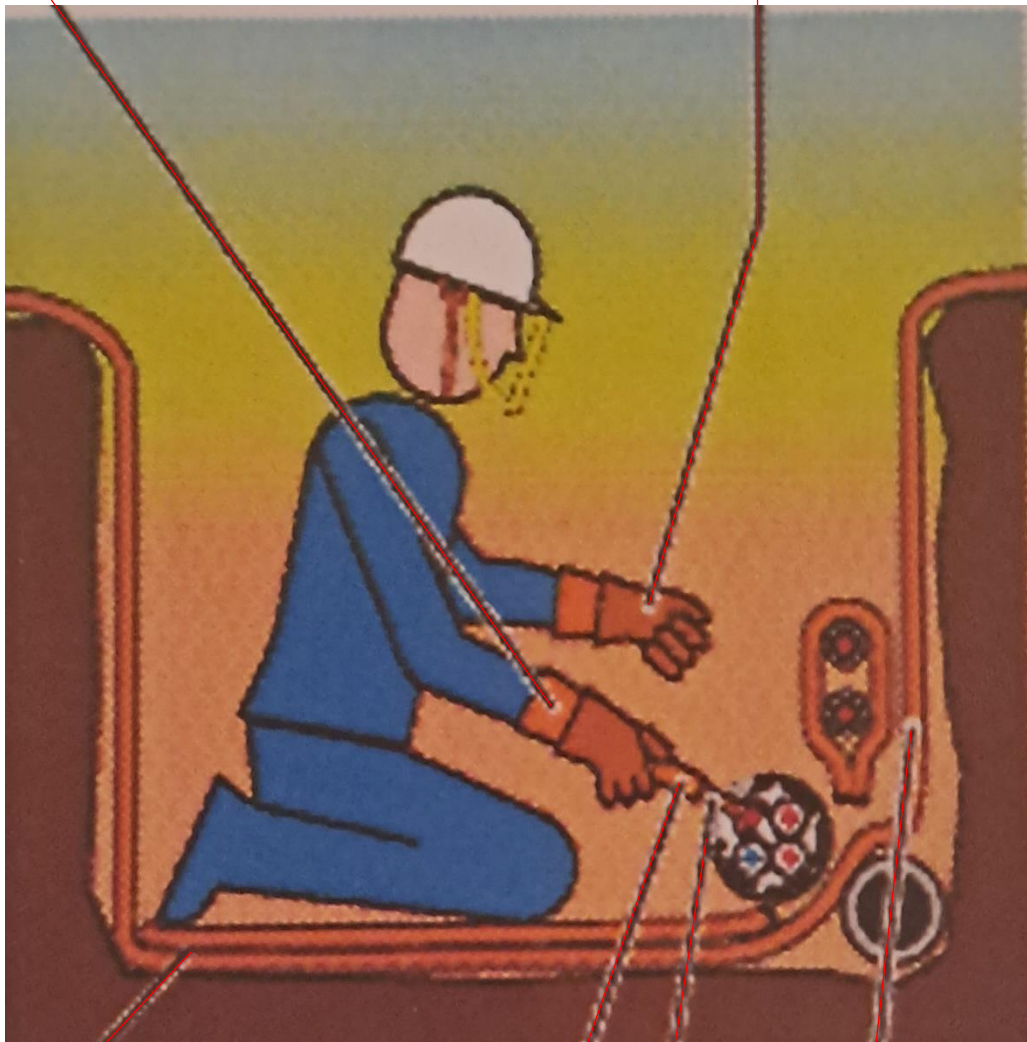
Slika 5.1 Rad pod naponom na nadzemnim vodovima s neizoliranim vodičem [16]

Zaštita od električnog udara

Zaštita od kratkog spoja

Izolacijske rukavice

Silikonske nadrukavice



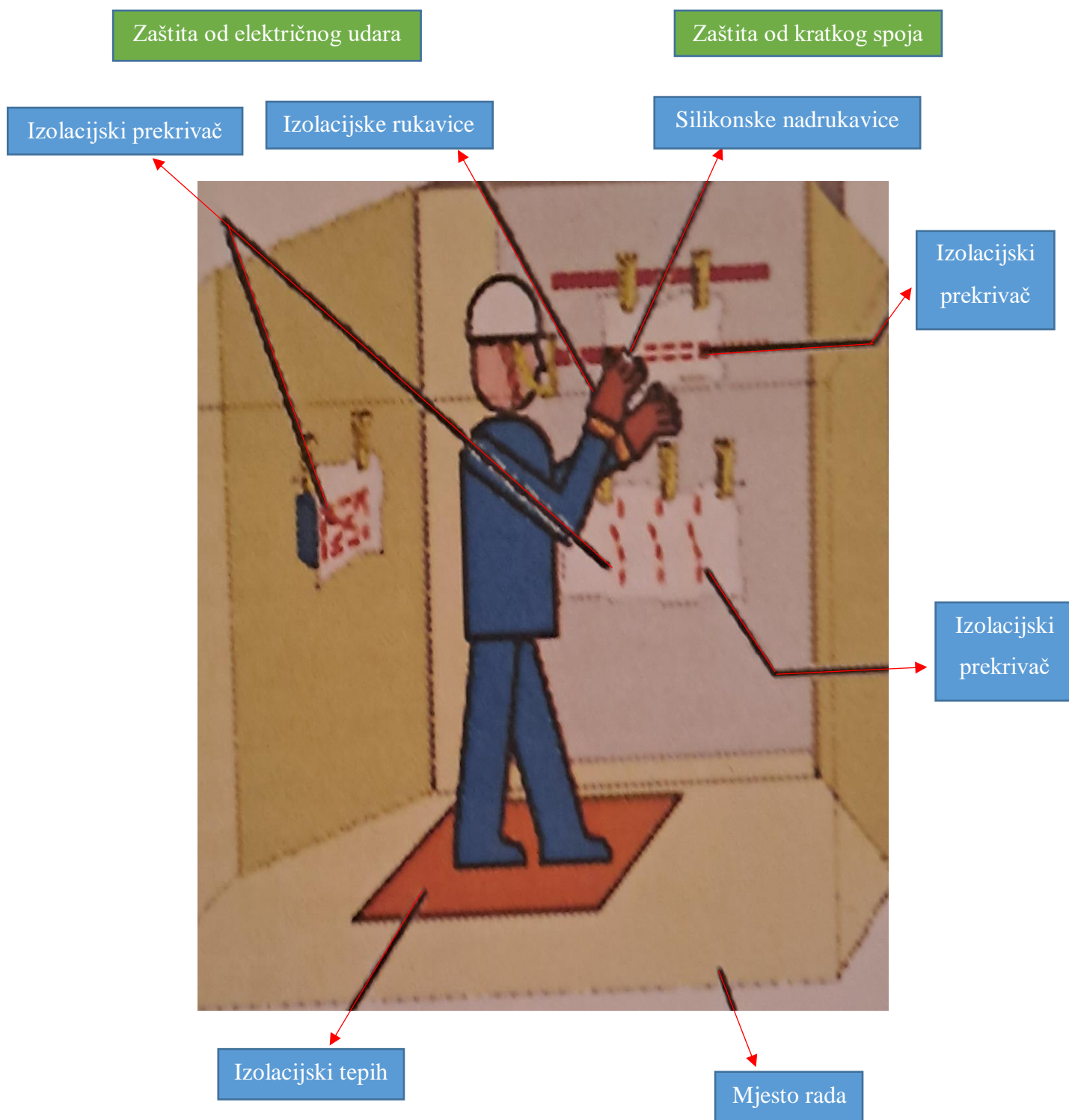
Izolacijski tepih i polivinilni prekrivač

Izolirani alat

Izolacijski prekrivač

Izolacijski prekrivač

Slika 5.2 Rad pod naponom na podzemnim kabelima [16]



