

# UTJECAJ VREMENSKIH NEPOGODA NA RAD DALEKOVODA (POPLAVE, POTRESI, POSOLICA)

---

**Radinović, Neven**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2021**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Split / Sveučilište u Splitu**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:228:299336>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-01-09**



*Repository / Repozitorij:*

[Repository of University Department of Professional Studies](#)



**SVEUČILIŠTE U SPLITU**

**SVEUČILIŠNI ODJEL ZA STRUČNE STUDIJE**

Preddiplomski stručni studij Elektroenergetike

**NEVEN RADINOVIĆ**

**ZAVRŠNI RAD**

**UTJECAJ VREMENSKIH NEPOGODA NA RAD**

**DALEKOVDODA (poplave, potresi, posolica)**

Split, Rujan 2021.

**SVEUČILIŠTE U SPLITU**  
**SVEUČILIŠNI ODJEL ZA STRUČNE STUDIJE**

Preddiplomski stručni studij Elektroenergetike

**Predmet:** Prijenosne mreže

**ZAVRŠNI RAD**

**Kandidat:** Neven Radinović

**Naslov rada:** Utjecaj vremenskih nepogoda na rad dalekovoda (poplave, potresi, posolica)

**Mentor:** Eduard Škec dipl.ing.el.

Split, Rujan 2021.

## Sadržaj

|                                                                                  |    |
|----------------------------------------------------------------------------------|----|
| SAŽETAK.....                                                                     | 4  |
| SUMMARY .....                                                                    | 5  |
| 1. UVOD.....                                                                     | 6  |
| 2. DALEKOVODI.....                                                               | 8  |
| 2.1. Temelji.....                                                                | 8  |
| 2.2. Stupovi.....                                                                | 9  |
| 2.3. Izolatori i pribor.....                                                     | 10 |
| 2.4. Vodiči i zaštitna užad .....                                                | 11 |
| 2.5. Uzemljenje.....                                                             | 12 |
| 3. POSOLICA .....                                                                | 13 |
| 3.1. Nastajanje i pojava posolice .....                                          | 13 |
| 3.2. Zone zasoljavanja .....                                                     | 13 |
| 3.3. Štetni utjecaji posolice.....                                               | 14 |
| 3.4. Situacije kvarova i zapaljenja dalekovodne opreme iz bliže prošlosti .....  | 20 |
| 3.5. Zaštita postrojenja i ispiranje soli.....                                   | 20 |
| 4. POTRES.....                                                                   | 22 |
| 4.1. Posljedice u RH .....                                                       | 22 |
| 4.2. Troškovi obnove .....                                                       | 24 |
| 4.3. Nužna izgradnja nove TS 110/20 kV Petrinja.....                             | 25 |
| 4.4. Nadljudski napor i uloženi trud .....                                       | 26 |
| 4.5. Trafostanice koje su ostale bez napajanja u trenutku prvog od potresa ..... | 28 |
| 4.6. Utjecaj potresa na dalekovode .....                                         | 30 |
| 5. POPLAVA .....                                                                 | 31 |
| 5.1. Poplava u Vrgorcu i okolici.....                                            | 31 |
| 5.2. Poplava u Orašju.....                                                       | 35 |
| 5.3. Poplava u Glamočkom polju .....                                             | 35 |
| 6. ZAKLJUČAK .....                                                               | 36 |
| 7. POPIS SLIKA .....                                                             | 37 |
| 8. POPIS TABLICA .....                                                           | 37 |
| 9. POPIS LITERATURE.....                                                         | 38 |

## SAŽETAK

### **UTJECAJ VREMENSKIH NEPOGODA NA RAD DALEKOVODA (poplave, potresi, posolica)**

Ovim završnim radom obrađene su tri vremenske nepogode koje su jedni od najčešćih uzročnika šteta u radu elektroenergetskog sustava. One sprječavaju kvalitetnu i pouzdanu ispostavu električne energije, a to su potresi, poplave i posolica koja je krivac za najveći broj kvarova. Svaka od spomenutih vremenskih nepogoda izaziva drugu vrstu kvara bio to proboj, uništenje izolatora, urušavanje trafostanice, pad dalekovodnog stupa i mnogi drugi. Svi oni imaju dvije zajedničke stvari. Jedna je uzrokovanje visokih financijskih ulaganja za revitalizaciju i popravak nakon štete, a druga, posve bitna stvar je ta da uzrokuju nestanak (bio on kratkotrajan ili dugotrajan) jedne od najdragocjeniji stvari neophodnih za život, a to je opskrba električnom energijom. Na nastanak spomenutih nepogoda čovjek ne može djelovati, ali svakim slijedećim kvarom treba sagledati situaciju, obratiti pozornost na najugroženije točke rada dalekovoda i svojim razumom donijeti promišljene odluke kako bi bar smanjio rezultat štetnih utjecaja nastalih vremenskim nepogodama.

