

# SIGURNOST ZA IZVOĐENJE RADOVA NA ODRŽAVANJU JAVNE RASVJETE POD NAPONOM

---

**Zlatarić, Marin**

**Master's thesis / Specijalistički diplomski stručni**

**2022**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **Karlovac  
University of Applied Sciences / Veleučilište u Karlovcu**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:128:300571>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-01-14**



**VELEUČILIŠTE U KARLOVCU**  
Karlovac University of Applied Sciences

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of Karlovac University of Applied  
Sciences - Institutional Repository](#)



zir.nsk.hr



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

Veleučilište u Karlovcu

Odjel sigurnosti i zaštite

Specijalistički diplomski stručni studij sigurnosti i zaštite

Marin Zlatarić

**SIGURNOST ZA IZVOĐENJE RADOVA  
NA ODRŽAVANJU SUSTAVA JAVNE  
RASVJETE POD NAPONOM**

ZAVRŠNI RAD

Karlovac, 2022. godina

Karlovac University of Applied Sciences

Safety and Protection Department

Professional graduate study of safety and protection

Marin Zlatarić

**SAFETY FOR WORKS ON  
MAINTENANCE OF POWERED PUBLIC  
LIGHTING SYSTEMS**

FINAL PAPER

Karlovac, 2022

Veleučilište u Karlovcu

Odjel sigurnosti i zaštite

Specijalistički diplomski stručni studij sigurnosti i zaštite

Marin Zlatarić

**SIGURNOST ZA IZVOĐENJE RADOVA  
NA ODRŽAVANJU SUSTAVA JAVNE  
RASVJETE POD NAPONOM**

ZAVRŠNI RAD

Mentor: mr. sc. Boris Ožanić, dipl. ing.

Karlovac, 2022. godina



**VELEUČILIŠTE U KARLOVCU**  
KARLOVAC UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES  
Trg J.J.Strossmayera 9  
HR-47000, Karlovac, Croatia  
Tel. +385 - (0)47 - 843 - 510  
Fax. +385 - (0)47 - 843 - 579



## VELEUČILIŠTE U KARLOVCU

Specijalistički studij: Specijalistički diplomski stručni studij sigurnosti I zaštite

Usmjerenje: Zaštita na radu

Karlovac, 03.08.2022.

### ZADATAK ZAVRŠNOG RADA

Student: Marin Zlatarić

Matični broj: 2402023234

Naslov: Sigurnost za izvođenje radova na održavanju sustava javne rasvjete pod naponom

Opis zadatka: Opisati način rada na siguran način u sljedećim uvjetima:

1. U slučaju da se stupovi niskonaponske mreže koriste za distribuciju el.energije za potrebe javne rasvjete.
2. Održavanje ormara javne rasvjete pod naponom u slučaju da je niskonaponski razvod nadležnog distributera i razvod javne rasvjete u istom ormaru unutar elektroenergetskog objekta.
3. Održavanje javne rasvjete na kabelskoj mreži ukoliko kabeli prolaze u blizini naponskih kabela nadležnog distributera električne energije.

Zadatak zadan:

Rok predaje rada:

Predviđeni datum obrane:

2019.

01.03.2022

08.03.2022

Mentor:

Predsjednik ispitnog povjerenstva:

mr. sc. Boris Ožanić, dipl. ing.

Filip Žugčić, mag.ing.el.

## **PREDGOVOR**

Ovaj rad napisan je samostalno, uz sva stečena znanja tijekom pohađanja Specijalističkog diplomskog stručnog studija sigurnosti i zaštite na radu na Veleučilištu u Karlovcu. U pisanju je korištenja stručna literatura te je primijenjeno znanje i praksa kroz rad HEP – ods Elektra Karlovac i poduzeća ENA d.o.o. koji godinama održavaju javnu rasvjetu na području grada Karlovca, a u čiji rad imam uvid u okviru svog radnog mjesta u Gradu Karlovcu – Stručni suradnik za komunalno gospodarstvo, u sklopu kojeg je i nadzor nad održavanjem sustava javne rasvjete.

Zahvaljujem se mentoru mr.sc. Borisu Ožaniću dipl.ing. na mentorstvu, podršci te stručnoj pomoći kod pisanja ovog rada. Zahvala i svim profesorima i predavačima na stručnom studiju na održanim predavanjima i prenesenom znanju tijekom studiranja.

## SAŽETAK

Radom je obrađena tema rada pod naponom na održavanju javne rasvjete. Kao primjer je praćeno održavanje javne rasvjete Grada Karlovca kada su niskonaponski vodovi položeni na iste nosne stupove te kada prolaze kroz iste niskonaponske razvodne ormare i napojne trafostanice.

Također, definiraju se termini i pojmovi koji se odnose na rad pod naponom, osnovna zaštitna sredstva operatera kao i moguće opasnosti koje se mogu dogoditi prilikom izvođenja istog. Opisuju se metode korištene prilikom održavanja sustava javne rasvjete pod naponom.

Ključne riječi: javna rasvjeta, napon, trafostanica, niskonaponski radovi

## **SUMMARY**

The paper deals with the topic of live work on the maintenance of public lighting. As an example, the maintenance of public lighting of the City of Karlovac was followed when low-voltage lines were laid on the same nasal pillars and when passing through the same low-voltage switchboards and power substations.

Also, the terms and concepts relating to live work, the basic means of protection of the operator as well as possible hazards that may occur when performing it are defined. The methods used when maintaining the public lighting system under power are described.

Keywords: public lighting, voltage, substation, low voltage works



## SADRŽAJ

ZADATAK ZAVRŠNOG RADA.....	I
PREDGOVOR.....	II
SAŽETAK.....	III
SADRŽAJ.....	V
1. UVOD.....	1
1.1. Predmet i cilj rada.....	1
1.2. Izvori podataka i metode prikupljanja.....	1
2. TEORIJSKI DIO - Što je to rad pod naponom.....	3
2.1. Uvod u predmetno područje.....	3
2.2. Teorijske postavke koje se odnose na temu iz koje se radi završni rad....	3
2.3. Osnovni termini i pojmovi koji se odnose na rad pod naponom.....	3
2.3.1. Opći uvjeti izvođenja radova.....	4
2.3.2. Voditelj postrojenja.....	5
2.3.3. Organizator radova.....	5
2.3.4. Rukovoditelj radova.....	5
2.3.5. Operater.....	5
2.3.6. Pomoćnik operatera.....	5
2.3.7. Vodljivi dio na fiksnom potencijalu.....	6
2.3.8. Neizolirani dio.....	6
2.3.9. Električna pogonska prostorija.....	6
2.3.10. Uzemljenje i uzemljivač.....	6
2.3.11. Kratki spoj.....	7
2.3.12. Minimalna udaljenost približavanja.....	7
2.3.13. Pribor.....	7

2.3.14. Ovlaštenje.....	7
2.4. Djelovanje električne struje na čovjeka.....	8
2.5. Osnovna zaštitna sredstva operatera koji radi pod naponom.....	8
2.6. Korištenje osobnih zaštitnih sredstava.....	9
2.6.1. Zaštita glave.....	9
2.6.2. Zaštita tijela.....	11
2.7. Specifična zaštita s izolacijskim rukavicama (rad u dodiru).....	12
2.8. Pregled alata prije rada.....	14
2.8.1. Osobni alat.....	14
2.8.2. Zajednički alat.....	15
2.8.3. Izolacijski dijelovi alata i opreme.....	15
2.8.4. Ostali dijelovi alata.....	19
2.8.5. Alati koji ne zadovoljavaju pregled.....	19
2.9. Održavanje alata.....	20
2.9.1. Svakodnevno održavanje.....	20
2.10. Organizacijska priprema i radna dokumentacija.....	20
2.10.1. Priprema rada i definiranje radnog zadatka.....	20
2.10.2 Nalog za rad.....	21
2.10.2 Dopusnica za rad.....	21
3. EKSPERIMENTALNI DIO.....	22
3.1. Metode rada.....	22
3.1.1. Metoda rada “na udaljenosti“.....	22
3.1.2. Metoda rada “na potencijalu”.....	22
3.1.3. Metoda rada “u dodiru”.....	23
3.2. Metode korištene za izradu završnog rada.....	24

3.3. Održavanje JR u slučaju da se stupovi NN mreže koriste za distribuciju električne energije i za potrebe JR.....	25
3.3.1 NN zračna mreža s neizoliranim aluminijskim vodičima.....	25
3.3.2. NN zračna mreža s izoliranim aluminijskim vodičima.....	27
3.4 Održavanje JR na kabelskoj mreži ukoliko kabeli prolaze u blizini naponskih kabela nadležnog distributera električne energije.....	32
3.4 Zamjena elemenata JR pod naponom.....	34
3.4. Zaštita od električnog udara.....	35
3.5. Rad na razvodnim kutijama i ormarima.....	36
3.6. Odspajanje i spajanje krugova pod opterećenjem.....	36
3.7. Ograničenja.....	36
3.8. Mjere koje se odnose na spajanje strujnih krugova.....	37
3.9. Postupak spajanja.....	37
3.10. Zamjena uređaja ili dijelova uređaja.....	37
3.11. ČIŠĆENJE POSTROJENJA POD NAPONOM.....	39
3.11.1. Metode čišćenja.....	39
3.11.2. Oprema, alati i sredstva za čišćenje.....	40
4. REZULTATI I RASPRAVA.....	40
4.1. Opravdanost rada pod naponom.....	40
4.2. Prednosti i mane rada pod naponom.....	40
4.2.1. Prednosti rada pod naponom.....	40
4.2.2. Mane rada pod naponom.....	41
5. ZAKLJUČAK.....	42
LITERATURA.....	43
PRILOZI.....	45
Popis simbola (korištenih kratica).....	45

Popis slika.....46

# 1. UVOD

## 1.1. Predmet i cilj rada

Ovim radom opisat će se metode i postupci rada pod naponom na niskonaponskoj mreži javne rasvjete. Njihova primjena već je ustaljena na nekim distributivnim područjima, a na Karlovačkom području cijeli postupak intenzivira se s početkom 2021. godine.