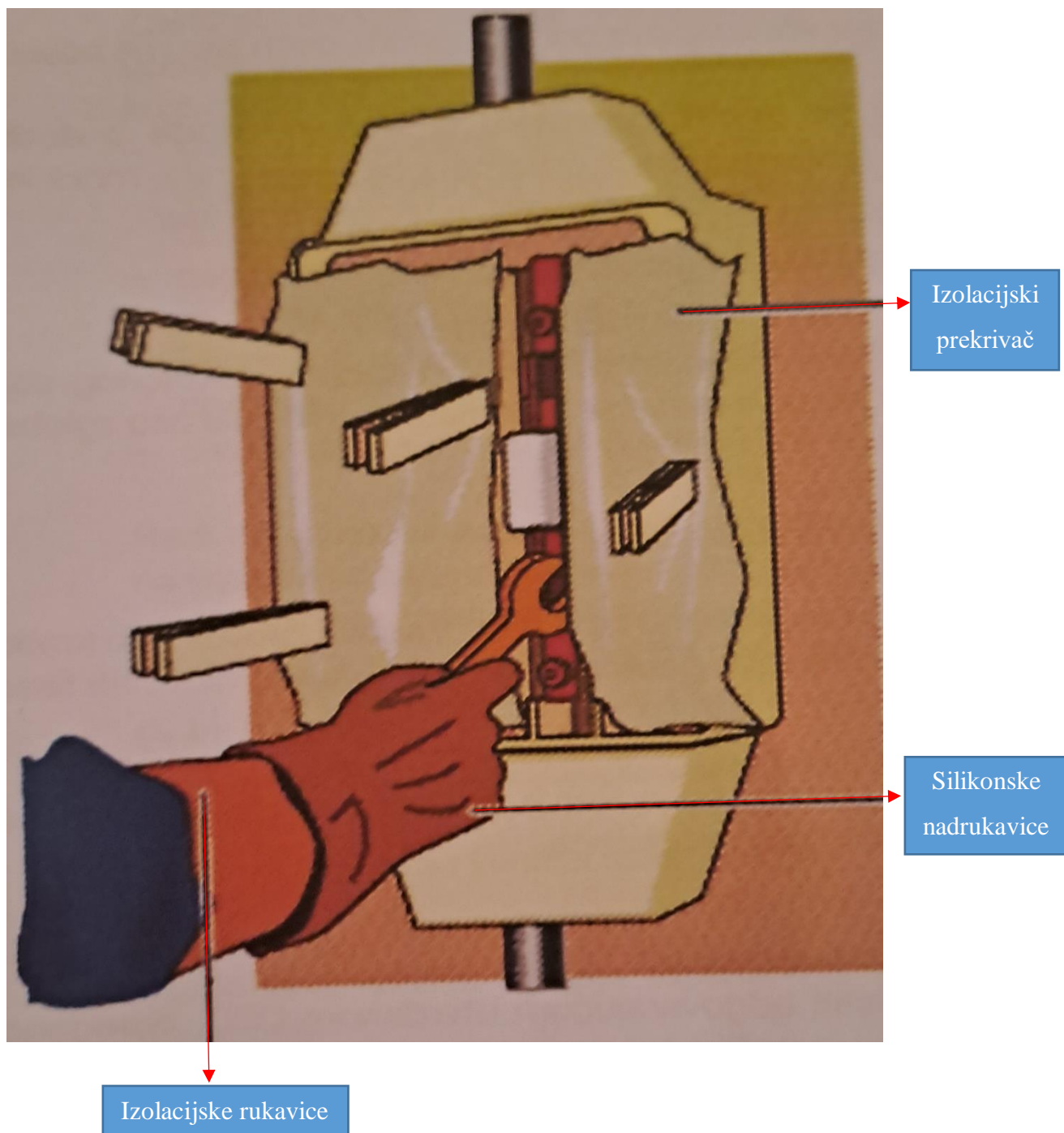
Slika 5.3 Rad pod naponom na opremi u razvodnim kutijama i ormarima u vlažnim prostorima

[16]



Zaštita od električnog udara

Zaštita od kratkog spoja



Slika 5.4 Rad pod naponom na opremi- razvodne kutije i ormarići [16]

## 6. ALATI I OSOBNA ZAŠTITA ZA RAD POD NAPONOM

Alati i zaštitna oprema koji se koriste pri radu pod naponom moraju posjedovati sve potrebne certifikate i odobrenja koja su potrebna za rad pod naponom. Kvalitetni i sigurni alati i oprema su jedan od temeljnih preduvjeta za implementaciju rada pod naponom [1]. Alati kojima radnici rukuju pri radu pod naponom ne smiju dovesti do strujnog udara ili nekog drugog štetnog učinka električne energije [1]. Alate i opremu koja se koristi pri radu pod naponom treba redovito održavati.

Zaštitne naprave koje se koriste za rad u blizini električnih postrojenja i instalacija navedene u literaturi [3]:

- „Izolacijske motke (mjerne motke, motke za uzemljenje, pomoćne, uslužne motke i slično)
- Izolacijske ploče, izolirane platforme i stajališta
- Pomične i krute izolacijske navlake, prekrivači i prostirači
- Prenosive naprave za uzemljenje i kratko spajanje
- Trajno ugrađene naprave za uzemljenje i kratko spajanje
- Prepreke, ograde i zastavice
- Mjerila napona i indikatori napona
- Uređaji za lokaciju ili probijanje kabela
- Druge zaštitne naprave“

Literatura [3] kaže: „Alati, zaštitne naprave i osobna zaštitna oprema moraju biti izrađeni prema važećim hrvatskim, europskim ili međunarodnim normama“. Također, moraju imati upute proizvođača za korištenje i održavanje. Poslodavac mora osigurati da su te upute dostupne radnicima na hrvatskom jeziku [3]. Prema literaturi [3]: „Poslodavac mora osigurati da se alati, zaštitne naprave i osobna zaštitna oprema koriste, održavaju, ispituju i skladište prema propisima, normama i uputama proizvođača“. Literatura [3] navodi: „Radnici moraju biti upoznati s ispravnim održavanjem, ispitivanjem i skladištenjem te osposobljeni i uvježbani za pravilno korištenje, pregled i čišćenje.“

Oprema za rad pod naponom se može podijeliti na [12]:

- Oprema za pristup mjestu rada
- Radne izolacijske motke
- Noseće izolacijske motke
- Konzole

- Dizalice
- Pomoćna sredstva
- Izolacijske obloge, prekrivači, zasloni
- Naprave za električno premoštenje
- Osobna zaštitna oprema

Kada se za neki alat ili opremu primijeti da je neispravna, na nju se lijepi naljepnica kojom se označava da je neispravna [12]. Oprema se odmah mora poslati na popravak. Nakon popravka, ispravni alat i oprema dobiva odgovarajuću naljepnicu pomoću koje operateri znaju da je oprema ispravna [12]. Najčešće vrste kvarova su mehanički kvarovi.

### **6.1. Osobna zaštitna oprema**

Za održavanje osobne zaštitne opreme zadužen je operater kojem oprema pripada. Mora se nositi prilikom svakog rada pod naponom, ako nije suprotno naglašeno. Potrebna oprema može varirati od zadatka do zadatka. Moguće velike opasnosti prilikom rada pod naponom su opasnost od električnog udara i kratkog spoja. Kako bi se operater zaštitio od navedenih opasnosti mora imati zaštitnu opremu.

Uz nošenje izolacijskih rukavica za niske napone, obavezno se mora nositi zaštitna oprema prilikom rada na ili blizu izloženih niskonaponskih uređaja [5]:

- Odjeću otpornu na učinke električnog luka
- Zaštitne naočale
- Sigurnosnu kacigu
- Zaštitnu obuću
- Sigurnosni pojas / sustav za zaustavljanje pada (pri radu na visini)

Osobna zaštitna oprema za rad u blizini električnih postrojenja i instalacija navedena u literaturi [3]:

- „Izolacijske rukavice,
- Izolacijske čizme i kaljače,
- Zaštitne naočale i zaštitni zaslon za oči,
- Zaštitna izolacijska kaciga,
- Zaštitna odjeća,
- Zaštitna obuća,
- Zaštitne rukavice,

- Plinske maske,
- Druga osobna zaštitna oprema“



Slika 6.1 Izolacijske rukavice

Alati i zaštitna oprema koja se koristi pri radu pod naponom ima oznaku duplih trokuta što je vidljivo na slici 6.1.



Slika 6.2 Kožne rukavice

Izolacijske rukavice štite od električnog udara, a kožne rukavice koje se nose preko izolacijskih štite operatera od topline nastale kratkim spojem. Prilikom rada pod naponom moraju se koristiti izolacijske rukavice. Izolacijske rukavice za niske napone imaju vanjske zaštitne rukavice na svakoj ruci [5]. Živi, nezaštićeni vodič se smije dodirivati samo rukama pokrivenim izolacijskim rukavicama [5]. Pamučne unutarnje rukavice se nose kako bi apsorbirale znoj prilikom rada. Metalni prstenovi, satovi i drugi nakit ne smiju se nositi na rukama i zapešćima kada se nose izolacijske rukavice za niske napone jer mogu uzrokovati mehanička oštećenja i predstavljaju električnu i opasnost od opekline [5].



Slika 6.3 Etiketa unutar zaštitne kacige



Slika 6.4 Zaštitna kaciga

Zaštitna kaciga štiti operatera od mehaničkih izvora opasnosti, električnog udar i kratkog spoja. Mehanički izvori opasnosti mogu se pojaviti u raznim situacijama, npr. pri radu na visini može doći do pada alata. Prilikom kretanja operater može glavom udariti u neki objekt kojeg nije na vrijeme vidio i slično. Zaštita od električnog udara se postiže izradom zaštitne kacige od sintetičkog materijala koji nema metalnih dijelova i ventilacijskih otvora. Kaciga se ne smije otopiti djelovanjem topline prilikom kratkog spoja. Kako bi zaštitila od UV zraka prilikom kratkog spoja, kaciga mora imati vizir. Kaciga ne smije imati ventilacijske otvore. Kaciga štiti operatera kod mogućih eksplozija i prskanja komadića materijala.



Slika 6.5 Sigurnosni uže

Prilikom pregleda sigurnosnog užeta, koje je vidljivo na slici 6.5, mora se voditi računa o tome da ni jedno uže i ni jedna kopča nemaju vidljivih oštećenja, porezotina i pukotina. Sigurnosno uže se koristi pri radu na visinama te štiti operatera od posljedica mogućeg pada.

## 6.2. Izolacijski alati

Alati korišteni u radu pod naponom opisani su u dokumentu Tehnički opis alata [16].

Alati za rad u blizini električnih postrojenja i instalacija prema literaturi [3]:

- „Izolirani alati
- Izolirani alati za rad pod naponom
- Prenosila i dizalice
- Drugi alati“

Prijenosni ručni alati za rad na ili blizu izloženih niskonaponskih uređaja moraju biti prekriveni odgovarajućom izolacijom u dobrom stanju [5]. Alate i druge vodljive predmete koji bi mogli pasti na izložene vodiče morate sigurno spremati [5]. Predmeti koji ispadaju iz džepova su posebno opasni pri radu pod naponom.