**Ključne riječi:** vremenske nepogode, električna energija, trafostanice, dalekovod

## **SUMMARY**

### **INFLUENCE OF WEATHER DISASTERS ON THE OPERATION OF THE TRANSMISSION LINE (floods, earthquakes, salt)**

This final paper deals with three weather disasters that are one of the most common causes of damage in the operation of the power system. They prevent quality and reliable supply of electrical energy, which are earthquakes, floods and salt, which is the culprit for most failures. Each of the mentioned weather disasters causes a different type of failure, such as breakthrough, destruction of insulators, crash of the substation, fall of the transmission line pole and many others. They all have two things in common. One is to cause high financial investments for revitalization and repair after damage, and the other, quite important thing is that they cause the disappearance (be it short-term or long-term) of one of the most precious things necessary for life, and it is electricity supply. Man cannot act on the occurrence of the mentioned disasters, but with each subsequent failure he should look at the situation, pay attention to the most endangered points of the transmission lines and make informed decisions with reason to at least reduce the result of harmful effects of weather disasters.

**Keywords:** weather disasters, electrical energy, substations, transmission line

## 1. UVOD

Tema ovog završnog rada je 'Utjecaj vremenskih nepogoda na rad dalekovoda (potresi, poplave, posolica)', a radom su istraženi i obrađeni problemi i štetne posljedice koje svaka od vremenskih nepogoda nosi sa sobom i njome šteti radu dalekovoda koji služe za prijenos električne energije od elektrana do potrošača.

Dalekovodi su nadzemni vodovi koji su najzastupljeniji u prijenosu električne energije koju prenose od izvora električne energije, odnosno elektrana, preko prijenosnih i distributivnih centara, sve do potrošača (kućanstava). Osnovni dijelovi nadzemnih vodova, odnosno već spomenutih dalekovoda su: temelji i stupovi sa uzemljivačima, zatim izolatori sa spojnim, ovjesnim i zaštitnim priborom i vodiči i zaštitna užad. Vodiči su jedan od osnovnih segmenata dalekovoda za dovođenje električne energije koji u pričvršćeni izolatorima za stupove i najčešće kvarovi izazvani na njima rezultiraju kvaru dalekovoda i prekidu opskrbe električnom energijom.

Štete na vodičima pa tako i ostalim dijelovima dalekovoda izazivaju razne vremenske nepogode od kojih najveće i najdugotrajnije kvarove izazivaju ove spomenute u naslovu završnog rada, a to su redom: potresi, poplave i posolica. Posolica nastaje na priobalnim djelovima Dalmacije kada bura nanosi sitne kapljice soli na dalekovode. Na nogama stupova izaziva koroziju što nekad rezultira padu stupa, na izolatorima onečišćuje i skraćuje duljinu klizne staze pa tako izaziva proboje na njima, a nekad i njihovo uništenje. U ekstremnijim situacijama dolazi do požara na djelovima dalekovoda što se može vidjeti u poglavlju 3. Potresi svojim podrhtavanjem ruše dalekovodne stupove i oštećuju trafostanice, a u nekim slučajevima ih potpuno uništavaju. Ta oštećenja i trafostanica, rušenja dalekovodnih stupova i transformatora sa stupnih trafostanica za sobom vuku velika financijska ulaganja potrebna za obnovu, poglavito trafostanica, a uz financijske troškove potresi također izazivaju prekid opskrbom električnom energijom. Treća vremenska nepogoda koja se ne javlja toliko često kao posolica je poplava. Ona predstavlja opasnost za dalekovode, opremu trafostanica kao i razvodne i upravljačke kabine. Međutim, kombinacija poplave i jakog vjetera ili munje može biti značajna prijetnja dalekovodima. Utjecaj lošeg vremena i poplave može biti izravni destruktivni događaj, poput urušavanja tornja i stupa trafostanice, a u nekim ekstremnim slučajevima i doticaj vodiča dalekovoda sa vodom što također izaziva prestanak napajanja.

Dalje, kroz tekst završnog rada će se pobliže govoriti o nastanku već spomenutih nepogoda, njihovim štetnim utjecajima ali i o najugroženijim i najslabijim točkama cijelog dalekovodnog sustava na koje ukazuju poplave, potresi i posolica svojom pojavom. To izaziva poticaj na detaljnije sagledavanje dodatnih rizika koji se povremeno zanemaruju ili je svijest o njihovoj opasnosti nedovoljno razvijena. Nadalje, razmatrat će se nove metode koje je potrebno koristiti i u njih ulagati kako bi se povećala otpornost elektroenergetskog sustava na štetne utjecaje uzrokovane već spomenutim vremenskim nepogodama.



## 2. DALEKOVODI

Nadzemni vodovi su najzastupljeniji u prijenosu električne energije, a nazivamo ih dalekovodima. Oni služe za prijenos električnih snaga od izvora električne energije (elektrana), preko prijenosnih i distributivnih centara do potrošača. Još služe i za povezivanje navedenih centara koji su različitih naponskih razina. Tako su:

- Prijenosni naponi: 400, 220 i 110 kV,
- Distributivni naponi: 35, 20 i 10 kV,
- Naponi prema potrošačima: 400 V.