## 1.2. Izvori podataka i metode prikupljanja

Pri izradi završnog rada korišteni su različiti načini i izvori prikupljanja podataka od stručnih knjiga, internetskih stranica do izlaska na teren sa radnicima uz pratnju rukovoditelja radova kako bi teorijski dio proširio i pokušao prikazati metode navedene u eksperimentalnom dijelu.

U dosadašnjoj praksi izgradnje i održavanja elektroenergetskih objekata javne rasvjete (u daljnjem tekstu: JR) razlikujemo više metoda izvođenja radova na elektroenergetskim objektima mi ćemo promatrati rad pod naponom i rad u blizini napona. Razvojem tržišta električne energije, kao i razvojem novih tehnologija, u elektroindustriji javlja se potreba da prilikom radova na elektroenergetskim objektima JR ostali potrošači na niskonaponskoj mreži imaju neprekidnu isporuku električne energije. Kontinuirana isporuka čini bitan faktor u ekonomskom poslovanju potrošača (tržište električne energije) kao i nadležnih distributera, zbog većeg profita, ali najviše zbog potrebe neometanog pristupa telekomunikacijskim uslugama zbog praćenja nastave na daljinu i rada od kuće, koja je u velikom porastu zadnje dvije godine zbog pandemije COVID-a.

Kao posljedica navedenog, u elektrodistributivnoj djelatnosti, neizbježno se nameće novi termin – rad pod naponom (u daljnjem tekstu: RPN). Na taj način nadležni distributer nastoji izvesti što više radova na elektroenergetskim objektima prilikom njihove izgradnje, a posebno prilikom održavanja dok je postrojenje pod naponom. Dio radova na održavanju javne rasvjete čini rad pod naponom te će vlasnici postrojenja JR (grad Karlovac i pripadajuće općine) morati prihvatiti takav način poslovanja. Najdalje sa primjenom termina RPN otišla je elektroprivreda

SAD-a, a u Europi Francuska, Njemačka i Finska elektroprivreda. Hrvatska Elektroprivreda (u daljnjem tekstu: HEP) kao i ostali sudionici u procesu izgradnje i održavanja elektroenergetskih objekata, po ulasku u Europsku uniju, intenzivno priprema svoje kadrove prihvaćajući metodu RPN kao nešto „nužno“ u svakodnevnom poslovanju. Ovim radom opisat ću metode i postupke za RPN i u blizini napona na niskonaponskim JR jer se oni već primjenjuju na nekim distributivnim područjima, a na Karlovačkom području cijeli postupak intenzivirao se početkom 2021. godine.

## **2. TEORIJSKI DIO - ŠTO JE TO RAD POD NAPONOM**

### **2.1. Uvod u predmetno područje**

Rad pod naponom je svaki rad pri kojem radnici dijelovima tijela, alatom ili opremom svjesno uspostavljaju dodir s dijelovima koji su pod naponom. Postupak rada osigurava zaštitu operatera i montera od opasnosti zbog prisutnosti napona i dovoljnu izolacijsku razinu da bi se izbjegao rizik kratkog spoja ili strujnog udara.

### **2.2. Teorijske postavke koje se odnose na temu iz koje se radi završni rad**

Svaki rad kod kojeg zaposlenik dodiruje dijelove pod naponom ili zadire u zonu opasnosti s bilo kojim dijelom svog tijela ili s alatom, napravama ili uređajima s kojima se služi zovemo RPN. RPN se smatraju i svi radni postupci na postrojenjima i vodovima s nazivnim naponom višim od 50 V izmjeničnog (AC), odnosno 120 V istosmjernog (DC) napona, a predstavlja povećanu opasnost za ljude i postrojenje. Takav rad dopušten je samo u slučaju kada:

- zaposlenici imaju stručnu sposobnost i osposobljeni su za takav rad
- postoji odgovarajući izolirani alat, zaštitna oprema i osobna zaštitna sredstva,
- rad se izvodi prema posebnim pravilnicima ili uputama, odobrenim od povjerenstva za rad pod naponom (HEP-a odnosno nadležne distribucije)

### **2.3. Osnovni termini i pojmovi koji se odnose na rad pod naponom**

Kako bi bolje razumjeli daljnju terminologiju i opise u ovom diplomskom radu, na početku ću pokušati objasniti neke termine koje susrećemo u postupcima RPN. Poznavanje tih termina osnovni je preduvjet za dobro razumijevanje postupaka i radnji prilikom izvođenja RPN.

### **2.3.1. Opći uvjeti izvođenja radova**

Opći uvjeti izvođenja radova (u daljnjem tekstu: OUIR) je skup uvjeta preuzetih od EDF-SERECT, prilagođenih HEP-ovoj elektroenergetskoj mreži OUIR - NN su u skladu sa važećim zakonima na području RH kao što su :

- Zakon o zaštiti na radu (NN RH 71/14, 118/14, 154/14 , 94/18, 96/18)
- Zakonom o radu (N.N. 137/04)
- Pravilnikom o zaštiti na radu (Bilten HEP-a br. 131/04)
- Pravilnik o poslovima s posebnim uvjetima rada (N.N. 5/84)
- Pravilnikom o zaštiti na radu pri korištenju električne energije (N.N. 9/87)
- Pravilima i mjerama sigurnosti pri radu na električnim postrojenjima (Bilten HEP-a 496/20)
- Pravilnik o zaštiti na radu za mjesta rada (NN 29/13)
- Tehnički propis za niskonaponske električne instalacije (NN 05/10)
- Pravilnik o sigurnosti i zdravlju pri radu s električnom energijom (NN RH 116/10; 124/10)
- Norma HRN HD 60364-4-41:2007; Niskonaponske električne instalacije 4-41. dio: Sigurnosna zaštita – zaštita od električnog udara
- Zbirkom uputa za rad na siguran način (HEP d.d. Zagreb)
- Priručnikom prema temeljnom programu osposobljavanja za rad na siguran način (HEP d.d. Zagreb 8/1998)
- Priručnikom za električare prema specijalističkom programu osposobljavanja za rad na siguran način (HEP d.d. Zagreb 7/98-02)

Uvjeti Izvođenja Radova pod naponom - radni postupci na Niskom Naponu (UIR - NN) sadrže skup specifičnih uvjeta preuzetih od EDF-SERECT, prilagođenih HEP-ovoj elektroenergetskoj mreži niskog napona.

Ovi OUIR objedinjuju sve navedene zakone i osnovni su dokument po kojem se RPN moraju izvoditi na elektroenergetskim objektima HEP-a i grada Karlovca s pripadajućim općinama.



Kod radova pod naponom, zbog sigurnosti izvršitelja bitna je nadležnost i obaveza svakog pojedinog sudionika u procesu. Zbog toga se dodjeljuju različite uloge u izvršenju posla. Radi opće sigurnosti potrebno je definirati najznačajnije uloge i termine.

### **2.3.2. Voditelj postrojenja**

Voditelj postrojenja je stručna osoba ovlaštena od poslodavca i izravno odgovorna za vođenje i nadzor nad postrojenjem i procesima koji se tamo odvijaju.

### **2.3.3. Organizator radova**

Organizator radova je stručna osoba koja priprema i organizira, vodi ili nadzire rad ili samostalno radi. To je ovlaštenik ili ugovorni kooperant vlasnika javne rasvjete.

### **2.3.4. Rukovoditelj radova**

Rukovoditelj radova je stručna osoba koja je imenovana s izravnom odgovornošću za rad i primjenu mjera sigurnosti i zdravlja na radu. Izvedbu radova izvodi rukovoditelj samostalno ili u svojoj radnoj skupini

### **2.3.5. Operater**

Riječ "operater" označava osobu zaduženu za izvođenje radova s odgovarajućom izobrazbom i iskustvom, koja je osposobljena za rad pod naponom na siguran način.

### **2.3.6. Pomoćnik operatera**

Pomoćnik operatera je od stručnih osoba podučena osoba, što joj omogućuje izbjegavanje električnih opasnosti.

### **2.3.7. Vodljivi dio na fiksnom potencijalu**

Vodljivi dio na fiksnom potencijalu je vodljivi dio koji je galvanski spojen:

- na potencijal zemlje
- na potencijal nekog aktivnog vodiča

### **2.3.8. Neizolirani dio**

Neizolirani dio je vodljivi dio koji nije pokriven izolacijom ili gdje je izolacija vidljivo oštećena, sumnjiva ili je nedovoljna. Izolacija može biti sumnjiva ako, primjerice, ima pukotine zbog hladnoće ili mehanička oštećenja.

### **2.3.9. Električna pogonska prostorija**

Električna pogonska prostorija je prostorija u zgradi ili ograđeni otvoreni prostor određen prvenstveno za smještaj i pogon električnog postrojenja u kojem smiju boraviti samo radnici elektrostruke i podučene osobe. Ostalim osobama pristup u takve prostorije dopušten je pod stručnim nadzorom ili prema posebno propisanom postupku. Ovakve prostorije, odnosno prostori, moraju biti zaključani.