Prije početka rada pod naponom sav alat koji se koristi mora biti u skladu s normama za rad pod naponom, a svaku novu vrstu alata mora ovjeriti Povjerenstvo za rad pod naponom [16]. Za osobni alat odgovoran je svaki operater ponaosob. O zajedničkim alatima brigu mora voditi rukovoditelj radova. Prilikom obavljanja pregleda obratiti pažnju na izolacijske dijelove kod kojih ne smiju postojati rupe ili ogrebotine. Ako postoje rupe ili ogrebotine te ako su vidljivi metalni dijelovi, alat se mora staviti izvan upotrebe [16]. Nakon toga se popravljiva ili zamjenjuje s novim alatom. Sve funkcije određenog alata moraju raditi ispravno, u suprotnom cijeli alat je neispravan. Funkcionalnost i ispravnost alata se provjerava periodički. Za različite alate postoje različiti vremenski periodi unutar kojih se ti isti alati moraju ispitati. Izolacijske cijevi se ispituje jednom godišnje što se provodi u ispitnom laboratoriju [16]. Prije ispitivanja alat se priprema za ispitivanje. To uključuje čišćenje i isušivanje. Za ispitivanje alata zadužena je jedna osoba koja mora voditi dnevnik u kojem zapisuje rezultate ispitivanja i njihove datume. Alati se ne smiju modificirati. Popravak obavlja proizvođač ili ovlašteni servise, ako ne postoje upute za popravak određenog alata [16]. Prije transporta ili skladištenja alati moraju biti očišćeni. Moraju biti zapakirani na način da spriječe bilo koju mogućnost nastanka oštećenja.





Slika 6.6 Izolacijske kapice, izolacijska kliješta i izolacijske krpice

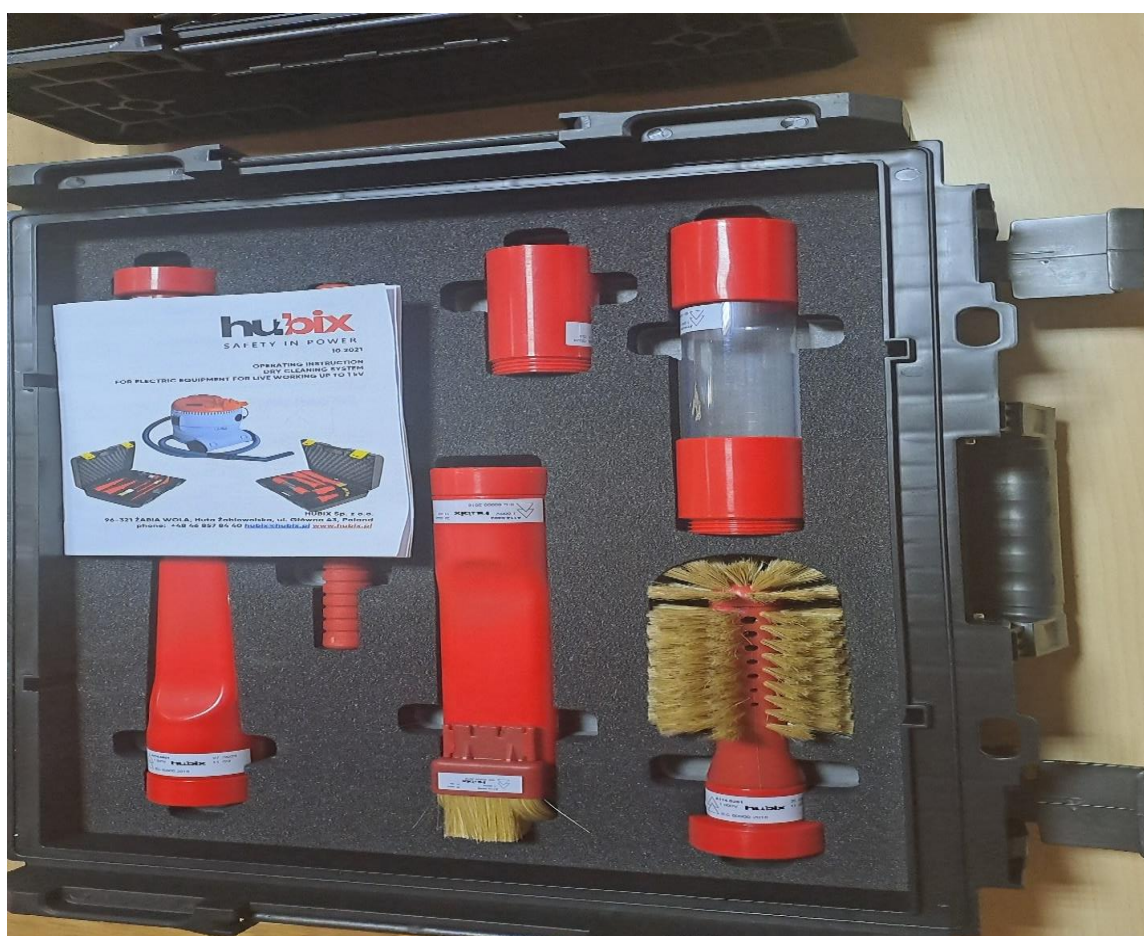
Na slici 6.5 vidljivi su razni alati koji se koriste pri radu pod naponom. Izolacijska kliješta služe kako bi pričvrstila izolacijske krpice. Izolacijske krpice se stavljaju preko aktivnih neizoliranih dijelova do kojih operater može doći u kontakt. Izolacijske kapice prekrivaju aktivne neizolirane vodiče na kojima se ne radi u istom trenutku.



Slika 6.7 Usisivač za čišćenje pod naponom



Slika 6.8 Dodatni dijelovi za usisivač (a)



Slika 6.9 Dodatni dijelovi za usisivač (b)



Slika 6.10 Alati za rad pod naponom (a)



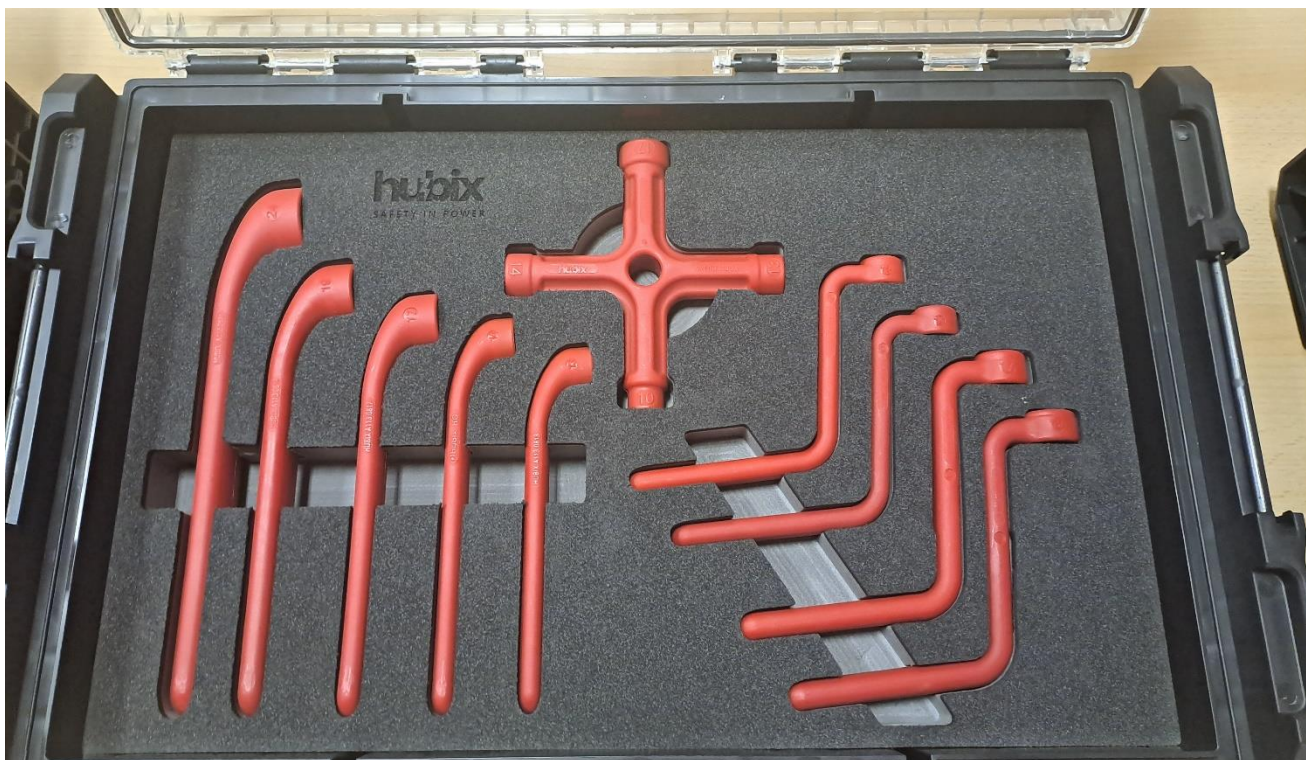
Slika 6.11 Alati za rad pod naponom (b)



Slika 6.12 Alati za rad pod naponom (c)



Slika 6.13 Alati za rad pod naponom (d)



Slika 6.14 Alati za rad pod naponom (e)



Slika 6.15 Alati za rad pod naponom (f)



Slika 6.16 Alati za rad pod naponom (g)



Slika 6.17 Alati za rad pod naponom (h)

## 7. RADNI POSTUPCI NA NISKOM NAPONU

### 7.1. Temeljni zahtjevi održavanja

U literaturi [15] definirano je: „Elektroenergetska postrojenja i električna oprema moraju izdržati električne, toplinske, mehaničke i klimatske utjecaje te uvjete okoliša na mjestu instalacije“. Pri projektiranju, izgradnji, korištenju, pogonu i održavanju elektroenergetskih postrojenja, prema literaturi [15] treba uzeti u obzir:

- „Svrhu elektroenergetskog postrojenja
- Sigurnosne zahtjeve i kvalitetu opskrbe električnom energijom, pouzdanost, raspoloživost i sposobnost postrojenja da izdrži prijelazna stanja, kao što su pokretanje velikih motora, kratkotrajna isklapanja i ponovna uklapanja postrojenja i opreme
- Sigurnost rukovatelja i ljudi u okolini postrojenja
- Način održavanja postrojenja
- Mogućnost proširenja postrojenja“

Literatura [15] tvrdi da održavanje elektroenergetskog postrojenja i električne opreme uključuje:

- „Redovite preglede postrojenja i opreme
- Periodične preglede, mjerenja i ispitivanja u vremenskim razmacima i na način određen projektom, izvođačevom izjavom o izvedenim radovima i uvjetima održavanja te proizvođačevim uputama
- Izvanredne preglede nakon izvanrednog događaja ili po zahtjevu inspekcijskog tijela
- Radove za održavanje ili vraćanje postrojenja u stanje određeno projektom i relevantnim propisima“

Održavanje postrojenja dokumentira se u skladu s projektom i praćenjem stanja opreme, te kako navodi literatura [15]:

- „Zapisnicima o pregledima, mjerenjima i ispitivanjima
- Zapisnicima o obavljenim radovima održavanja“

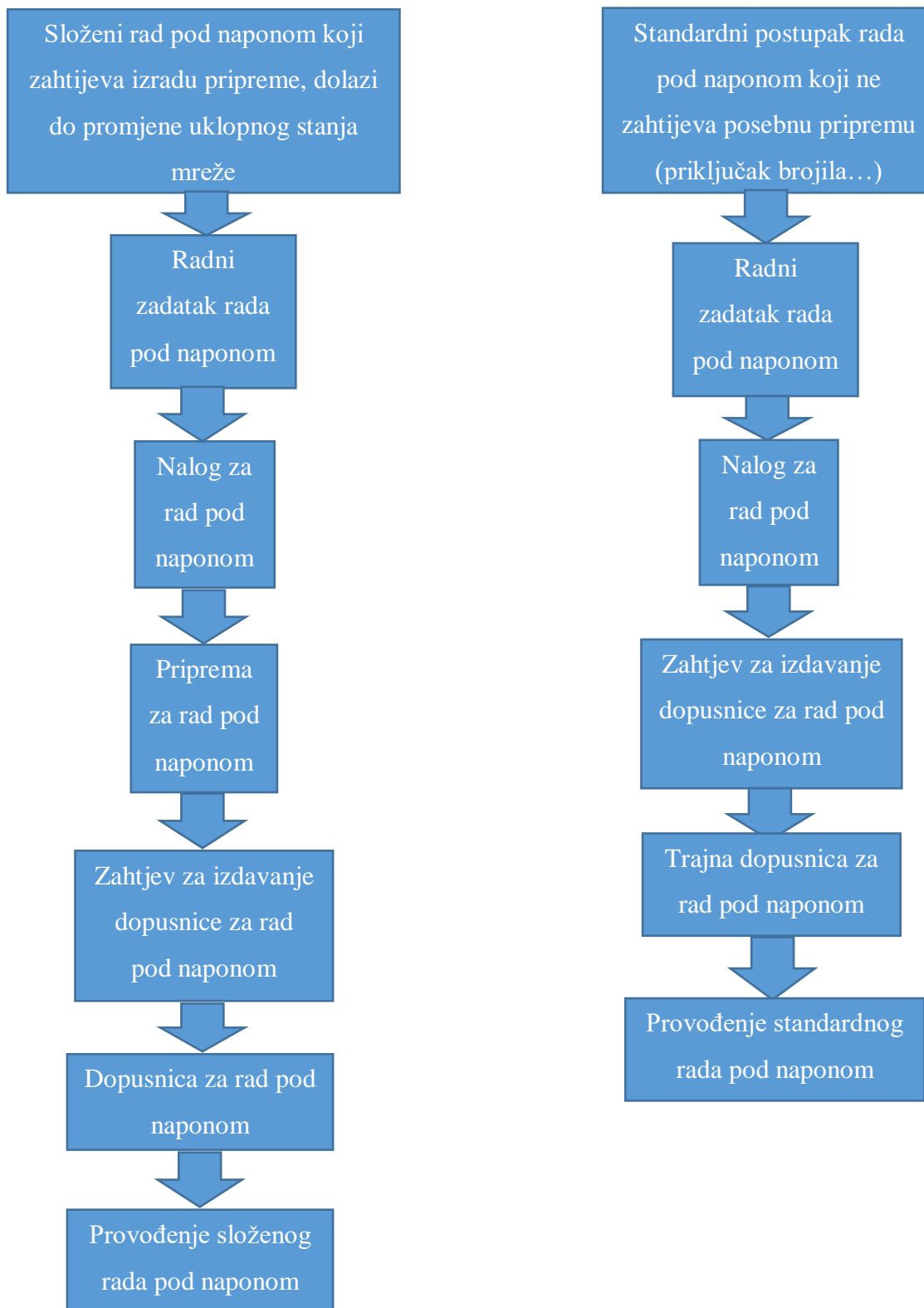
Rad pod naponom se mora uzeti u obzir odmah prilikom projektiranja elektroenergetskog postrojenja, kako u budućnosti ne bi dolazilo do nepotrebnih problema i opasnosti prilikom rada pod naponom. U prošlosti rad pod naponom se često nije uzimao u obzir, ali zbog ekonomskih

razloga, tj. smanjene količine neisporučene električne energije (zbog manjeg broja prekida napajanja) sve se češće uzima u obzir pri projektiranju elektroenergetskih postrojenja.

Tablica 7.1 Zahvati koji se obavljaju radom pod naponom prilikom održavanja [12]

Zahvat	Dalekovodi	Postrojenja
Zamjena izolatora	X	X
Zamjena stezaljki armature	X	X
Zamjena prigušivača i odstojnika	X	X
Popravlak vodiča i zaštitnog užeta	X	X
Čišćenje i/ili pranje izolacije	X	X
Premazivanje izolacije	X	X
Montaža dodatnog zavješanja	X	X
Montaža pojačane izolacije	X	
Održavanje aparata		X
Popravlak aparata		X
Zamjena aparata		X
Dogradnja i priključak novih elemenata	X	X
Dolijevanje izolacijskog ulja		X
Uklanjanje stranih predmeta	X	X
Zamjena konstrukcijskih elemenata	X	X
Zaštita od korozije u 3. zoni	X	X
Kontrola stanja elemenata u 3. zoni	X	X





Slika 7.1 Tijek izdavanja isprava za rad pod naponom [17]

Na slici 7.1 se vidi da za neke primjere rada pod naponom nije potrebna posebna priprema, te ti poslovi spadaju u standardne postupke rada pod naponom. Za njih operateri mogu dobiti trajnu dopusnicu za rad koju moraju periodički obnavljati. Za rad pod naponom koji se smatra složenim treba obaviti posebnu pripremu u svakoj situaciji i nije moguće dobiti trajnu dopusnicu za rad.

## 7.2. Priprema i organizacija rada

Prije početka rada operater mora imati informacije potrebne za siguran rad i za samo izvođenje radova [17]. Potrebne informacije su [17]:

- Potrebna oprema i dijelovi električnog postrojenja
- Priroda posla i potrebna specijalna oprema
- Okolina mjesta rada
- Stanje električnog postrojenja
- Koordinacija rada
- Procjena rizika za siguran rad

Prikupljanje informacija za pripremu rada obavlja rukovoditelj radova. On prikuplja sve potrebne informacije za rad pod naponom te na temelju toga odlučuje o idućim koracima. Prije početka obavljanja poslova mora uputiti operatere u korake obavljanja poslova, što uključuje mjesto rada, njihove zadaće, redoslijed radnih postupaka i uvjete korištenja alata i opreme [17]. Mora se pobrinuti da je radni položaj operatera stabilan i gdje će se odlagati alat i oprema [17]. Posebnu pažnju treba obratiti na ograđivanje radnog prostora kako bi se spriječio svaki pristup radnom mjestu neovlaštenom osoblju, što uključuje znakove opasnosti i upozorenja. Rukovoditelj radova mora sve aktivne neizolirane dijelove staviti izvan mogućnosti dodira, postavljanjem zapreka ili njihovim izoliranjem. U slučaju da je rasvjeta na mjestu rada nedovoljna, mora povećati vidljivost na mjestu rada, što se može postavljanjem pomoćne rasvjete. Primjer pomoćne rasvjete bi bila svjetiljka montirana na zaštitnu kacigu [17]. U slučaju da se neki rad nastavlja nakon prekida, rukovoditelj radova se mora uvjeriti da su uvjeti za rad ostali sigurni. Prije toga rad se ne smije ponovno započeti. Rad se ne smije obavljati u prostorima gdje postoji opasnost od eksplozije.

Operateri prije početka i tokom rada moraju [17]:

- Imati Ovlaštenje za rad na električnom postrojenju i opremi navedenoj u Nalogu za rad
- Voditi računa o vlastitoj sigurnosti
- Koristiti se alatom i opremom predviđenom za posao koji obavljaju
- Primjenjivati propise iz normi
- Moraju znati namjere ostalih operatere kao i što u svoje namjere moraju uputiti ostale operatere.