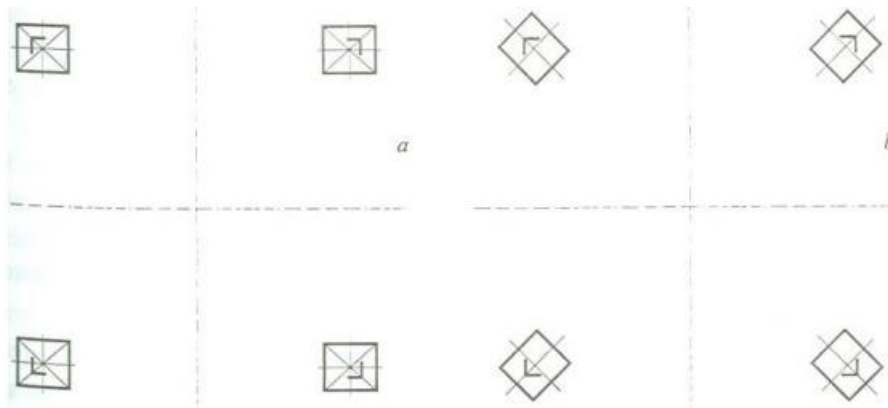
Osnovni elementi dalekovoda su:

- Temelji,
- Stupovi,
- Izolatori sa spojnim, ovjesnim i zaštitnim priborom,
- Vodiči i zaštitna užad.

A njihovi glavni nedostaci su: izloženost klimatskim uvjetima, i vanjskim oštećenjima.

### 2.1. Temelji

Temelji prenose sile sa stupa na tlo i osiguravaju stabilnost voda. Pri tome mogu biti napregnuti vertikalno prema dolje, na prevrtanje i na izvlačenje. Stupovi s više nogu mogu imati monolitni i raščlanjeni temelj (prikazan na slici dolje).



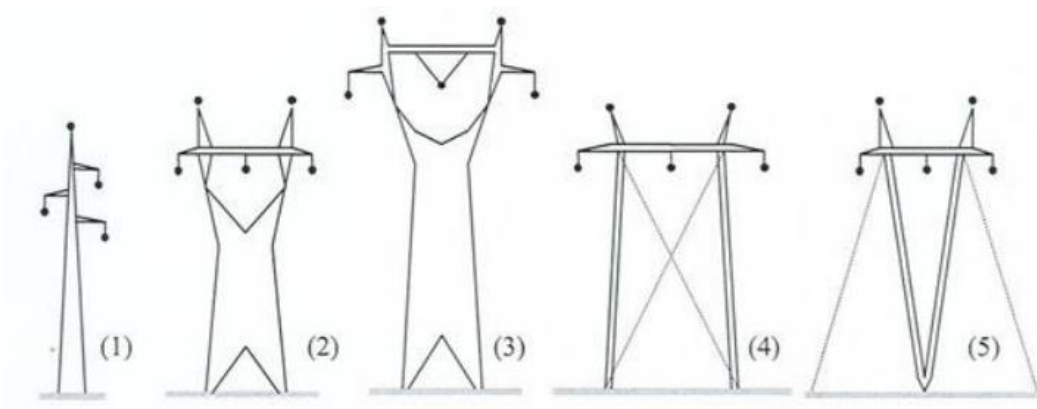
Slika 1. Raspored temelja čelično-rešetkastog stupa

## 2.2. Stupovi

Stupovi osiguravaju vodičima odgovarajuće sigurnosne razmake i visinu nad tlom i nose vodiče i zaštitnu užad. Dijelev se prema načinu zavješanja i prema položaju u trasi.

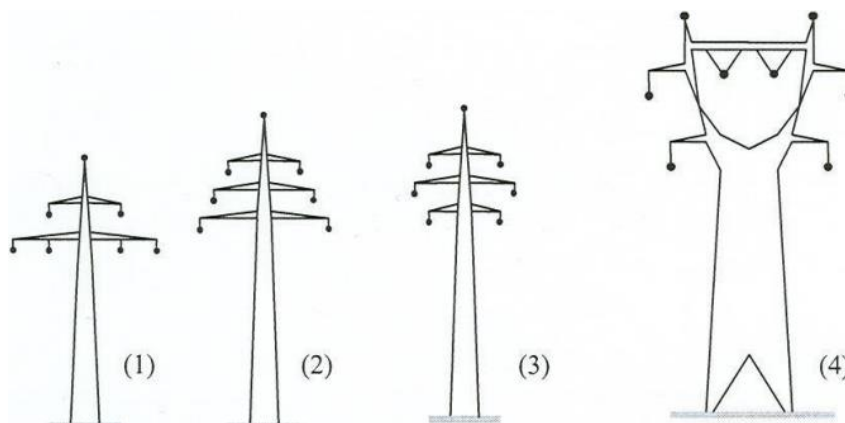
Prema načinu zavješanja se dijele na nosne koji nose vodiče i užad i na zatezne koji zatežu vodiče i užad. Prema položaju u trasi dijele se na linijske koji su na ravnom dijelu trase i na kutne koji se nalaze na mjestu gdje trasa voda mijenja smjer.

Na njegovu konstrukciju utječu: nazivni napon voda, materijal, presjek i broj žila. A najčešće vrste dalekovodnih stupova su: jednostruki i dvostruki čelično-rešetkasti stupovi, a njihove podvrste su prikazane na slikama ispod.



Slika 2. Jednostruki čelično-rešetkasti stupovi

(1) jela, (2) Y-stup, (3) mačka, (4) sidreni finski stup, (5) sidreni V-stup.



Slika 3. Dvostruki čelično-rešetkasti stupovi

(1) Dunav, (2) jela, (3) bačva, (4) modificirana mačka.