### **2.3.10. Uzemljenje i uzemljivač**

Uzemljenje je skup međusobno povezanih uzemljivača, zemljovoda i sabirnih zemljovoda.

Pojam uzemljivač odnosi se na sve vodljive dijelove posebno napravljene tako da u slučaju kvara odvedu strujni tok u zemlju.

To uključuje:

- neizolirane podzemne krugove tako da stvore električnu vezu sa zemljom
- neizolirane ili izolirane podzemne krugove spojene na druge podzemne krugove

### **2.3.11. Kratki spoj**

Do pojave kratkog spoja dolazi kada u dodir dođu dva vodiča na različitom fiksnom potencijalu. Tokom RPN operater može izazvati kratki spoj:

- rukujući alatom koji ima nezaštićene metalne dijelove
- pomičući aktivne neizolirane vodljive dijelove
- premošćujući izolator metalnim dijelom alata
- micanjem ili postavljanjem vezne žice
- slučajnim padom nekog metalnog predmeta
- nepravilnim čišćenjem aktivnih neizoliranih dijelova

### **2.3.12. Minimalna udaljenost približavanja**

Minimalna udaljenost približavanja (u daljnjem tekstu MUP-NN) je udaljenost do koje se operater nezaštićenim dijelovima svog tijela smije približiti neizoliranim aktivnim dijelovima. Za niski napon (NN) MUP iznosi 0,30 m.

### **2.3.13. Pribor**

Pribor su alati za spajanje i učvršćivanje izoliranih kabela kao što su spojne kutije, razvodne kutije ili stezaljke (redne stezaljke, luster kleme).

### **2.3.14. Ovlaštenje**

Ovlaštenje izdaje poslodavac operateru za kojeg ima potvrdu (ovlaštene Ustanove) da ima znanje i iskustvo potrebno za rad pod naponom. RPN može obavljati samo stručno osoblje elektrostruke ili u elektrotehnici podučena osoba nakon završetka specijalističke obuke.

## **2.4. Djelovanje električne struje na čovjeka**

Budući da struja može teći isključivo u zatvorenom strujnom krugu čovjek mora postati dio strujnog kruga da bi kroz njega protekla električna struja. Do toga dolazi kada čovjek dođe u situaciju da svojim tijelom dodiruje dvije točke različitih potencijala.

Prolaskom kroz ljudsko tijelo, električna struja djeluje na sljedeće načine:

- toplinski - zagrijavanje na mjestu ulaska i izlaska struje ostavljajući unutarne i vanjske opekline

- mehanički – za vrijeme prolaska struje kroz tijelo dolazi do grčenja mišića što može izazvati pucanje živaca, lomove kostiju i rasprsnuće krvnih žila

- biološki – grčenje mišića, treperenje srčanih klijetki, grčenje krvotoka, paraliza disanja

- kemijski – prolaskom kroz tijelo električna struja rastvara krvnu plazmu

Put prolaska struje kroz organizam kao i vrijeme trajanja prolaska ovisi o težini ishoda. Ulogu u jačini ozljeda ima i vrsta struje (uz isto vrijeme prolaska potrebna je 2-4 puta jača DC struja od AC za istu fiziološku reakciju). Na težinu ishoda također imaju utjecaj individualna svojstva organizma kao npr. fizička kondicija, debljina, bolesti pluća i srca, debljina i žuljevitost organizma, i sl..

## **2.5. Osnovna zaštitna sredstva operatera koji radi pod naponom**

Svaki operater mora imati osobna zaštitna sredstva (u daljnjem tekstu: OZS) te je on odgovoran za održavanje i provjeru. OZS obavezna su za sve vrste radova pod naponom, osim ako nije posebno naglašena iznimka. Drugi operater koji se približi operateru ili slučajno dođe u dodir s operaterom izravno ili preko alata ili predmeta bilo koje vrste, mora imati OZS koja odgovaraju prirodi opasnosti kojoj je izložen operater.

## **2.6. Korištenje osobnih zaštitnih sredstava**

Operateri moraju koristiti odgovarajuća utvrđena OZS (osobna zaštitna sredstva) određena temeljem analize opasnosti vodeći računa o uvjetima na mjestu rada i metodi rada koja se koristi.

Ovi uvjeti primjenjuju se na operatera i sve one koji se nalaze na mjestu rada.

Uz OZS koja su propisana za radove u skladu s propisima i pravilima zaštite na radu, radu na visini, operateri moraju nositi OZS, te primjenjivati mjere sprječavanja električnog udara, te mjere sprječavanja kratkih spojeva.

### **2.6.1. Zaštita glave**

Glava operatera mora biti zaštićena od posljedice:

- udaraca od predmeta
- električnog udara,
- kratkog spoja
- toplinskih učinaka
- UV zraka

OZS je zaštitna kaciga s vezivanjem ispod brade.

OZS koje štiti od posljedica električnog udara (udarci uslijed refleksnih reakcija i sl.) je zaštitna kaciga izrađena od sintetičkog materijala koja nema metalnih dijelova i ventilacijskih otvora.

Kratki spoj izaziva emisiju topline, UV zraka i prskanje iskri i komadića materijala.

Kao zaštita od toplinskih rizika koristi se štitnik za lice i zaštitna kaciga bez otvora za ventilaciju, izrađeni od netopljivih materijala uslijed učinka električnog luka.

Naočale i štit za lice zaštita su od UV zraka.

Zaštitu od prskanja komadića materijala čine zaštitne kacige i štitnici za lice.



Slika 1. Izolacijska zaštitna kaciga s zaštitnim zaslonom za oči [Vlastiti izvor]

Za zaštitu glave i lica pri RPN koriste se kacige s viziorom koje moraju zadovoljiti sljedeće:

- izrađene prema europskoj normi EN 397:1995 uz obavezan dodatak vatrootpornog vizira koji se ne može deformirati i integrira se u školjku kacige (ili u obliku vanjskog dodatka kacigi)

- vizir mora bit konveksnog oblika i oblikovan tako da ne dolazi do zamagljivanja, te imati svojstvo filtriranja UV zračenja

- vizir ne smije biti predugačak kako ne bi došlo do vrtloženja zraka

- kaciga ne smije imati izložene metalne dijelove

- školjka mora pružiti kvalitetnu razinu zaštite od mehaničkih rizika, ne smije posjedovati rupice za ventilaciju

Što se tiče prethodnih indikacija, zaštitna kaciga sa štitnikom za lice bez ventilacijskih otvora i bez opasnosti od topljenja prigodom pojave električnog luka najčešće su dovoljna zaštita glave.

### 2.6.2. Zaštita tijela

Operater je obavezan nositi odjeću koja nema nikakvih metalnih zatvarača i pokriva sve dijelove tijela, osim glave i šaka.

Odjeća koja bi mogla biti izravno izložena slučajnom učinku pojave električnog luka, mora biti izrađena od materijala koji se ne topi ili gori zbog luka ili otvorenog plamena. "Izrađena od materijala koji se ne topi" znači da je izrađena od materijala koji ne podliježe promjenama uslijed toplinskog zagrijavanja.

Mješavina pamuka i sintetike može ograničiti učinke električnog luka i spriječiti širenje plamena.

Ako je nužno, operater smije obući odijelo koje štiteći ga i ujedno zadovoljava propise (pokrivalo preko zaštitne odjeće kao npr. kišna kabanica).



Slika 2. Operater s osobnom zaštitnom opremom [Vlastiti izvor]

## 2.7. Specifična zaštita s izolacijskim rukavicama (rad u dodiru)

Za rad s izolacijskim rukavicama (rad u dodiru) predviđena je posebna zaštita s dodatnim rukavicama od silikonizirane kože ili se radi s kompozitnim izolacijskim rukavicama. Za efikasnu izolaciju, izolacijske rukavice pokrivene dodatnim kožnim rukavicama (nadrukavicama) moraju imati završni dio najmanje 5 cm duži od gornjih rukavica.

Izolacijske rukavice štite od električnog udara.

Klasifikacija izoliranih rukavica ovisi o naponskoj razini postrojenja, tako na području Hrvatske vrijedi norma HRN EN 60903:2007 koja definira da rukavice za NN moraju biti minimalno klase 00 za postrojenja do 500V AC.

Dodatne rukavice od silikonizirane kože koje se postavljaju preko izolacijskih rukavica predstavljaju:

- mehaničku zaštitu i
- zaštitu od topline nastale kratkim spojem.

Kompozitne izolacijske rukavice predstavljaju:

- zaštitu od električnog udara,
- mehaničku zaštitu i
- zaštitu od topline nastale kratkim spojem.



Slika 3. Izolacijske rukavice [Vlastiti izvor]





Slika 4. Zaštitne kožne rukavice (nadrugavice) [Vlastiti izvor]

Izolacijske rukavice je potrebno svakodnevno vizualno pregledavati obraćajući pažnju na:

- pukotine i posjekotine (nastale savijanjem)
- raspadanje zbog duže izloženosti UV zračenju
- oštećenja zbog zaostalih drvenih i metalnih ivera
- rupe nastale prodorima drvenih i metalnih dijelova
- mrlje i oštećenja (plikovi) nastale prolaskom derivata i ulja kroz kožne nadrugavice
- oštećenja uslijed termičkih naprezanja trenjem
- oštećenja nastala zbog oksidacije unutarnje stijenke

Operater se uvjerava da ne postoje oštećenja prije uporabe rukavica, kao npr. napuhivanjem rukavica zrakom i prateći ispušta li se upuhani zrak.