Tokom rada, rukovoditelj radova mora nadgledati i koordinirati svaki korak koji se tokom rada obavlja, što uključuje zadaće svih operatera i osoblja na poslu [17]. U slučaju nestanka napona,

rukovoditelj radova prekida rad. Ako je riječ o vrlo velikom radnom prostoru, rukovoditelj radova mora imenovati zamjenika koji će mu pomoći u obavljanju posla. Rukovoditelj radova može i osobno obavljati neke korake posla. Neki od tih poslova su [17]:

- Rad na razvodnim ormarićima
- Rad na podzemnim kablovima
- Rad na nadzemnim vodovima ili neizoliranim vodičima

U slučaju promjene radnog postupka, što može nastati zbog određenih poteškoća ili problema, literatura [17] navodi da rukovoditelj radova mora:

- „Zaustaviti rad i proglasiti privremeni prekid rada
- Zatražiti od operatera da napuste mjesto rada
- Provesti novu analizu radnog mjesta i radnog postupka
- Sve nove odluke uputiti operaterima“

Ako dođe do promjene rukovoditelja radova, novi rukovoditelj mora [17]:

- Informirati operatere
- Proučiti mjesto rada
- Informirati voditelja postrojenja

Prekid rada može dovesti do odgode samog rada ili potpunog napuštanja radnog procesa. U slučaju da se to dogodi zbog vremenskih nepogoda potrebno je [17]:

- Imati sigurnu udaljenost između aktivnih neizoliranih dijelova na različitim potencijalima
- Da su svi ugrađeni izolacijski sustavi stabilno učvršćeni
- Po potrebi, maknuti svu opremu i alate na koju vremenske nepogode mogu negativno utjecati

Prilikom prekida radnog procesa, radni prostor mora ostati osiguran od pristupa neovlaštenog osoblja.

Ako se rad planira ponovno započeti potrebno je [17]:

- Uvjeriti se da je mjesto rada neoštećeno i sigurno za nastavak rada
- Da svi neizolirani aktivni dijelovi na različitim potencijalima imaju sigurne udaljenosti
- Da su svi izolacijski sustavi ispravni i korisni
- Informirati voditelja električnog postrojenja

### **7.3. Postupci rada pod naponom**

#### **Rad na vodičima i dijelovima**

Kada se obavlja rad na vodičima i dijelovima, rad počinje kada operater uđe ili unese svoj alat unutar 0,3 m. Operater mora paziti da između svih nezaštićenih dijelova tijela i aktivnih neizoliranih dijelova ili vodiča održava razmak od 0,3 m [17]. Neutralni vodič tokom rada se smatra aktivnim te za njega vrijede ista pravila.

#### **Rad na izoliranim vodičima**

U literaturi [17] definirano je: „Rad počinje kada operater otvara ili probije izolacijski plašt na faznom ili neutralnom vodiču u dodiru s vodičem. Rad završava s obnovom izolacije.“

#### **Rad na podzemnim kabelima**

Rad počinje kada operater skine vanjsku izolaciju s kabela. Pri tome treba paziti da se ne šteti izolacija vodiča. Rad završava obnovom izolacije svih vodiča.

#### **Rad na opremi**

Rad počinje kada operater otvori spojnicu, kabelski završetak, skine ili probije njihovu izolaciju [17]. Čak i kada radnik ne može pristupiti aktivnim neizoliranim dijelovima, cijeli postupak se smatra radom pod naponom [17]. Rad završava kada se ukloni izolacijski pokrivač na kojem operateri stoje. Kvaliteta izolacije mora biti ista prije i poslije obavljenog posla.

#### **Rad na niskonaponskim kabelskim spojnica**

Rad počinje postavljanjem izolacijskog pokrivača u kabelski rov, te prestaje kada se uklone [17].

#### **Rad na niskonaponskoj opremi**

Rad počinje kada je omogućen pristup aktivnim neizoliranim dijelovima [17]. To se može postići uklanjanjem poklopaca, okvira ili metalnih pregrada na opremi. Rad završava kad se isti vrate.

#### **Rad na električnim instalacijama i opremi**

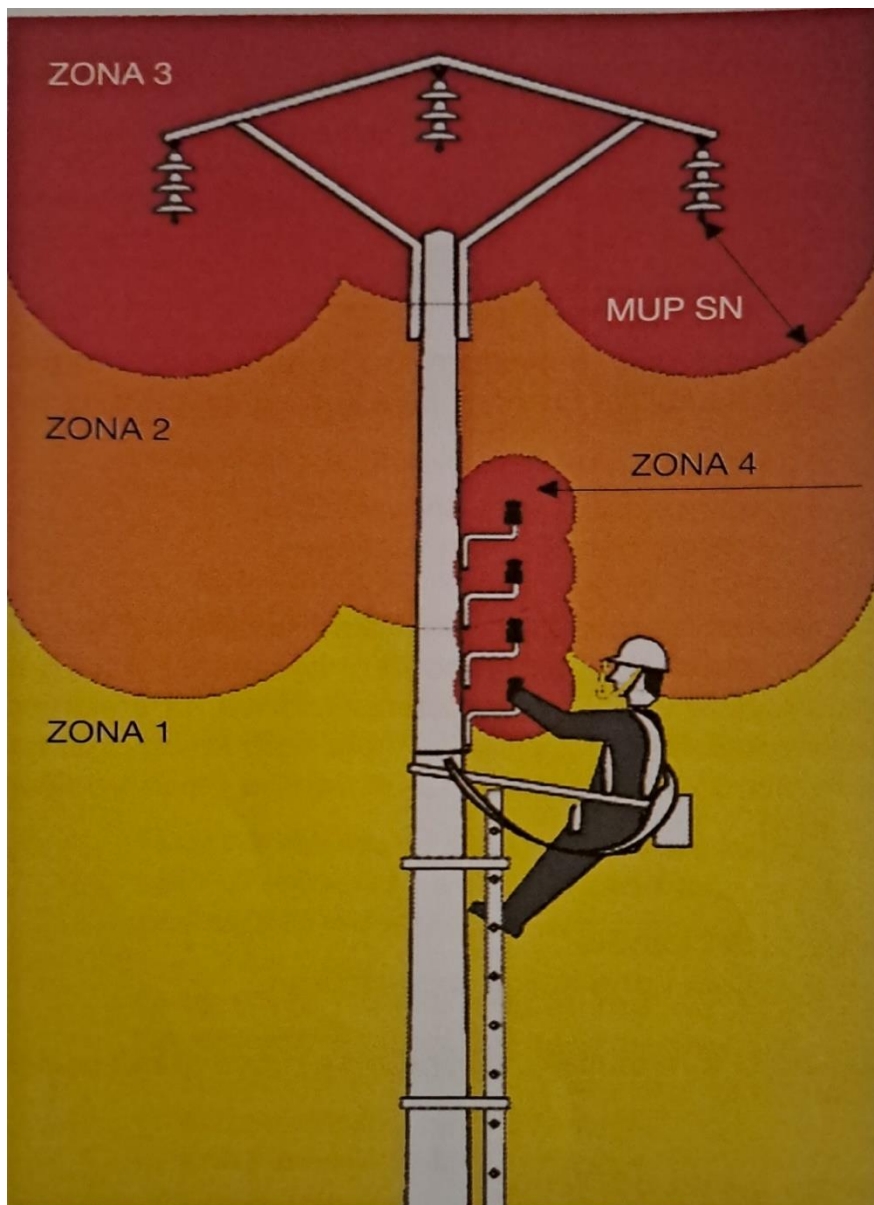
Slično kao i kod neizoliranih vodiča, rad pod naponom započinje kada operater dođe na udaljenost manju od 0,3 m od neizoliranih aktivnih dijelova i završava kad izađe izvan 0,3 m od neizoliranih aktivnih dijelova [17].

## Pomicanje neizoliranih nadzemnih vodiča

Spada u specijalne radne postupke. Za zatezne vodiče treba biti osigurano novo mjesto učvršćenja. Vodič se mora micati polako i oprezno. Kada je više vodiča treba paziti na najmanju dopuštenu udaljenost između vodiča. Sve kretnje ispod vodiča koji se pomiče treba svesti na minimum.

## Rad na niskonaponskom vođu u neposrednoj blizini nadzemnih srednjenaponskih vodova

Spada u specijalne radne postupke. Za ovaj postupak treba se ponašati prema pravilima rada u blizini srednjenaponskog voda. Srednjenaponski vod ne smije imati vidljivih oštećenja izolatora. Tijekom rada operater mora održavati minimalnu udaljenost između sebe i srednjenaponskog voda [17].