### 2.3. Izolatori i pribor

Izolatori nose vodiče, imaju ulogu da električki izoliraju vodiče od stupa i da ih drže u određenim položajima koji osiguravaju sigurnosne razmake. Opterećeni su mehanički i električki, a kod pojave luka i termički. Prema načinu kako nose vodič dijele se na:

- Potporne koji se upotrebljavaju za napone do 35 kV



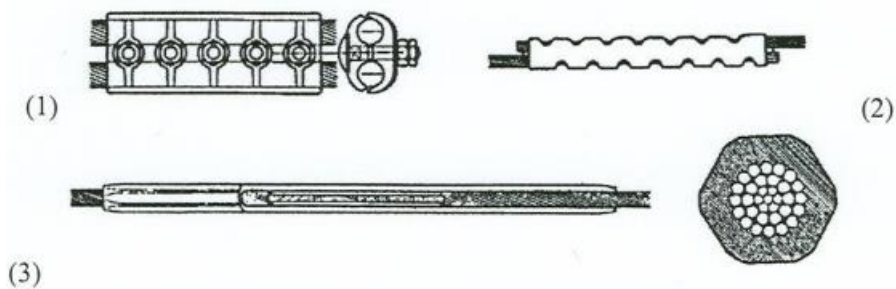
Slika 4. Potporni izolatori

- Ovjesne koji se upotrebljavaju za napone iznad 35kV. Više njih se spaja jedan u drugi pa tako čine izolatorski lanac koji posjeduje zaštitno iskrište koje ga štiti od zapaljenja zbog električnog luka. Iskrište se sastoji od dvije elektrode smještene na nekoj udaljenosti 'd' i električni luk gori među njima.



Slika 5. Ovjesni izolator

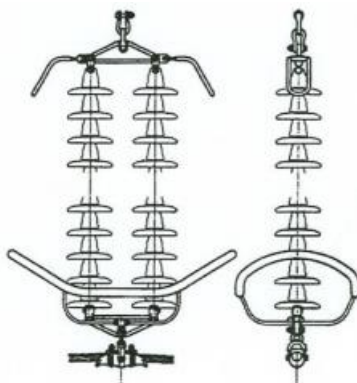
Ovjesni pribor preuzima mehanička opterećenja povezivanja vodiča i izolatora sa stupom. Zato mora biti lagan, mehanički čvrst, minimalne tromosti. Spojni pribor služi za osiguranje prolaza struje kod nastavljanja vodiča i opterećen je termički (Jouleova toplina) a nerijetko i mehanički.



Slika 6. Spojnice

(1) stezna, (2) zarezna, (3) kompresijska

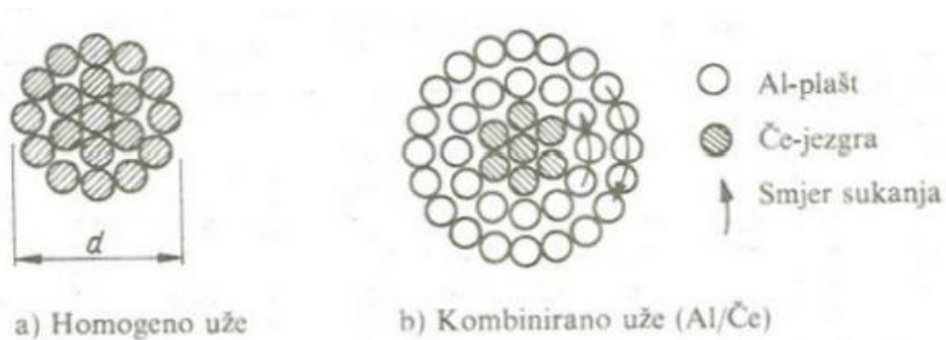
U zaštitni pribor možemo svrstati one dijelove voda koji se koriste za zaštitu od prevelikih vibracija, otklanjanje luka od vodiča i izolatora, oblikovanje električnog polja radi manjeg naprezanja izolatora i dr.



Slika 7. Izolatorski lanac sa iskrištima

#### 2.4. Vodiči i zaštitna užad

Vodiči su žice ili užad koja služe za provođenje struje, a uz dobru vodljivost od njih se traži zahtjevna mehanička svojstva i kemijska površinska otpornost. Materijali za njihovu izradu su: bakar, aluminij, čelik i bronca. Oni se koriste najčešće u obliku užadi koje može biti homogeno ili kombinirano. Homogeno je izrađeno od jednog materijala i sve rjeđe se koristi dok je kombinirano uže najčešće izrađeno od aluminija i čelika. Središnji dio je od čelika koji na sebe Alu-čel užetu daje mehaničku čvrstoću, a oko njega je plašt od aluminijskih vodiča.



Slika 8. Homogeno i kombinirano Alu-čel uže

Zaštitno uže je uzemljena žica ili uže sa optičkim kabelom u čeličnoj jezgri (radi praćenja rada EES-a) koje služi za zaštitu faznih vodiča od atmosferskih pražnjenja i pomaže u odvođenju jednopolnih struja kratkog spoja s uzemljivača. Ono se postavlja u nosne stezaljke na vrhu stupa i izvodi se od materijala dobre vodljivosti.