Operater mora osigurati da rukavi odjeće ne dođu u dodir s gornjim rukavicama kako ne bi došlo do poništenja električne zaštite izolacijskih rukavica. Jednostavni način da se osigura ovaj uvjet je da se rukavi ulože u rukavice.



Slika 5. Pravilno korištenje zaštitnih rukavica (izolacijske rukavice s nadrukavicama) [Vlastiti izvor]

## **2.8. Pregled alata prije rada**

Cjelokupan alat koji se upotrebljava mora biti utvrđen od Povjerenstva za rad pod naponom i dijeli se na osobni alat i zajednički alat.

### **2.8.1. Osobni alat**

Prije rada, cjelokupan alat treba pregledati na mjestu rada. Svaki radnik mora se uvjeriti da je njegov osobni alat u dobrom stanju.

Kod rada na NN postrojenjima od zaštitne opreme najbitnije su izolacijske rukavice, kompozitne rukavice ili kožne rukavice, zaštitna kaciga, zaštitno radno odijelo i izolacijske cipele.



Slika 6. Osobni alat i oprema [Vlastiti izvor]

### 2.8.2. Zajednički alat

Rukovoditelj radova je odgovoran za pregled zajedničkog alata. Tijekom pregleda potrebno je voditi računa o specifičnim podacima iz specifikacije Torbe osobnog alata (u daljnjem tekstu: TOA).

### 2.8.3. Izolacijski dijelovi alata i opreme

Kao posljednju razinu zaštite operatera pri RPN imamo izolirane i izolacijske alate. Izolirani i izolacijski alati izrađuju se prema hrvatskoj normi HR EN 60900:2007. Izolacijski alati su u potpunosti izrađeni od sintetičkih izolacijskih materijala i nemaju niti jedan izložen vodljivi dio. Izolirani alati izrađeni su od metala na koji su nanosena 2 izolacijska materijala (unutarnji sloj je mekši, deblji i svjetlije boje sa zadaćom osiguravanja dielektrične zaštite operatera, dok je

vanjski sloj tvrdi i tamniji sa zadaćom mehaničke zaštite unutarnjeg sloja od oštećenja)

Uz redovito čišćenje alata, treba pregledati slijedeće:

- trenutno stanje dijelova od izolacijskog materijala,
- trenutno stanje izolacije metalnih alata,

Alat koji je u zadovoljavajućem stanju nije jednak novom alatu.

Ako se kod izoliranog alata vidi metal ili postoji samo tanki sloj izolacijske presvlake, tada se takav alat mora odmah staviti izvan uporabe, popraviti ga ili zamijeniti novim. Površinske pukotine ne sprječavaju da debeli izolacijski materijal ima ulogu izolatora (primjerice, gumeni čekić).

Ako se ne može drugačije, a kako je opisano u TOA tijekom verifikacije rukavica, treba provesti ispitivanje vrteći krajeve rukavice namatanjem oko sebe.

Od ostatka opreme za RPN navodim izolacijsku prekrivku i savitljivi pokrivač s ljepljivim trakama (za onemogućavanje kontakta s dijelovima pod naponom), izolacijske kapice (za privremenu izolaciju neizoliranih krajeva vodiča), izolirana platforma (za siguran rad na visini)



Slika 7. Izolirani odvijač 1000V [Vlastiti izvor]



Slika 8. Izolirana kliješta za sječenje 1000V [Vlastiti izvor]



Slika 9. Izolacijska prekrivka [Vlastiti izvor]

Opis: Obavljajući rad u električnoj pogonskoj prostoriji koja ima djelomično ili prirodno vodljivi pod, operater mora nositi specijalne čizme ili mora stajati na izolacijskom tepihu (izolacijskoj klupici). Primjerice, betonski pod smatra se prirodno vodljivim.



Slika 10. Savitljivi izolacijski pokrivač s ljepljivim trakama [Vlastiti izvor]



Slika 11. Izolacijske zaštitne kapice [Vlastiti izvor]



Slika 12. Izolirana hidraulička platforma 1000V [Vlastiti izvor]

#### **2.8.4. Ostali dijelovi alata**

Provjeriti:

- da nema vidljivih oštećenja (pukotina, deformacija itd.),
- da svi mehanizmi rade korektno (mehaničke greške dovode do ozljeda na radu)
- da nema slomljenih kabela, užadi i kopči na alatima i materijalu

#### **2.8.5. Alati koji ne zadovoljavaju pregled**

Alati koji ne zadovoljavaju pregled moraju:

- dobiti oznaku "Nije za uporabu"
- uz obavijest o oštećenju moraju biti poslani u ispitni laboratorij

Ova informacija je posebno značajna za otkrivanje anomalija ili sistemskih grešaka kod proizvodnje alata.

## **2.9. Održavanje alata**

### **2.9.1. Svakodnevno održavanje**

Alati moraju biti čisti i u dobrom radnom stanju (uključivo i izolacijske dijelove izoliranih alata). Ako se traži pranje, tada ono treba provoditi sa sapunom.

### **2.9.2. Modificiranje**

Niti jedan alat kojeg je utvrdilo Povjerenstvo za RPN ne smije se mijenjati drugom vrstom alata a atestirani alat ne smije se modificirati i prepravljati.

### **2.9.3. Popravci**

U nedostatku specifičnih uputa za popravak pojedinog alata (ako ne postoje u TOA), popravak smije obaviti proizvođač ili ovlašteni serviser.

### **2.9.4. Skladištenje – transport**

Alati moraju biti očišćeni nakon upotrebe i potom pohranjeni na lokaciji predviđenoj u tu svrhu. Kada su daleko od mjesta rada, alati koji su većinom izrađeni od izolacijskih cijevi moraju biti skladišteni i transportirani nakon što su na ispravan način učvršćeni i pakirani radi sprječavanja oštećenja. Ako alati imaju čeljusti, one moraju biti zatvorene.

## **2.10. Organizacijska priprema i radna dokumentacija**

### **2.10.1. Priprema rada i definiranje radnog zadatka**

Prije bilo kojeg radnog postupka i prije svakog rada na električnim postrojenjima i instalacijama, potrebno je procijeniti sve opasnosti i štetnosti koje se mogu pojaviti i dovesti do ozljeđivanja i ugrožavanja života i zdravlja radnika i drugih osoba kod obavljanja određenih poslova.

Svaki operater, od rukovoditelja, mora dobiti informacije potrebne za izvođenje radova, te informacije odnose se na identifikaciju opreme, karakter posla koji se treba obaviti i treba li koristiti specijalnu opremu i sl. Nakon identifikacije slijedi analiza potrebnog rada te potencijalne opasnosti.



### **2.10.2 Nalog za rad**

Nalog za rad je isprava kojom organizator rada ili voditelj organizacijske jedinice određuje mjesto rada, vrijeme rada, vrstu rada, sudionike u radu, rukovoditelja radova i ostale sudionike.

Nalog za rad može biti u pismenom ili usmenom obliku.

### **2.10.2 Dopusnica za rad**

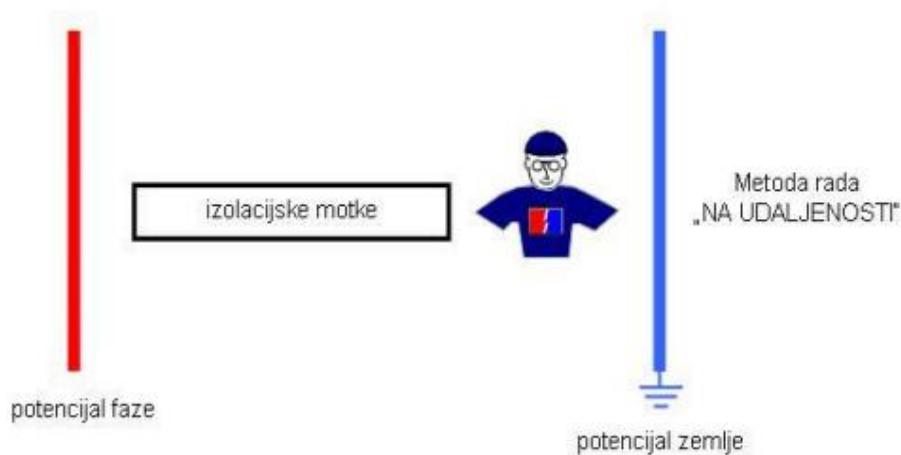
Za radove koji se vrše u ili na postrojenjima u vlasništvu HEP-a potrebno je ishoditi Dopusnicu za rad. Na temelju Naloga za rad i ishođene Dopusnice pristupa se mjestu rada i izvode predviđeni radovi. Prije izdavanja Dopusnice radnicima nije dopušten pristup na mjesto rada.

## 3. EKSPERIMENTALNI DIO

### 3.1. Metode rada

#### 3.1.1. Metoda rada „na udaljenosti“

Metoda rada „na udaljenosti“ bila je prva metoda RPN. Ona strogo definira potrebne udaljenosti između vodljivih dijelova na različitim fiksnim potencijalima, nezaštićenih dijelova tijela operatera i neizoliranih dijelova postrojenja. Metoda se primjenjuje za srednji i visoki napon.