Rad pod naponom  
na srednjem naponu

Minimalna udaljenost  
približavanja za  
srednji napon

Rad pod naponom  
na niskom naponu

Zona približavanja  
srednjem naponu

Zona slobodnog  
kretanja

Zaštitni pojas

Rad metodom  
„u dodiru“

Slika 7.2 Minimalna udaljenost približavanja za kombinirani SN/NN stup [17]

## Čišćenje

Metode čišćenja [17]:

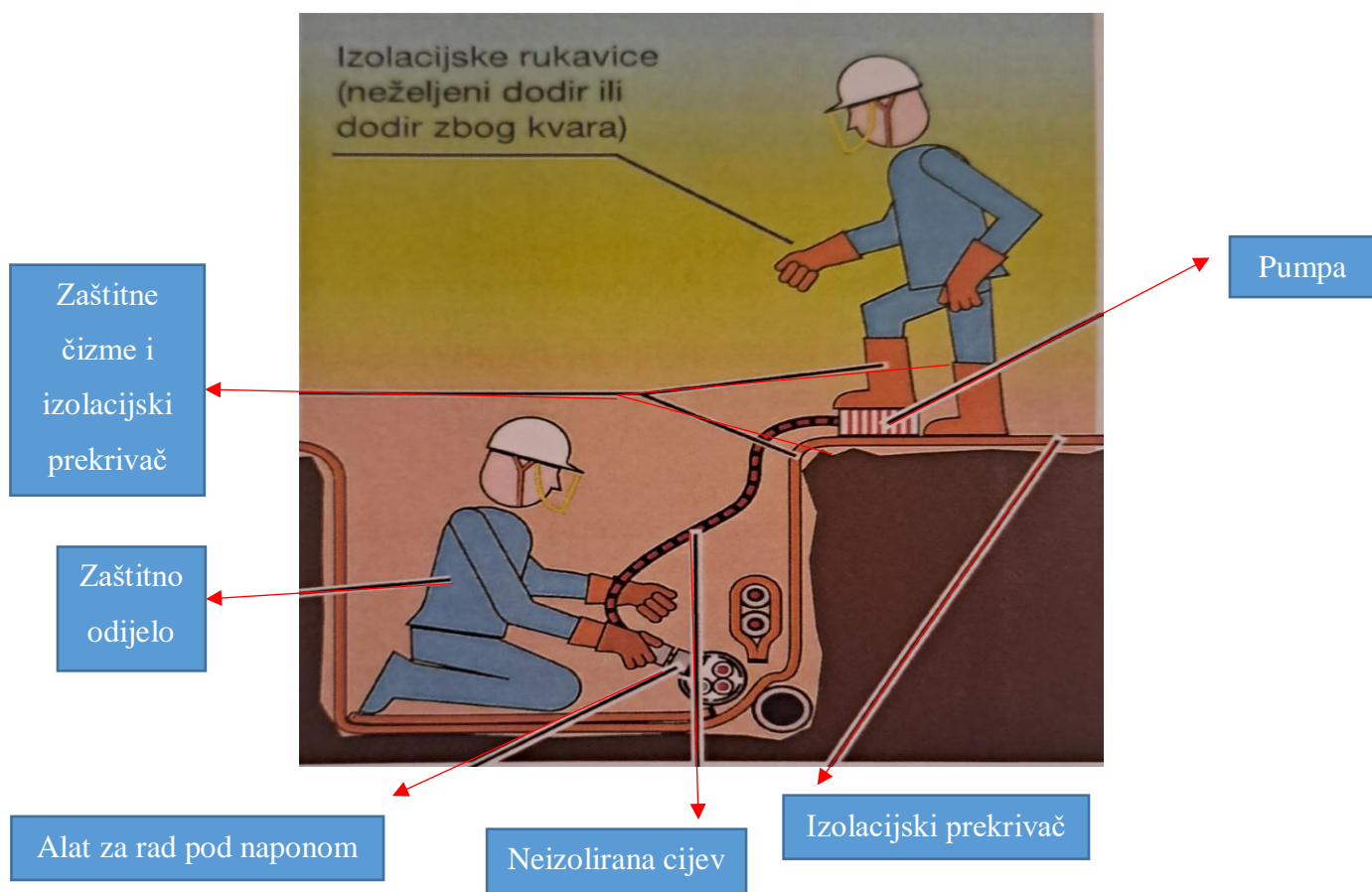
- Vakuumsko čišćenja (usisivanje)
- Ispuhivanje (granule smrznutog CO<sub>2</sub>)
- Četkanje
- Čišćenje sredstvima za čišćenje

Nikada se ne smije upotrebljavati voda [17]. Dijelovi koji se čiste moraju biti učvršćeni. Treba imati odgovarajuću opremu, što obuhvaća [17]:

- Cijevi usisivača
- Izolacijske motke
- Odgovarajuću obuću
- Rukavice

### **Rad s neizoliranim savitljivim cijevima**

Operaterima smije biti dostupan samo jedan potencijal. Na taj način uklanjamo mogućnost pojave kratkog spoja. Operateri moraju otkloniti mogućnost električnog udara korištenjem odgovarajuće sigurnosne opreme, što uključuje rukavice, obuću i slično. Tlo se pokriva izolacijskim pokrivačima, što služi za zaštitu od kratkog spoja.



Slika 7.3 Rad pod naponom pomoću neizolirane cijevi na podzemnim električnim vodovima [17]

### Spajanje i odspajanje izoliranih vodiča na priključnicama

Osoblje mora biti potpuno upoznato s opremom na kojoj radi. To je oprema koja služi kontroli, prijenosu informacija i telekomunikacijama. Ne treba koristiti izolacijske rukavice. Naponi ne smiju biti veći od 500 V. Maksimalna struja je 20 A. Oprema mora biti izrađena tako da sprječava izravni dodir i kratke spojeve [17]. Kabeli moraju imati presjek do 2,5 mm<sup>2</sup>. Izolacija mora biti ispravna. U određenom trenutku radi se na samo jednom vodiču, a na sve ostale vodiče se stavljaju izolacijske kapice.

## 7.4. Rad na strujnim uređajima i opremi

Kako bi se obavljao rad na uređajima i opremi, operater mora znati postupke spajanja i odspajanja strujnih krugova. Operater mora biti siguran da neće doći do eksplozije. Strujni krugovi moraju biti zaštićeni od pojave kratkog spoja, što se postiže osiguračem ili prekidačem [17]. Operater mora paziti da ne dođe do pojave električnog luka prilikom rada. To se postiže izoliranjem zemlje ili neizoliranih aktivnih dijelova.

Strujni krugovi su prekidaju [17]:

- Rezanjem
- Pomicanjem krajeva presječenog vodiča
- Vađenjem osigurača
- Uklanjanjem premosnica

Mjesto prekida se bira tako da ne postoji mogućnost spajanja s drugim dijelovima koji su na različitim potencijalima. Zaštitni neutralni vodiči se ne smiju prekidati [17]. Neutralni vodič se spaja ili odspaja poslije faznih. Pojava električnog luka je povezana s opterećenjem vodiča.

Odspajanje se provodi [17]:

- Brzim odvajanjem jednog od dvaju krajeva
- Kontroliranim kretanjem vodiča
- Provedbom mjera koje su potrebne za gašenje luka prilikom odspajanja

Spajanje se provodi spajanjem vodiča spojnicama ili postavljanjem stezaljki ili osigurača [17]. Rukovoditelj se pri tome mora vizualno, pregledom shema ili mjerenjem uvjeriti da neće doći do kratkog spoja [17]. Neutralni vodič se spaja prije faznih.

Ako se odspajanje ili spajanje radi bez osigurača, postoje određene vrijednosti struja za koje je rad dozvoljen. Rukovoditelj mora znati vrijednost opterećenja. To može saznati mjerenjem ili procjenom opterećenja. Za podzemne kablove postoje posebni uvjeti.



Tablica 7.2 Dopuštene vrijednosti za spajanje i odspajanje strujnih krugova [17]

Vrsta opreme ili instalacije	Najveća vrijednost struje (odspajanje)	Najveća vrijednost struje (spajanje)
Neizolirani nadzemni vodiči	90 A kod postavljanja ili uklanjanja vodiča ili prekidanja (rezanja)	
Samonosivi izolirani kabelski nadzemni vodiči (SKS)	90 A kod rezanja ili 0 A kod odspajanja	30 A kod stavljanja stezaljki za zupcima za spajanje, osim ako oprema ili uređaji nisu označeni i osposobljeni za veće vrijednosti
Izolirani vodiči za unutrašnje priključke	60 A kod odspajanja ili spajanja izoliranog vodiča ili završetaka koji zahtijevaju skidanje izolacije vodiča ili rezanjem ili 0 A kod odspajanja ili spajanja izoliranog vodiča s izoliranim stezaljkama sa zupcima za ostvarivanje kontakta	
Podzemni kabeli	250 A kod instaliranja ili uklanjanja spojnih veza (u kutijama ili ormarićima). Za sve ostalo 0 A (rezanje, odspajanje, spajanje kabela)	
Izolirani vodiči za kontrolne vodove, prijenos informacija i za telekomunikaciju	Kod odspajanja i spajanja izoliranih vodiča: 20 A za istosmjernu struju, čiji je nominalni napon manji ili jednak 120 V te 30 A kod izmjenične struje	

U literaturi [17] je definirano da tablica 7.2 vrijedi za sustave:

- „400 V s uzemljenim neutralnim vodičem
- 230 V dvofazno
- 230 V trofazno u trokut spoju“

Tijekom trajanja radnog postupka tok struje ne smije biti neometan [17]. Prema tome se bira duljina kabela.

Uvjeti za spajanje i odspajanje pri radu na niskonaponskoj mreži [17]:

- Transformatori mreže moraju imati jednaki fazni pomak
- Oprema sustava mora biti predviđena za dinamički rad
- Sustav mora imati sposobnost izdržati potrebna opterećenja
- Razlika faznih napona ne smije biti veća od 37 V

- Iznosi struja u mreži se provjeravaju svakih 5 minuta

Uvjeti za radnu opremu [17]:

- Koriste se isključivo prenosnice s prekidačem
- Kabeli koji se koriste kao prenosnice moraju zadovoljiti sve potrebne uvjete

Prilikom rada na opremi ili uređajima vidljivost mora biti na zadovoljavajućoj razini. Kada se skidaju poklopci, okviri ili pregrade na opremi ne smije doći do kratkog spoja. Operater mora vizualno pregledati opremu kako do kratkog spoja ne bi došlo. Nagli i nekontrolirani pokreti nisu poželjni. Unutrašnjost opreme mora zadovoljiti uvjete za rad pod naponom, tj. sve mora biti ispravno s opremom. Ako uređaj treba zamijeniti, a nije opterećen, može ga se demontirati i postavljati bez prenosnice [17]. U suprotnom, operater se pridržava vrijednosti iz tablice 7.2.