## 2.5. Uzemljenje

Uzemljenje dalekovoda obuhvaća cijeli sistem kojem pripadaju: zaštitno uže, sam uzemljivač i galvanski spojevi metalnih djelova koji nisu pod naponom. Ono osigurava da naponi koraka i dodira ostanu u dopuštenim granicama kod bilo kakvih pogonskih stanja, a također je važno za pogonsku sigurnost voda. Uzemljivači moraju biti otporni na koroziju i izrađeni su iz pocinčane željezne trake. Za uzemljenje dalekovodnih stupova najčešće se upotrebljavaju:

- Trakasto oblikovano kao prstenasto: izrađeno od jednog ili dva prstena ukopana u zemlju na dubinu 50 cm – 1m oko temelja stupa
- Zrakasto: izrađeno od 2 do 4 zvjezdasto položene trake oko stupa u suprotnim smjerovima.

### **3. POSOLICA**

#### **3.1. Nastajanje i pojava posolice**

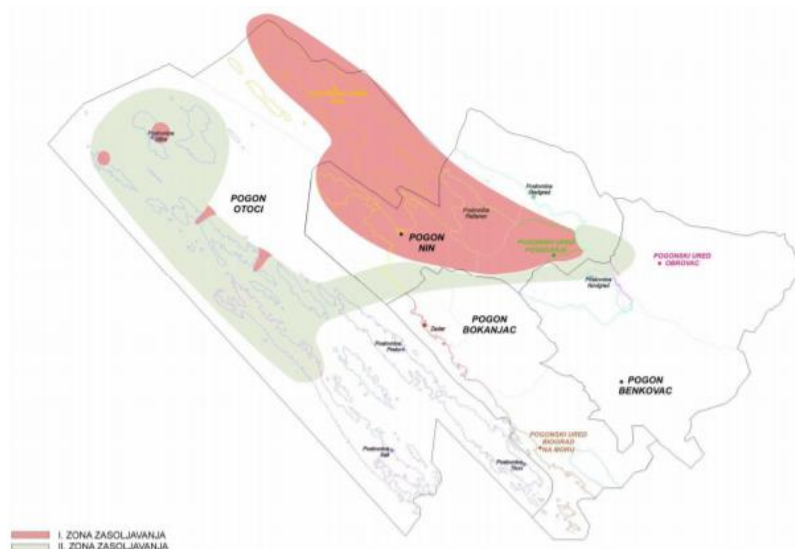
Bura i njena posljedica, posolica su uzročnici najvećih šteta na nadzemnim VN i NN vodovima. Uzroci su i najvećeg broja zastoja u isporuci električne energije.

Rušeći se prema moru bura svojim udarima pokreće i diže morsku vodu stvarajući vrlo nemirno more i raspršuje ga u vrlo sitne kapljice, od kojih se na moru stvara osebujna, katkada neprozirna magla od koje se na opremi i izolaciji stvara posolica tj. naslaga morske soli. Takvo taloženje raste eksponencijalno sa brzinom vjetra. Nakon taloženja, zbog pada temperature i porasta relativne vlažnosti zraka, kristali soli se otapaju i nastaje otopina elektrolita unutar kojih su nositelji naboja koji uzrokuju struju odvođenja. Na izolatoru se stvara klizna staza, dolazi do proboja izolatora te često i trajnih ispada dalekovoda. Uz ispade dalekovoda, može doći do oštećenja površinskog sloja izolatora, intezivne korozije, korone praćena svjetlosnim efektima, te do zapaljenja drvenog stupa dalekovoda što može uzrokovati i veći požar. Intenzitet zasoljavanja najveći je uz južnu obalu Velebitskog kanala, a smanjuje se udaljenošću od mora i već na udaljenosti 5 km od obale utjecaj posolice je bitno manji, iako je vidljiv čak u Zadru na udaljenosti 20 km od Velebitskog kanala. Iako je Zadar izložen posolici i zbog izloženosti moru s druge strane. Sloj nanese soli na dalekovodnim stupovima i opremi doseže i do nekoliko milimetara.

#### **3.2. Zone zasoljavanja**

Područje Elektre Zadar podijeljeno je u dvije zone zasoljavanja: zonu jakog zasoljavanja i zonu manjeg zasoljavanja.

U prvu zonu spadaju otoci Pag i Vir, na kopnu pojas od 5 km prema moru i to od Paškog do Masleničkog mosta, te na zadarskim otocima prolazi: Malo Žalo, Velo Žalo i Zapuntel. U drugu zonu spada prostor između prve zone i poteza koji se proteže zapadno od TS 35/10 kV na Dugom otoku i Ugljanu, uz KS i TS od 35 kV na Kožinu, pa južno TS 10/0,4 kV Poljica i Visočane 2, zatim uz STS 10/0,4 kV Alići pa sve do Vozarice



Slika 9. Zone zasoljavanja Elektre Zadar

Korištenje novih materijala:

- U posljednje 23 godine se na području ovih zona ne ugrađuju stupne trafostanice,
- VN priključci novih trafostanica se izvode podzemnim kabelima,
- metalni djelovi postrojenja su od eloksiranog aluminija,
- na građevinskim djelovima trafostanica 20/0,4 kV se zatvaraju ventilacijski otvori i ugrađuje se klimatizacija,
- niskonaponski priključci su podzemni,
- za nadzemne vodove se koristi vodotijesni SKS-ovi i
- uzemljivači su od bakrenog užeta.