Slika 13. Metoda rada „na udaljenosti“

#### 3.1.2. Metoda rada „na potencijalu“

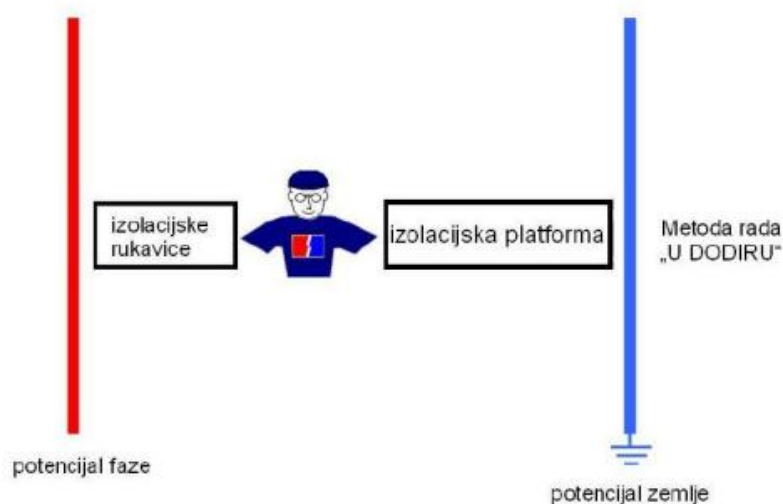
Metoda koja se još naziva i metoda rada „golim rukama“. Razlika rada operatera s ovom metodom u odnosu na prijašnje dvije je da se ne štiti izoliranjem tijela nego se namjerno galvanski vežu s dijelovima na jednom fiksnom potencijalu, nikako više. Operateri moraju dobro paziti da osiguraju izolaciju svih ostalih dijelova čiji je fiksni potencijal različit od onog na kojem se radi i na koji je operater galvanski vezan



Slika 14. Metoda rada „na potencijalu“

### 3.1.3. Metoda rada “u dodiru”

Osnovna zaštitna oprema operatera pri ovoj metodi su izolacijske rukavice. S obzirom na to da je operater smješten bliže postrojenju, bilo je potrebno postrožiti uvijete zaštite. U RPN izolacijskim rukavicama na NN do 1000V AC, odnosno 1500V DC vrše se radovi na: izoliranim i neizoliranim vodičima, neizoliranim dijelovima, opremi (izolacijske spojnice), podzemnim kabelima i otvorenim kućištima i razvodnim kutijama. Prilikom rada s izolacijskim rukavicama operater treba raditi samo na jednom potencijalu, dok ostali moraju biti izolirani s izolacijskom opremom.



Slika 15. Metoda rada „u dodiru“

Najzastupljenija metoda RPN za NN postrojenja je metoda rada u dodiru.

### **3.2. Metode korištene za izradu završnog rada**

Uz pratnju rukovoditelja, upoznao sam se s radnom okolinom, radnim uvjetima, strojevima i alatima, njihovoj primjeni i zaštiti. Uočio sam da se zaposlenici pridržavaju propisanih pravila zaštite na radu, misleći pritom na zaštitna sredstva, opremu, pravilno rukovanje, korištenje zaštitnih naprava (zaposlenici su upoznati s opasnostima na mjestima rada i educirani o sprječavanju istih).

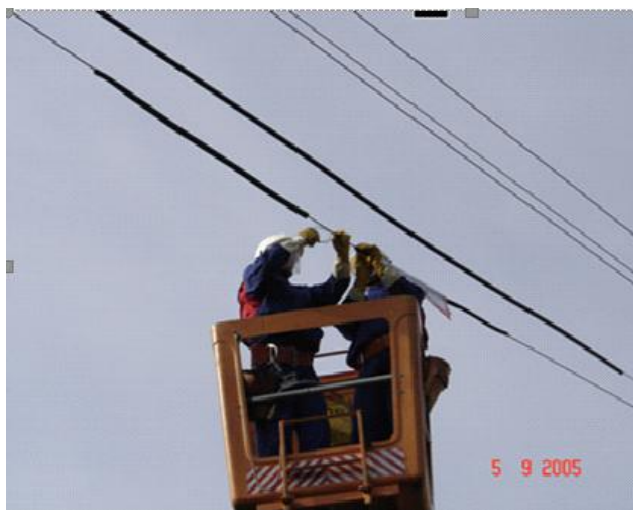
Ovim radom posebno su obrađeni primjeri održavanja JR u slučajevima kada se NN mreža koristi za distribuciju električne energije i za JR, održavanje ormara JR pod naponom u slučaju kad su NN razvod nadležnog distributera i upravljački ormar JR u istom NN bloku unutar objekta trafostanice, održavanje JR na kabelskoj mreži kada su kablovi JR položeni u blizini energetske vodova distributera te održavanje samih elemenata JR (svjetiljke, vodovi, sklopna oprema).

### 3.3. Održavanje JR u slučaju da se stupovi NN mreže koriste za distribuciju električne energije i za potrebe JR

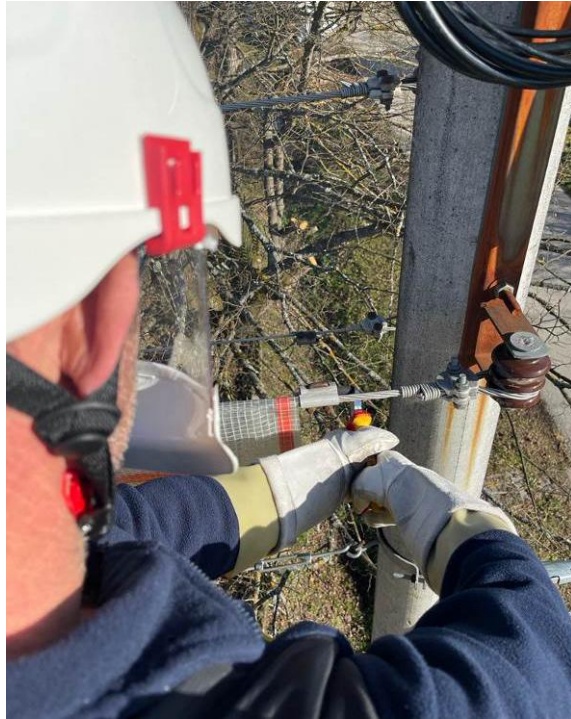
#### 3.3.1 NN zračna mreža s neizoliranim aluminijskim vodičima



Slika 16. Primjer oštećenog vodiča [Vlastiti izvor]



Slika 17. Postavljanje krute prekrivke i popravak vodiča [Vlastiti izvor]



Slika 18. Rad na zračnom vodu s neizoliranim aluminijским vodičima [Vlastiti izvor]



Slika 19. Spajanje priključnog kabela svjetiljke na zračni vod s neizoliranim aluminijским vodičima [Vlastiti izvor]

Neizolirana zračna mreža sastoji se od 3 fazna vodiča, 1 neutralnog vodiča i jednog vodiča javne rasvjete. Fazni vodiči trajno su pod naponom dok je vodič JR pod naponom samo dok je uključena JR. Prilikom rada na popravcima svjetiljki ili montaži i spajanju svjetiljki na stupove i vodiče potrebno je pridržavati se svih mjera za RPN. Uključenje JR vrši se u koordinaciji s nadležnom distribucijom, na temelju zahtjeva za uključenje i dopusnice za rad. U blizini mjesta rada potrebno je prikrivanjem vodiča izolacijskim prekrivkama onemogućiti izravan kontakt operatera sa vodičima pod naponom, a za sam rad koristiti izolacijske rukavice i nadrukavce, zaštitnu kacigu s viziorom, izolirani alat. Za te radnje potrebno je upotrijebiti i izoliranu hidrauličku platformu za napon do 1000V. Za radove na samoj svjetiljci (kao npr. zamjena žarulje, prigušnice i sl.) dovoljno je koristiti izolacijske rukavice i nadrukavice, izolirani alat i zaštitnu kacigu s viziorom, ukoliko radnik dijelovima tijela ili alatom ne ulazi u zonu rada pod naponom.

### **3.3.2. NN zračna mreža s izoliranim aluminijskim vodičima**

Rad na izoliranim zračnim mrežama (elkalex) je najjednostavniji primjer RPN.

Rad pod naponom počinje kada operater otvara ili probija izolacijski plašt na faznom ili neutralnom vodiču u dodiru s vodičem uz stupanj zaštite manji od IP2X.

Kod rada na izoliranim NN zračnim mrežama (elkalex) nije potrebno vodiče dodatno izolirati gibljivim prekrivkama s čičkom.

Tamo gdje nije moguće sa sigurnošću utvrditi indeks zaštite IP2X, vodiče treba smatrati neizoliranim vodičima.

Ostale mjere opreza i primjena zaštite na radu vrijede kao i za neizolirane postupke.