## 7.5. Praktični primjer

Praktični primjer rada pod naponom je izmjena električnog brojila.

Na dijagramu 7.1 je vidljivo kako izmjena brojila spada u standardne postupke rada pod naponom te za izmjenu brojila nije potrebna posebna priprema. Dijagram 7.1 pokazuje potrebnu dokumentaciju za izmjenu brojila. Slika 7.5 prikazuje moguće opasnosti i opremu potrebnu za otklanjanje istih opasnosti pri zamjeni brojila radom pod naponom.

HEP-Operator distribucijskog sustava d.o.o.  
 DP/Sektor: X/IV  
 Centar/Služba: X/IV  
 Odjel/TJ: X/IV

Obrazac br. 4 A List 1/2  
 Datum: 12.9.2024.  
 Aktivnost: RPN

**PRIPREMA ZA RAD POD NAPONOM - NISKI NAPON br. 2**

Prema radnom zadatku br. 2  
 Naručitelj: HEP  
 Prilog: 1  
 Naziv električnog postrojenja: NN POSTROJENJE  
 Mjesto rada: HEP NOC LUKE IBRIŠIMOVIĆA 9  
 Opis radova: IZMJENA BROJILA

Rad u blizini SN električnog postrojenja:  - DA  - NE  
 Dio SN električnog postrojenja u SRZ: 1  
 Očekivano opterećenje (mjerjenjem, prema presjeku vodiča, osigurač): 0 A

METODA RPN:  - u dodiru  - na udaljenosti

VRSTE RIZIKA	NAČINI NJIHOVA UKLANJANJA	
1. Električni udar	OSOBNNA ZAŠTITNA OPREMA	IZOLACIJSKI TEPIH
	IZOLACIJSKE KAPICE	IZOLACIJSKI PREKRIVAČI
	ALAT ZA RAD POD NAPONOM	UKLANJANJE NEPOTREBNIH PREDMETA
2. Kratki spoj	OSOBNNA ZAŠTITNA OPREMA	IZOLACIJSKI TEPIH
	IZOLACIJSKE KAPICE	IZOLACIJSKI PREKRIVAČI
	ALAT ZA RAD POD NAPONOM	UKLANJANJE NEPOTREBNIH PREDMETA
3. Mehanički rizici	OCRABIVANJE MJESTA RADA	UREĐENJE MJESTA RADA
	OSOBNNA ZAŠTITNA OPREMA	
4. Rad na visini	/	/

Osobna zaštitna oprema:  zaštitna el. kaciga s vizirom  izolacijske rukavice  
 zaštitne kožne rukavice  zaštitno radno odijelo  
 zaštitna obuća  zaštitni pojas

Ostalo: PRIBOR ZA PRVU POMOĆ

Slika 7.4 Vrste rizika i potrebna oprema za izmjenu brojila

Za izmjenu brojila operater se mora zaštititi od električnog udara, kratkih spojeva i mehaničkih rizika. Posao se ne obavlja na visini pa ne postoji mogućnost pada ili sličnog. Za zaštitu od električnog udara i kratkog spoja koriste se isti elementi, što obuhvaća:

- Osobnu zaštitnu opremu
- Izolacijski tepih
- Izolacijske kapice
- Izolacijske prekrivače
- Alat za rad pod naponom
- Uklanjanje nepotrebnih predmeta

Prilikom rada operater stoji na izolacijskom tepihu. Izolacijske kapice stavlja na vrhove aktivnih neizoliranih vodiča, a izolacijske prekrivače preko aktivnih neizoliranih dijelova. Operater mora ukloniti sve nepotrebne predmete s mjesta rada, jer u suprotnom mogu dovesti do ozljede na radu. Od osobne zaštitne opreme operater mora imati:

- Zaštitnu kacigu s vizikom
- Zaštitne kožne rukavice
- Izolacijske rukavice
- Zaštitno radno odijelo
- Zaštitnu obuću

Operater mora imati novo brojilo s kojim će zamijeniti staro. Prije nego što rad uopće počne, mora postojati sva potrebna dokumentacija, što obuhvaća dopusnicu operatera za rad pod naponom. Prije početka rada mora se pregledati mjesto rada kako bi se ustanovilo postoje li neke opasnosti koje operater mora uzeti u obzir prije početka rada. Prije početka rada operater mora kontaktirati dispečera i dati mu do znanja da planira obaviti zamjenu brojila radom pod naponom. Zadnji korak prije početka rada je priprema svih alata i opreme potrebnih za obavljanje uspješnog posla. Operater zatim započinje rad, obavlja provjeru naponskog stanja, zamjenjuje brojilo i provodi provjeru napon. Kada se operater uvjeri da je obavio zamjenu brojila uspješno, može ukloniti izolacijske prekrivače i ostalu opremu s radnog mjesta i kontaktirati dispečera o uspješno obavljenom poslu. Zamjena brojila radom pod naponom se zasad odrađuje samo u industrijskim pogonima, ali pretpostavlja se da će se za 10 godina provoditi kod svih krajnjih korisnika električne energije. Opis cijelog procesa se može vidjeti na slici 7.6.

KORACI RADA	Bez napona	U blizini napona	RPN
Pregled mjesta rada i dokumentacije	X		
Kontakt sa dispečerom	X		
Prigrama alata, materijala i osobne zaštitne opreme	X		
Uvrativanje napunskog stanja			X
Zamjena brojila			X
Prijava napona			
Isklonjenje izolacijskih mehanizmi s mjesta rada	X		
Planifikacija otpisane i izvršene rada	X		

Popis potrebnih alata: Osobni alat za rad pod naponom, izolacijski tepih, izolacijske kape i izolacijski gaćerovi

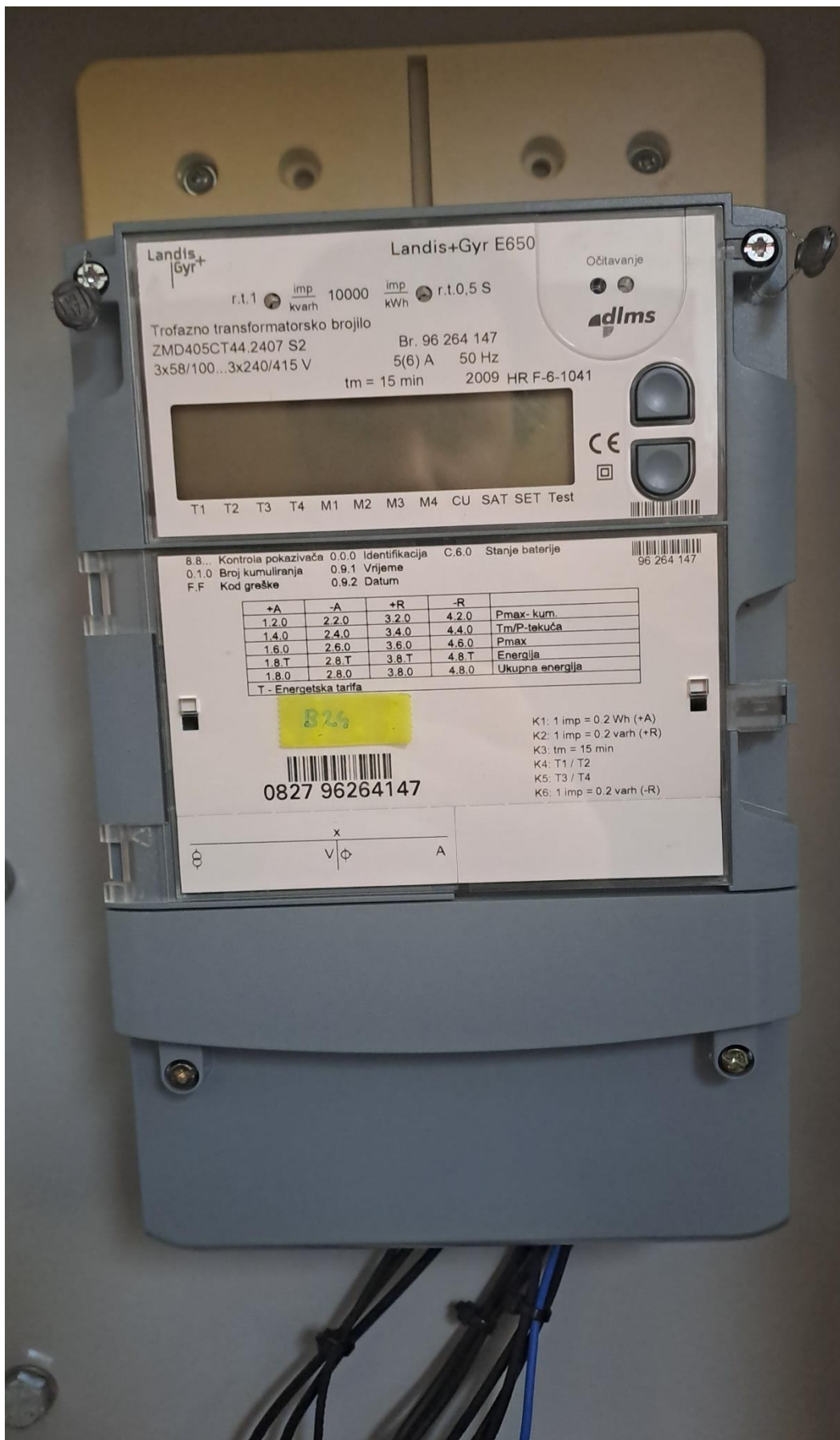
Popis potrebnih materijala: Novo brojilo

Dodatne skice, sheme, fotografije

Pripremu napravio: LUKA ŽIVKOVIĆ (ime, prezime i potpis)      Ovlaštenje za RPN: /

Datum: 12.9.2024.      Pripremu pregledao: / (ime, prezime i potpis)

Slika 7.5 Koraci rada zamjene brojila radom pod naponom



Slika 7.6 Novo brojilo Landis+Gyr E650



Slika 7.7 Ormarić novog brojila

## 8. ZAKLJUČAK

Rad pod naponom je metoda koja smanjuje broj prekida opskrbe električne energije. Na taj način smanjuje gubitke opskrbljivačima električne energije i povećava kvalitetu života krajnjim korisnicima električne energije.