Eloksirani aluminij spomenut u trećoj točki je aluminij veće površinske otpornosti na koroziju. Anodnom oksidacijom aluminij se presvlači slojem oksida od 1 $\mu$ m, za tim se faznom oksidacijom debljina sloja povećava na 12 do 30  $\mu$ m. Uzemljivači spomenuti u posljednjoj točki su bakreni zbog toga što je na područjima zona zasoljavanja prevelika i prije korištena, pocinčana traka u roku 10-15 godina potpuno nestane.

### 3.3. Štetni utjecaji posolice

Pojava posolice predstavlja problem korodiranja materijala i oštećenja površinskog sloja izolatora čime on gubi svoja izolatorska svojstva.



Slika 10. Naslage soli na izolatoru



Slika 11. Naslage soli na kabelu

Pogonski problemi počinju se pojavljivati nakon prestanka bure, uz porast relativne vlažnosti zraka. Tada dolazi do otapanja kristala soli i nastanka otopine elektrolita, koja sadrži kloride i sulfate natrija i magnezija. Ioni su nositelji naboja pa uzrokuju struju odvođenja, pri čemu dolazi do narušavanja izolacijske čvrstoće i proboja izolacije, automatskog ponovnog uklopa čija velika količina prorada šteti zdravlju i ulogama prekidača, i u konačnici do isključenja cijelog voda.



Već spomenuta otopina elektrolita sadrži kloride i sulfate natrija i magnezija, a oni se razlažu po jednadžbi:  $MX \leftrightarrow M^+ + X$

Gdje je:

- M – metal (Na, Mg)
- X – anion (klorid, sulfat)

U ovakvim pogonskim uvjetima česta posljedica je i zapaljenje glave stupa dalekovoda, oštećenje izolatora, kablskih glava i ostale opreme.



Slika 12. Oštećenje potpornog izolatora zbog kratkog spoja

Poseban problem je intenzivna korozija opreme što dovodi do njenog ubrzanog propadanja. Smanjenje presjeka vodiča zbog korozije zna biti toliko da aluminijski dio gotovo nestane, a ostane samo čelična jezgra. Problem je izražen i kod svih vijčanih spojeva, koji se bez obzira na podmazivanje, nakon kratkog vremena ne mogu rastaviti.



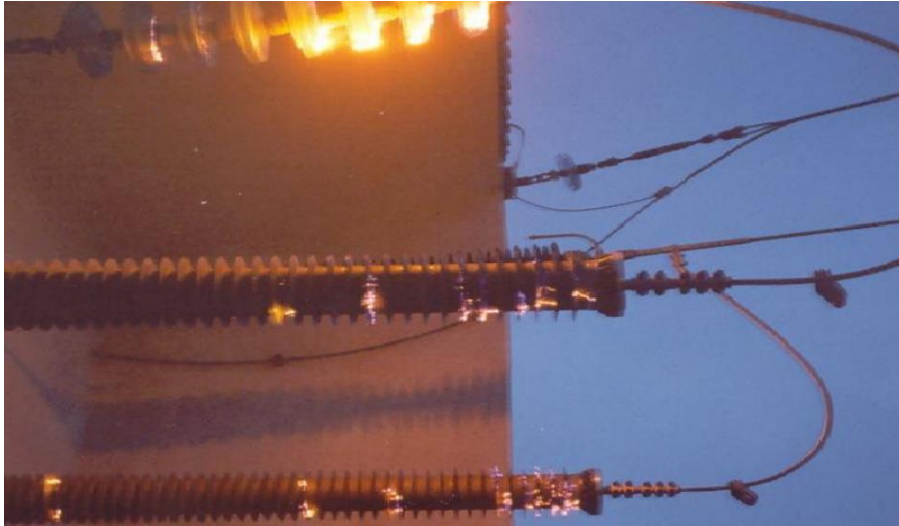
Slika 13. Korozija stupa dalekovoda

Utjecaj soli je razoran i na betonske dijelove elektroenergetskih objekata, a posebice betonskih stupova. Sol mikroskopski prodire kroz vanjski sloj betona, dolazi do čelične armature i ubrzava njenu koroziju. Korodiranjem armature i njenim širenjem nastaju vanjske pukotine, otvara se prostor još intenzivnijem sakupljanju soli i u roku od desetak godina dolazi do potpunog razaranja stupa. Zbog velikog broja prorada APU-a (automatski ponovni uklop) dolazi do ubrzanog starenja, istrošenosti i stradavanja prekidača.



Slika 14. Betonski stup na Pagu star 10 godina

Još jedna štetna posljedica posolice je nastanak korone odnosno tinjavog izbijanja iona i slobodnih elektrona. Time nastaje električno polje i ako ono postigne dovoljnu jakost dolazi do dielektričnog loma zraka i do pojave električnog luka koji izaziva proboj.



Slika 15. Korona na izolatoru i izolatorskom lancu



Slika 16. Korona na sabirnicama

U svrhu sprječavanja nabrojanih štetnih utjecaja nastalih pod utjecajem posolice koriste se brojne metode, a neke od njih su: ručno ispiranje, premazivanje izolatora, prstenovanje stupova, kratko spajanje izolatorskih nosača i ugradnja kompozitnih izolatora.