## POPRAVAK VODIČA SA UGRADNJOJ PREMOSNICE:



Slika 20. Primjer oštećenog vodiča [Vlastiti izvor]



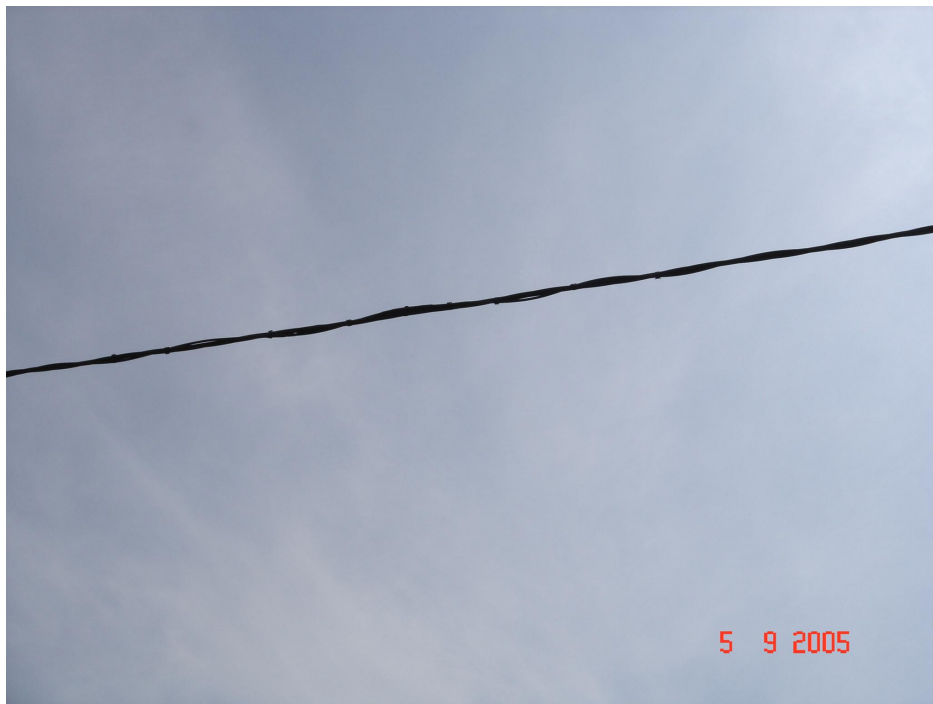
Slika 21. Postavljanje premosnice [Vlastiti izvor]

Premosnica – vodič preko kojeg će privremeno teći struja dok se oštećeni vodič ne popravi.



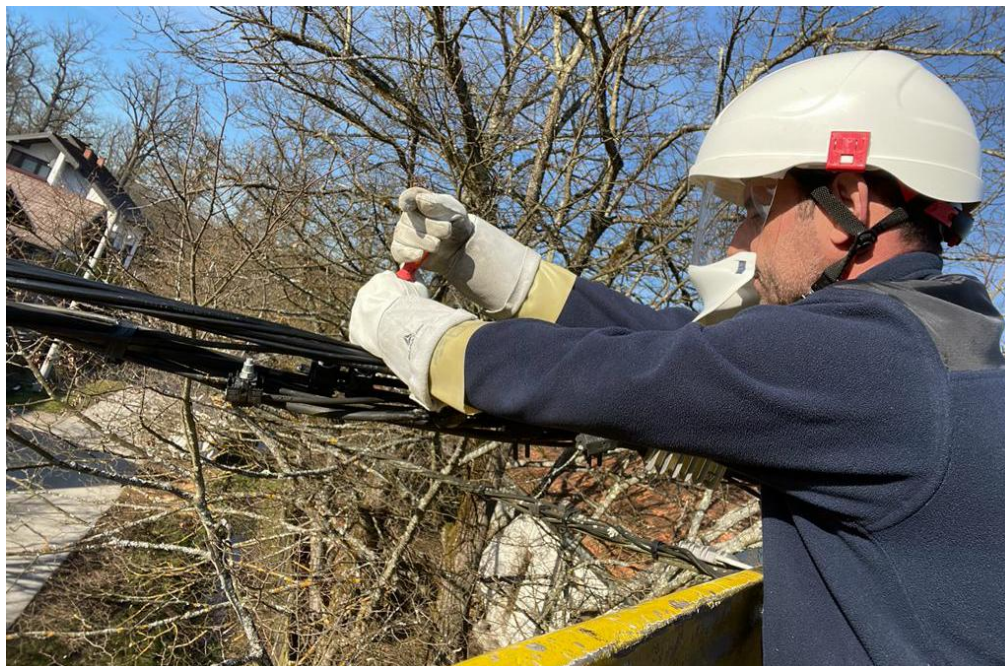


Slika 22. Popravak oštećenog vodiča [Vlastiti izvor]



Slika 23. Izgled popravljenog vodiča [Vlastiti izvor]

Primjer RPN u sustavu održavanja JR:



Slika 24. Spajanje priključnog kabela svjetiljke na vod javne rasvjete u sklopu izoliranog samonosivog kablenskog snopa [Vlastiti izvor]

Opis: Kako bi na siguran način spojili svjetiljku koja se koristi za potrebe javne rasvjete, a svjetiljka se napaja s NN mreže, potrebno je ispoštovati sva načela RPN. Na slici je vidljiva upotreba zaštitne kacige, rukavica, izolirane košare te potreban izolirani alat. Kao i kod spajanja i prilikom održavanja JR, zamjene dotrajalih dijelova, potrebno je nositi svu zaštitnu opremu.

### **3.3 Održavanje ormara JR pod naponom u slučaju da je NN razvod nadležnog distributera i razvod JR u istom ormaru unutar elektroenergetskog objekta**

Dugogodišnja praksa izgradnje trafostanica bila je takva da se u sklopu NN bloka nalazilo i polje JR sa svim elementima upravljanja i zaštite. Tek u novije vrijeme nakon što je javna rasvjeta zakonskim odredbama predana na upravljanje i održavanje lokalnim samoupravama elementi za upravljanje i zaštitu ugrađuju se

izvan postrojenja nadležnih elektrodistribucija. Stoga se prilikom održavanja, čišćenja i zamjene elemenata JR kao što su sklopnici, sklopke, podnožja osigurača i sl. nameće potreba RPN da bi se izbjeglo nepotrebno isključenje brojnih potrošača na NN mreži bilo podzemnoj ili nadzemnoj.

Prije bilo kakvih zahvata potrebno je ishoditi dopusnicu za rad i radove izvesti u koordinaciji sa samim distributerom.

Prije početka radova potrebno je mjesto rada ograditi zaštitnim pregradama radi sprječavanja fizičkog kontakta s dijelovima postrojenja koji nisu u funkciji JR.

Prilikom izvođenja radova potrebno se pridržavati svih načela RPN koristeći pripadajuće propisane alate i odjeću (izolirani alat, zaštitna kaciga s viziorom, izolacijske rukavice s nadrukavicama i sl.)

Ormari JR potrebno je periodički pregledavati i čistiti. Čišćenje je dozvoljeno vakuumski usisavanjem ili čišćenjem suhim ledom.

Čišćenje električnih postrojenja pod naponom prskanjem i pranjem različitim tekućim sredstvima nije dozvoljeno.



Slika 25. Primjer održavanja ormara JR u trafostanici [Vlastiti izvor]

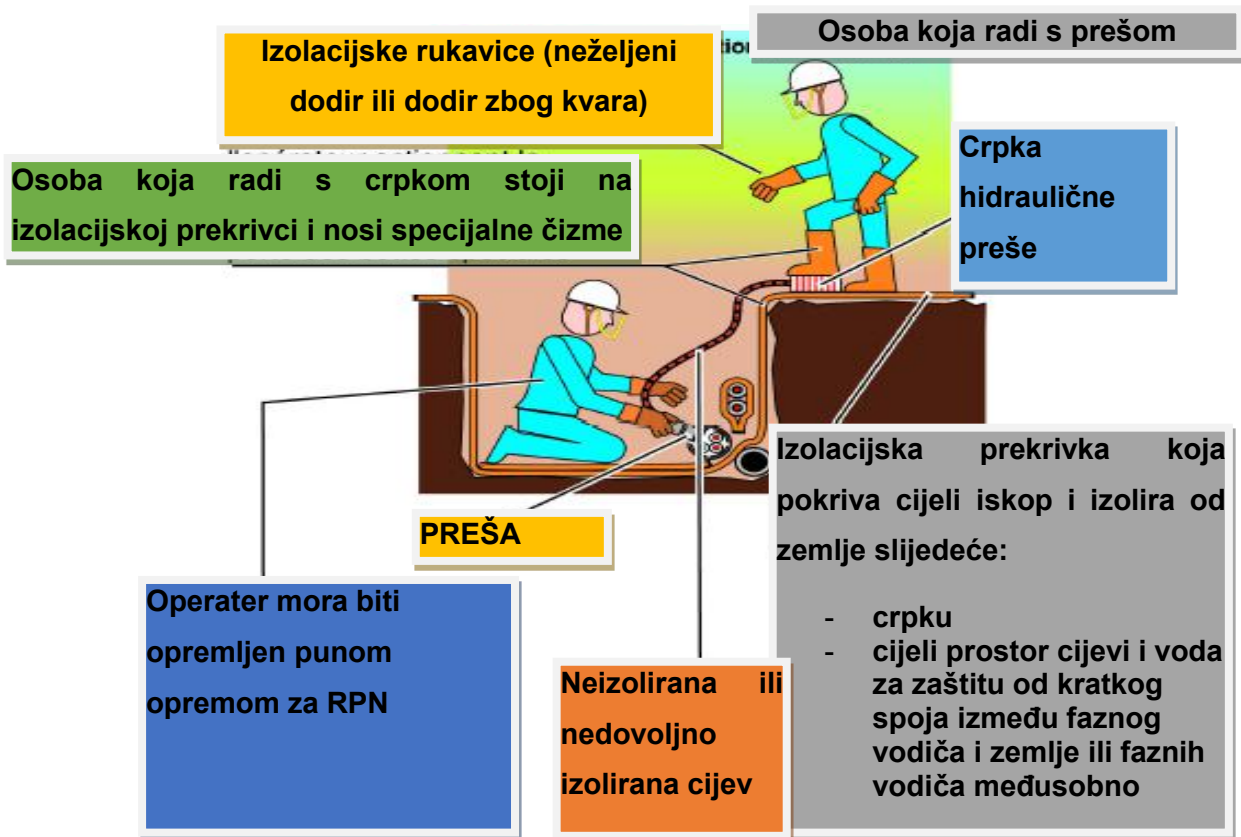
### **3.4 Održavanje JR na kabelskoj mreži ukoliko kabeli prolaze u blizini naponskih kabela nadležnog distributera električne energije**

Prije početka radova na podzemnim kablovima, bilo da se radi o otvorenim rovovima ili kabelskoj kanalizaciji, potrebno je ukloniti bilo kakvu vodu, očistiti i provjeriti mjesto rada, a po potrebi mjesto rada zaštititi šatorom. Ukoliko se koristi šator potrebno je osigurati njegovu ventilaciju i provjetranje.