Rad pod naponom se mora obavljati na značajno oprezniji i stroži način nego rad u beznaponskom stanju te kao posljedicu ima značajno manji broj ozljeda na radu. Značajnu ulogu imaju kvalitetni alati i osobna zaštitna oprema.

U Republici Hrvatskoj rad pod naponom nije još značajno zastupljen te će se ubuduće morati početi više prakticirati. To će poboljšati kvalitetu opskrbe električne energije te će Hrvatsku staviti u korak s razvijenijim zemljama svijeta.

Rad pod naponom u Hrvatskoj zasad se obavlja na niskonaponskoj i srednjenaponskoj razini. Rad na niskonaponskoj razini nema prevelike ekonomske utjecaje što se tiče količine isporučene energije, odnosno neisporučene energije koja bi nastala mijenjajući taj rad radom u beznaponskom stanju, ali ima prednost nad radom u beznaponskom stanju jer su ozljede na radu puni rjeđe. Na srednjenaponskoj razini postoji i znatna ekonomska dobit korištenja rada pod naponom.

Na visokonaponskoj razini zasad se u Hrvatskoj ne provodi rad pod naponom, što će se ubuduće promijeniti jer rad pod naponom ima višestruke koristi koje će dovesti do napretka u pogledu pouzdanosti opskrbe električnom energijom.



## 10. LITERATURA

- [1] Damir Megla i Anita Pocrnić „Iskustva u primjeni tehnologije rada pod naponom u HEP–ODS, Elektra Zagreb.“ Sigurnost: časopis za sigurnost u radnoj i životnoj okolini 65.3 (2023): 309-315.
- [2] Egon Mileusnić „Mjere sigurnosti i zaštite na radu kod primjene električne energije.“ ZIRS, Zagreb, 1999.
- [3] Jinek, Bernard „PRAVILNIK O SIGURNOSTI I ZDRAVLJU PRI RADU S ELEKTRIČNOM ENERGIJOM.“ Sigurnost: časopis za sigurnost u radnoj i životnoj okolini 53.1 (2011): 97-100.
- [4] Hrvatska elektroprivreda, „Opći uvjeti za radove pod naponom na srednjem naponu“, Bilten HEP-a br. 241, Zagreb 2011.
- [5] Williams, C. J. K. „Live Working in Low Voltage Networks." IEEE Transactions on Power Delivery, ver. 4“, Svibanj 2022.
- [6] Stephen Rob i Javier Iglesias. „Live Line Maintenance Techniques." Compact Overhead Line Design: AC and DC Lines Cham: Springer International Publishing, 2023. 103-130.
- [7] Viktor Lovrenčić i Zdenko Miletić „Periodično osposobljavanje garancija kompetentnog i sigurnog izvođenja rada pod naponom.“ *HRVATSKI OGRANAK MEĐUNARODNE ELEKTRODISTRIBUCIJSKE KONFERENCIJE - HO CIRED, 4. (10.) savjetovanje*, Trogir/Seget Donji, 11.-14. svibnja 2014, SO6-29. C&G d.o.o. Ljubljana i CiG d.o.o. Pula; HEP NOC, Velika, 2014.
- [8] Marinko Stojkov i Damir Raljević „Tehnologija rada pod naponom.“, 2016.
- [9] Damir Raljević „Opravdanost primjene rada pod naponom u HEP ODS-u. Šesto (dvanaesto) savjetovanje Hrvatskog ogranka Međunarodne elektrodistribucijske konferencije“, Opatija, 13. –16. svibnja 2018.
- [10] Insulated tools | IEC60900 V VDE TOOL TYPES FOR LIVE WORKING AT LOW VOLTAGE. Thorne & Derrick International. Objavljeno 23. ožujka 2023. Dostupno na:

<https://www.powerandcables.com/insulated-tools-iec60900-v-vde-tool-types-for-live-working-at-low-voltage/> [Pristupljeno 29. lipnja 2024.]

- [11] Mateja Fudurić „PRIMJENA MJERA SIGURNOSTI KOD ČIŠĆENJA ELEKTROPOSTROJENJA POD NAPONOM-GRANULAMA UGLJIČNOG DIOKSIDA (SUHIM LEDOM)“ Diss. Karlovac University of Applied Sciences. The Department of Safety and Protection. Professional Study of Safety and Protection-Part-time study, 2021.
- [12] Marijan Kalea „Neki aspekti rada pod naponom u visokonaponskim mrežama.“ *Energija* 46.2 (1997): 95-107.
- [13] Damir Rajević „Analiza rada pod naponom i rada u beznaponskom stanju.“ HRVATSKI OGRANAK MEĐUNARODNE ELEKTRODISTRIBUCIJSKE KONFERENCIJE 2.(8.) savjetovanje, Umag, 16-19. svibnja 2010, SO6 – 26. HEP – Nastavno obrazovni centar Velika,
- [14] Pero Periša, mr. sig., i Vladimir Caha, dipl. ing., urednici. „Zajednički i posebni zahtjevi metoda izvođenja radova na elektrodistributivnim postrojenjima i objektima.“ Zbornik, 1. savjetovanje, Šibenik, 18. - 21. svibnja 2008., Hrvatski ogranak HO CIRED.
- [15] MINISTARSTVO GOSPODARSTVA, RADA I PODUZETNIŠTVA. „Pravilnik o tehničkim zahtjevima za elektroenergetska postrojenja nazivnih izmjeničnih napona iznad 1 kV.“ *Narodne novine*, br. 2834, 2010.
- [16] Hrvatska Elektroprivreda, „Opći uvjeti za izvođenje radova po naponom na niskom naponu“, bilten HEP-a br.507, Zagreb, 1.4.2021.
- [17] Hrvatska Elektroprivreda, „Uvjeti za izvođenje radova pod naponom- radni postupci na niskom naponu“, bilten HEP-a br.508, Zagreb, 1.4.2021.

## **11. SAŽETAK**

Rad sadrži definiciju i primjenu rada pod naponom, što obuhvaća gdje i kako se primjenjuje rad pod naponom. Zatim su opisane metode rada pod naponom koje se biraju prema specifikacijama samih zadataka koji se moraju obaviti. Objašnjeni su uvjeti u kojima se smije, odnosno ne smije obavljati rad pod naponom. Zatim su navedeni svi alati i osobna zaštitna oprema koju operateri koriste pri radu pod naponom. Na kraju, objašnjeni su radni postupci primjene rada pod naponom na niskonaponskoj razini, što obuhvaća sve od pripreme rada do završetka rada. Navedeno je potkrijepljeno primjerom rada pod naponom provedenog u HEP Nastavno obrazovnom centru u Velikoj.

Ključne riječi: rad pod naponom, alati za rad pod naponom, osobna zaštitna oprema, uvjeti rada pod naponom, niskonaponska postrojenja, metode rada pod naponom

## **12. ABSTRACT**

The paper contains the definition and application of work under, which includes where and how work under voltage is applied. Then the methods of working under voltage are described, which are chosen according to the specifications of the tasks that must be performed. The conditions under which live work may or may not be performed are explained. Then all the tools and personal protective equipment that operators use when working under voltage are listed. At the end, the working procedures of applying work under voltage at the low voltage level are explained, which includes everything from the preparation of the work to the completion of the work, which is supported by an example from the HEP Educational Center in Velika.

Keywords: working under voltage, tools for working under voltage, personal protective equipment, working conditions under voltage, low-voltage plants, methods of working under voltage

## ŽIVOTOPIS

Luka Živković je rođen 05.12.2000. u Slavonskom Brodu. Prebivalište mu je u selu Jaruge, općina Sikirevci. Prva četiri razreda išao je u područnu školu „Ivan Filipović“ u selu Jaruge, a od petog do osmog razreda išao je u osnovnu školu „Ivan Filipović“ u Velikoj Kopanici.

2015. godine završava osnovnu školu, te upisuje srednju školu „Tehnička škola Slavonski Brod“, smjer elektrotehnika. Prva dva razreda srednje škole postiže ocjenu „Vrlo Dobar“, a treći i četvrti razred prolazi s ocjenom „Odličan“. U trećem razredu srednje škole odlazi na Erasmus projekt u Veliku Britaniju.

2019. godine upisuje sveučilišni preddiplomski studij Elektrotehnika i informacijska tehnologija, fakultet FERIT u Osijeku. Završetkom preddiplomskog studija 2022. godine, upisuje diplomski studij, smjer Elektroenergetika, izborni blok Elektroenergetski sustavi.

Stručnu praksu obavlja u HEP Elektroslavonija Osijek, tijekom druge godine diplomskog studija.

Omiljeni hobi mu je sviranje gitare, što radi neprestano već otprilike 10 godina, počevši krajem 2014. godine.

---

Potpis autora