Ručno ispiranje iziskuje dosta vremena i radne snage. Ono se obavlja u beznaponskom stanju, što znači prekid napajanja za određen broj potrošača. Premazivanje izolatora se izvodi silikonskom mašću ili uljem, a obavlja se periodički na godišnjoj razini. Kao i ispiranje, obavlja se u beznaponskom stanju. Prstenovanje se izvodi pocinčanim trakama i njime se veliki kontakti otpor između suhog drveta i njegova nosača premošćuje kako bi se nosač galvanski spojio sa površinom vlažnog drveta tako se smanjila gustoća struje. Mjerom kratkog spajanja izolatorskih nosača se smanjuje vjerojatnost zapaljenja, a važna je izrada kvalitetnog spoja između kratkospojnika i podupora izolatora, pazeći na izbor materijala radi trošenja materijala na mjestu spoja. Kao najbolja od spomenutih metoda, ugradnja kompozitnih izolatora pokazala se najboljom zbog toga što kod porculanskih VHD izolatora vjerojatnost proboja raste proporcionalno sa njihovom starošću. Klasične VHD izolatore zamjenjuju kompozitni EVA (etilen vinil acetat) izolatori.

EVA izolatori su se pokazali kao najefikasnije rješenje za sprječavanje štetnih utjecaja posolice. Kućište im je izrađeno od etilen vinil acetat polukristalnog materijala, ima nekoliko puta veću mehaničku čvrstoću, otpornost na trganje, djelovanje ptica i glodavaca, otpornost na eroziju i na kiselo okuženje. Ovi izolatori se sastoje od uzdužno vučenog štapa ojačanog staklenim vlaknima te polimernog kućišta otpornog na stvaranje kliznih staza. Glavno svojstvo koje izravno utječe na smanjenje utjecaja posolice, je hidrofobnost. Ono djeluje tako što na površini izolatora vodu skuplja u kapljice te na taj način sprječava probijanje izolatora. Osim toga znatno je povećan broj rebara što povećava dužinu za stvaranje klizne staze. Za razliku od prijašnjih izvedbi ova je horizontalna kako bi ih kiša bolje ispirala od soli.

U tablici dolje prikazane su osnovne tehničke značajke EVA izolatora u odnosu na klasične VHD izolatore.

Tablica 1. Tehničke značajke EVA izolatora u odnosu na VDH izolatore

| NAZIVNE VELIČINE                                         | VHD 15                                     | RLP-31R-HG | RST-DS31-TTP |
|----------------------------------------------------------|--------------------------------------------|------------|--------------|
| Nazivni napon                                            | 17,5 kV                                    | 24 kV      | 24 kV        |
| Duljina klizne staze                                     | 280 mm                                     | 770 mm     | 791 mm       |
| Težina izolatora                                         | 2,4 kg bez podupora<br>5,2 kg sa poduporom | 5,3 kg     | 5,3 kg       |
| Nazivni podnosivi napon pri vlažnom vremenu              | 45 kV                                      | 81 kV      | 80 kV        |
| Nazivni napon pri vlažnom vremenu                        |                                            | 101 kV     | 90 kV        |
| Nazivni preskočni udarni napon na suhom (1,2/50 $\mu$ s) | 120 kV                                     | 194 kV     | 170 kV       |



Slika 17. Horizontalni EVA izolator

### **3.4. Situacije kvarova i zapaljenja dalekovodne opreme iz bliže prošlosti**

Jedna od duljih i težih situacija kvarova nastalih utjecajem posolice bila je 2017. godine na otoku Rabu kada je višesatni prestanak napajanja trajao od 27.siječnja do 31.siječnja. (izdvojeno iz članka lista 'Rab danas' napisanog 30.01.2017.)

Isto tako dobar primjer je da su 2018. godine vatrogasci iz Jelse na otoku Hvaru zbog požara uzrokovanih posolicom izlazili 29 puta na teren. To znači da dobar dio tih požara saniraju djelatnici HEP-a

Iste godine, 2.rujna 2018; se na Hvaru zapalilo čak tridesetak drvenih stupova

Ova i prethodna točka potkrijepljene su ulomkom iz Slobodne Dalmacije napisanom 12.12.2018. čija je poveznica druga po redu u 'Popisu literature'.

### **3.5. Zaštita postrojenja i ispiranje soli**

U cilju zaštite postrojenja i vodova djeluje se preventivno organiziranim sustavni pranjem. Najvažnije je pravovremeno isplanirati najpovoljniji meteorološki trenutak, a to je prvo jutro po prestanku bure. Za pranje dalekovoda i izolatora TS 110/10 kV postrojenja potrebno je oko 2 sata, a za 35 kV i 10 kV postrojenja i dijelove srednjenaponskih vodova i do 6 sati. Za planirane termine isključenja angažiraju se vatrogasna vozila u dogovoru za odgovarajućom

elektromonterskom tvrtkom (HEP, HOPS i dr.). Posebno su ugrožene TS 110/10 kV Pag i TS 110/10 kV Nin kod kojih se peru naslage soli na vanjskim dijelovima postrojenja, zatim se pere oprema na svim rasklopištima i trafostanicama na području Paga, Ražanca i Posedarja i oprema na 35 kV kabelskim kućicama od Ugljana do Dugog Otoka. Na srednjenaponskim vodovima peru se i pojedini stupovi do kojih se može pristupiti vatrogasnim vozilom.