Kako bi izolirali zemlju (zidovi iskopa su na potencijalu zemlje) i susjedne aktivne neizolirane dijelove, kod rada u rovovima i tunelima, koriste se fleksibilne izolacijske prekrivke. Izolacijskom prekrivkom potrebno je prekriti sve elektroenergetske kabele koji se nalaze u zoni rada. Uz korištenje izolacijske prekrivke obavezno je korištenje i ostalih OZS i izoliranih alata. U slučaju da operater ne nosi specijalne cipele mora koristiti izolacijski tepih ili postolje u vlažnim prostorima i na mjestima s vodljivim podom.

Primjerice, čitav iskop se u potpunosti pokriva po dužini cijevi ako je ona neizolirana ili nedovoljno izolirana.

Kod rada s izoliranim kabelima, operaterima smije biti dostupan samo jedan potencijal i time uklonjena opasnost od kratkih spojeva.



Slika 26. RPN na podzemnim električnim vodovima uz pomoć hidraulične preše koja ima neizolirane ili nedovoljno izolirane cijevi



Slika 27. Kako se mora pripremiti radno mjesto za RPN na podzemnim kabelima [Vlastiti izvor]

### 3.4 Zamjena elemenata JR pod naponom

Ukoliko se zamjena elemenata JR kao što su žarulje, prigušnice, propaljivači, sklopna oprema, osigurači i sl. izvodi pod naponom potrebno je primjenjivati sva prethodno navedena pravila RPN



Slika 28. Zamjena sklopnika u upravljačkom ormaru javne rasvjete [Vlastiti izvor]



Slika 29. Zamjena prigušnice u svjetiljci javne rasvjete [Vlastiti izvor]



Slika 30. Zamjena žarulje u svjetiljci javne rasvjete [Vlastiti izvor]

### 3.4. Zaštita od električnog udara

Operater mora voditi računa da za fleksibilne neizolirane ili nedovoljno izolirane cijevi, koje koristi za pokretanje alata (alati mogu biti neizolirani ili nedovoljno izolirani), a koji su u dodiru s neizoliranim aktivnim dijelovima, treba poduzeti zaštitne mjere kao i kod svih drugih neizoliranih dijelova pod naponom.

Primjerice, kada se koristi hidraulična preša ili preša s nožnim pogonom s neizoliranim ili nedovoljno izoliranim cijevima između crpke i alata, operater koji koristi crpku mora:

- nositi odgovarajuće izolacijske rukavice,
- ili raditi s izolacijskim gumenim prekrivkama i nositi specijalne čizme.

Te mjere ne odnose se na operatere koji koriste odgovarajuće izolacijske prekrivke za sprječavanje kratkih spojeva između cijevi i zemlje iskopa ili poda.

### **3.5. Rad na razvodnim kutijama i ormarima**

Kod rada na NN opremi (NN do 500 V) otvaranje i zatvaranje vrata razvodne kutije ili ormara nije radni postupak rada pod naponom.

Otvaranje vrata neke razvodne kutije ili ormara može biti slično otvaranju vrata nekog prostora (električna pogonska prostorija) u koji je ulazak dopušten samo električarima.

Rad pod naponom započinje kada operater dođe na udaljenost od 0,30 m od aktivnih neizoliranih dijelova koji su pristupačni kod otvorenih vrata.

Kod radova na NN razvodima posebnu pažnju treba obratiti na spajanje i odspajanje strujnih krugova. Prije odspajanja ili spajanja strujnih krugova operater mora biti siguran da se ne nalazi u prostoru u kojemu postoji opasnost od eksplozije.

U prostorima gdje postoji opasnost od eksplozije ne smije se izvoditi RPN.

### **3.6. Odspajanje i spajanje krugova pod opterećenjem**

Odspajanje i spajanje strujnih krugova pod teretom mora se izvoditi pazeći na maksimalne dopuštene vrijednosti struje koje se smiju odspajati ili spajati bez prekidača.

Prije odspajanja ili spajanja strujnog kruga, rukovoditelj radova mora odrediti vrijednosti struje koja teče u spojevima koje treba otvoriti ili zatvoriti.

Vrijednost struje u spojevima koje treba otvoriti ili zatvoriti može se odrediti:

- mjerenjem vrijednosti struje na mjestu kojeg treba otvoriti,
- ili procjenom svih opterećenja koja su iza točke odspajanja opreme

### **3.7. Ograničenja**

Na strujnim krugovima pod opterećenjem u podzemnim kabelima ne smije se provoditi odspajanje ili spajanje, osim isključivo specijalnim sredstvima ili opremom, koja postoji za tu svrhu.



### **3.8. Mjere koje se odnose na spajanje strujnih krugova**

Spajanje strujnih krugova izvodi se zatvaranjem ili spajanjem vodiča spojnicama ili postavljanjem stezaljki ili osigurača.

Za sve spojeve, rukovoditelj rada mora biti siguran da nema mogućnosti nastanka kratkog spoja kada zatvara strujne krugove.

To se može postići:

- vizualno,
- ili čitanjem shema spajanja i posebnim oznakama (boja i sl. oznake),
- ili provedbom mjerenja.

Ako se svi vodiči nekog strujnog kruga ne spajaju istodobno, neutralni vodič mora se spajati prije bilo kojeg faznog vodiča u strujnom krugu.

### **3.9. Postupak spajanja**

Radi spajanja strujnog kruga, operater mora:

- brzo približiti jedan drugom dva dijela koja spaja sve dok ih ne spoji, a vodiči moraju biti u čvrstom dodiru i treba sigurno držati taj privremeni kontakt sve dok se ne izvede konačni spoj.

Kada se radi na nadzemnim vodovima s izoliranim vodičima, treba koristiti stezaljke ili drugu spojnu opremu projektiranu za takve spojeve, u skladu s uputama njihovih proizvođača.

Kod nadzemnih vodova s neizoliranim vodičima, rukovoditelj rada mora dati prednost metodi rada motkama na udaljenosti.

### **3.10. Zamjena uređaja ili dijelova uređaja**

Ako strujni krug treba održavati pod naponom operater mora premostiti premosnicom (bajpasom) električki uređaj prije nego ga odspoji. Takvo

premošćivanje mora ostati tijekom cijelog vremena trajanja radnog postupka zamjene uređaja.

U slučaju da uređaj nije opterećen, a treba ga zamijeniti, on može biti skidan i postavljan bez prenosnice ( a može i bez napona).

Ako strujni krug nije nužno držati pod naponom, uređaj se može odspajati i spajati u skladu s vrijednostima maksimalnih strujnih vrijednosti u strujnom krugu. Operater je odgovoran za odluku hoće li ili neće prekidati kontinuitet strujnog kruga.

Kod zamjene pojedinog dijela uređaja treba poštivati slijedeće uvjete:

- elementi moraju biti čvrsto spojeni, pritegnuti vijcima, utaknuti, itd.
- radni postupak se može sastojati od zamjene dijelova koje su različite od prvotnih, primjerice, zamjena osigurača osiguračem drukčijih karakteristika
  - učvršćivanjem zamijenjenog dijela koji je dostupan s prednje strane (dijelovi učvršćeni sa stražnje strane ne mogu se zamjenjivati bez uklanjanja uređaja, osim ako nisu tako postavljeni da su pristupačni sa stražnjih strana)
  - zamjenom dijela uređaja na kojem su izolacijske pregrade, učvršćene konstrukcijski ne moraju se koristiti dodatne izolacijske prekrivke. Ako su uvjeti drukčiji (odspajanjem dijela uređaja ispada i izolacijska pregrada) potrebno je dijelove pod naponom odvojiti pomoću izolacijskih pregrada ili prekrivki i tako ih zaštititi prije početka rada.

Kod pojedinih uređaja pomicanje učvršćenih kontakata može izazvati pad tih izolacijskih pregrada.



Slika 31. Spajanje priključnih vodiča na sklopnik [Vlastiti izvor]

### 3.11. ČIŠĆENJE POSTROJENJA POD NAPONOM

U sklopu održavanja elektroenergetskih postrojenja čišćenje u svrhu održavanja najčešći je posao koji se izvodi pod naponom.

#### 3.11.1. Metode čišćenja

Čišćenje pod naponom se izvodi:

- vakuumskim čišćenjem (usisavanjem),
- ispuhivanjem,
- četkanjem,
- čišćenjem pomoću odgovarajućih sredstava za čišćenje.

Voda se nikada ne smije koristiti na niskom naponu!

Čišćenje se nikada ne smije obavljati tako da izazove pomicanje dijelova opreme koja se čisti.



Slika 32. Čišćenje dijela trafostanice [Vlastiti izvor]

### **3.11.2. Oprema, alati i sredstva za čišćenje**

Potrebno je imati odgovarajuću opremu, alate i sredstva, što mora biti opisano u torbi osnovnog alata.

To obuhvaća:

- cijevi usisavača
- izolacijske motke
- odgovarajuće cipele i čizme (ili se mogu koristiti izolacijski tepisi)
- izolacijske rukavice

## **4. REZULTATI I RASPRAVA**

### **4.1. Opravdanost rada pod naponom**

Kada govorimo o opravdanosti rada pod naponom prije svega moramo razdvojiti prednosti i mane rada pod naponom, a nakon toga lako se izračunaju ekonomski pokazatelji koji su u stvari osnove tržišnog poslovanja .

### **4.2. Prednosti i mane rada pod naponom**

#### **4.2.1. Prednosti rada pod naponom**

-raspoloživost postrojenja je puno veća, ne trebaju se graditi „rezerve“ koje služe za napajanje potrošača dok se izvode radovi u bez naponskom stanju

- ispunjavaju se uvjeti kupaca o kontinuiranoj isporuci električne energije

-smanjuje se broj raspoloživosti ljudi i opreme, ne treba toliko ljudi za pogonske manevre koji su neizbježni za rad u bez naponskom stanju, odlazak u trafostanicu ili do odgovarajuće linijske sklopke-rastavljača gdje se vrši isključenje i vidljivo odvajanje zahtjeva potrošnju velikog broja radnih sati

-ne treba provoditi neke mjere za siguran način rada koje se obavezno moraju provesti kod rada u bez naponskom stanju kao npr. sprječavanje ponovnog uključivanja, utvrđivanje bez naponskog stanja, postavljanje kratko spojnika i uzemljenja ograđivanje mjesta rada od dijelova pod naponom, itd. čime se opet štedi puno radnog vremena

- izbjegava se postupak ponovnog uključanja
- smanjuju se znatno troškovi neisporučene električne energije
- smanjuju se troškovi informiranja kupaca o planiranim radovima
- smanjuje se obrada prigovora i upita (tel. pozivi, naknade, odštete, potrošnja agregata...)
- tehnički gubici zbog preusmjerenja tokova energije i dodatnog opterećenja mreže (postrojenje koje preuzima dodatni dio opterećenja radi u neprofitabilnom, čak i štetnom režimu)
- dobra reputacija, i image nadležnog distributera smanjuje se uslijed isključivanja
  - povećava se sigurnost radnika (smanjuje se broj ozljeda)
  - radovi su manje ovisni o uvjetima kupaca (povećanje broja radova i raspoloživog vremena u sklopu redovitog održavanja manje kvarova)
  - svaki RPN bez obzira na povećani broj potrebnih radnih sati donosi zaradu, a povećavanjem broja RPN smanjuje se potrebno vrijeme za izvođenje RPN (uigravanje tima)

#### **4.2.2. Mane rada pod naponom**

- skupa obuka montera i osoblja
- skupa oprema i alat
- ne mogućnost rada u svim atmosferskim uvjetima
- pojedini radni procesi traju duže (zbog mjera zaštite na radu)
- može doći do neplaniranih eventualni ispad dijela mreže na kojem se radi pod naponom uslijed pogreške operatera

## 5. ZAKLJUČAK

Ubrzanim razvojem industrije i sve većom potrebom za neprekinutost isporuke električne energije metoda rada pod naponom postaje neizbježna. Tehnologija rada pod naponom u europskim zemljama koristi se od pedesetih i šezdesetih godina dvadesetog stoljeća, a u svijetu i dulje. Njena primjena je opravdana i pokazuje brojne prednosti u odnosu na tehnologiju rada u bez naponskom stanju. Tehnologija rada pod naponom iziskuje strogo pridržavanje i postupanje po propisima i normama u svim koracima, od obrazovanja stručnog kadra i nabave specijalnih alata i posebne zaštitne opreme do samog završetka danog posla, i to pri svakoj od metoda rada. Iako školovanje kadrova iziskuje veća ulaganja, višestruko je isplativo u budućnosti te rezultira značajnim smanjenjem isključivanja krajnjih korisnika donoseći ekonomsku dobit. Najvažnija ušteda kod održavanja javne rasvjete pod naponom ostvaruje se smanjenjem vremena potrebnog za otklanjanje kvara jer se odmah po zamjeni pretpostavljenog neispravnog elementa vidi da li je kvar otklonjen bez gubljenja vremena na uključivanje i isključivanje rasvjete. Osim toga višekratnim uključivanjem i isključivanjem rasvjete skraćuje se životni vijek sklopnih uređaja, a najviše samih žarulja ili kompletne svjetiljke ukoliko se radi o LED svjetiljkama. Kako posljednjih godina potreba za kontinuiranom isporukom električne energije raste zbog potreba rada od kuće, školovanja od kuće pa tako i zdravstvenih ustanova te proizvodnih industrija ne preostaje ništa drugo no primjenjivati metodu rada pod naponom kao učestalu metodu pri izgradnji i održavanju.

Izradio: \_\_\_\_\_

## LITERATURA

- [1] Pravilnik o sigurnosti i zdravlju pri radu s električnom energijom (NN 88/2012)
- [2] Hrvatska elektroprivreda, „Pravila i mjere sigurnosti na električnim postrojenjima“, Bilten HEP-a br. 496, Zagreb 2020.
- [3] Hrvatska elektroprivreda, „Uvjeti za izvođenje radova pod naponom – radni postupci na niskom naponu“, Bilten HEP-a br. 151, Zagreb 2020.





## **PRILOZI**

### **Popis simbola (korištenih kratica)**

JR.....Javna rasvjeta

NN.....Niski napon

RPN.....Rad pod naponom

HEP .....Hrvatska elektroprivreda

OUIR..... Opći uvjeti izvođenja radova

OZS ..... Osobna zaštitna sredstva

## Popis slika

Slika 1. Izolacijska zaštitna kaciga s zaštitnim zaslonom za oči [Vlastiti izvor].....	10
Slika 2. Operater s osobnom zaštitnom opremom [Vlastiti izvor].....	11
Slika 3. Izolacijske rukavice [Vlastiti izvor].....	12
Slika 4. Zaštitne kožne rukavice (nadrukavice) [Vlastiti izvor].....	13
Slika 5. Pravilno korištenje zaštitnih rukavica (izolacijske rukavice s nadrukavicama) [Vlastiti izvor].....	14
Slika 6. Osobni alat i oprema [Vlastiti izvor].....	15
Slika 7. Izolirani odvijač 1000V [Vlastiti izvor].....	16
Slika 8. Izolirana kliješta za sječenje 1000V [Vlastiti izvor].....	17
Slika 9. Izolacijska prekrivka [Vlastiti izvor].....	17
Slika 10. Savitljivi izolacijski pokrivač s ljepljivim trakama [Vlastiti izvor].....	18
Slika 11. Izolacijske zaštitne kapice [Vlastiti izvor].....	18
Slika 12. Izolirana hidraulička platforma 1000V [Vlastiti izvor].....	19
Slika 13. Metoda rada „na udaljenosti“ .....	22
Slika 14. Metoda rada „na potencijalu“ .....	23
Slika 15. Metoda rada „u dodiru“ .....	23
Slika 16. Primjer oštećenog vodiča [Vlastiti izvor].....	25
Slika 17. Postavljanje krute prekrivke i popravak vodiča [Vlastiti izvor].....	25
Slika 18. Rad na zračnom vodu s neizoliranim aluminijskim vodičima [Vlastiti izvor] .....	26
Slika 19. Spajanje priključnog kabela svjetiljke na zračni vod s neizoliranim aluminijskim vodičima [Vlastiti izvor].....	26
Slika 20. Primjer oštećenog vodiča [Vlastiti izvor].....	28
Slika 21. Postavljanje premosnice [Vlastiti izvor].....	28
Slika 22. Popravak oštećenog vodiča [Vlastiti izvor].....	29
Slika 23. Izgled popravljenog vodiča [Vlastiti izvor].....	29
Slika 24. Spajanje priključnog kabela svjetiljke na vod javne rasvjete u sklopu izoliranog samonosivog kabelskog snopa [Vlastiti izvor].....	30
Slika 25. Primjer održavanja ormara JR u trafostanici [Vlastiti izvor].....	31
Slika 26. RPN na podzemnim električnim vodovima uz pomoć hidraulične preše koja ima neizolirane ili nedovoljno izolirane cijevi.....	33

Slika 27. Kako se mora pripremiti radno mjesto za RPN na podzemnim kabelima [Vlastiti izvor].....	33
Slika 28. Zamjena sklopnika u upravljačkom ormaru javne rasvjete [Vlastiti izvor] .....	34
Slika 29. Zamjena prigušnice u svjetiljci javne rasvjete [Vlastiti izvor].....	34
Slika 30. Zamjena žarulje u svjetiljci javne rasvjete [Vlastiti izvor].....	35
Slika 31. Spajanje priključnih vodiča na sklopnik [Vlastiti izvor].....	38
Slika 32. Čišćenje dijela trafostanice [Vlastiti izvor].....	39