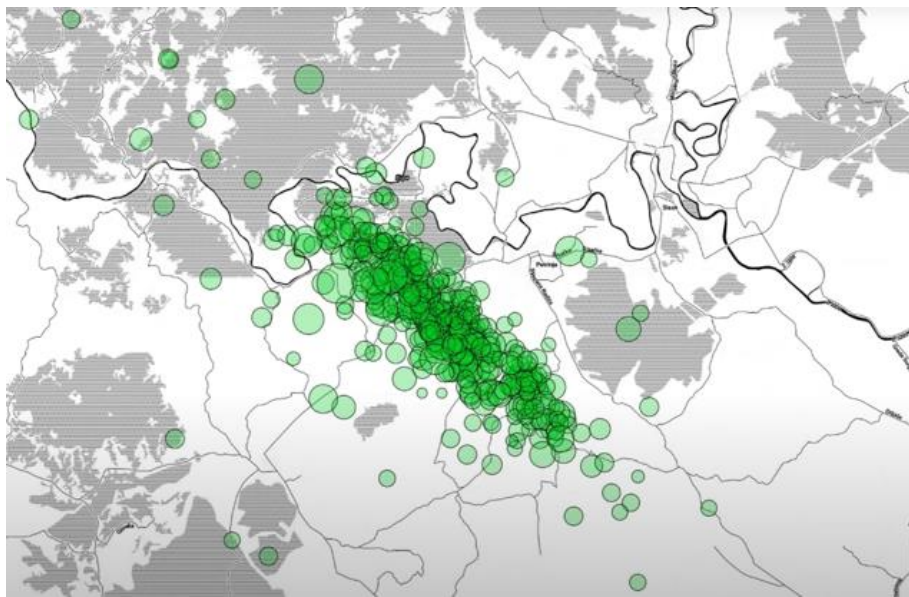
Slika 18. Pranje stupne trafostanice i stupa

Nažalost, najveći broj stupova na dalekovodima nemoguće je oprati, pa bez obzira na pranja postrojenja kojim se definitivno smanjuju moguće štete na njima samima, ukoliko dođe do bitnijeg povećanja relativne vlažnosti (npr. jutarnja rosa), van pogona ostaju svi dalekovodi na području Paga, Nina, Ražanca, Posedarja i to, do otprilike 11 sati ukoliko je sunčano, a uz oblačno vrijeme, što je najgora kombinacija iza jake bure, prođe i par dana dok se pogon ne stabilizira. Takvi uvjeti zbog činjenice da se pojavljuju iz godine u godinu izazivaju veliko negodovanje potrošača, a kod zaposlenika osjećaj bespomoćnosti. Jedan od načina sprječavanja mnogobrojnih izlazaka radnika na teren je korištenje izoliranih vodova na vrlo izloženim trasama vodova.

## 4. POTRES

### 4.1. Posljedice u RH

U razornim potresima jačine 5,2 i 6,2 po Richteru u Sisačko-moslavačkoj županiji stradala su mnoga elektroenergetska postrojenja i dalekovodi, a oko 2000 naknadnih slabijih potresa šteta se dodatno gomilala i povećavala. Štetu su pretrpjela postrojenja na području Siska, Petrinje, Gline, Hrvatske Kostajnice, Lekenika, Martinske Vesi, Topuskog i ostalih brojnih okolnih naselja. Na mnogim su mjestima popucali spojni vodovi, izolatori na transformatorima; teško su oštećeni dalekovodi na drvenim stupovima i oštećeno je 212 trafostanica od kojih je četrdesetak potpuno urušeno. Zbog urušavanja velikog broja zgrada pokidali su se priključci, koji su zatim povlačili stupove niskonaponskih mreža. A od 28.12.2020 do 01.05.2021. dogodila su se 83 potresa jačine 3 stupnja po Richteru i više što je značilo prekid napajanja za više od 50 000 korisnika distribucijske mreže na području Elektre Sisak.



Slika 19. Karta svih potresa 28.12. i 29.12

Glavnom potresu 29.12.2020. su prethodila 2 potresa slabijeg intenziteta zabilježena 28.12.2020. Kao posljedica tih slabijih potresa isključen je prekidač spojne ćelije =J14 u TS 110/20 kV Petrinja i bez napona su ostale ćelije =J03 (prema postrojenju Gavrilović), =J10 (dio kableske mreže grada Petrinje) i =J11 (prema postrojenju Kemoplastika), pri čemu je 958 korisnika mreže ostalo bez napajanja. Nakon toga je zabilježeno još 5 dugotrajnih prekida uslijed pada drveća na stupove dalekovoda Crni Potok, Gređani, Gradac (područje Gline),

Komogovina (područje Hrvatske Kostajnice) i Šaš (područje Sunje). Dodatno je uočeno curenje ulja u ćeliji =J03 u TS 110/20 kV Petrinja, koje je sanirano netom prije razornog potresa idućeg dana. Procjena neisporučene električne energije zbog prva dva potresa do kraja siječnja 2021. je iznosila 658 MVAh.



Slika 20. Razorna moć potresa

Razorni potres u 12:19, 29.12.2020, zbog udaljenost od epicentra potresa, prvo izbacuje transformatorsku stanicu 110/20 kV Petrinja iz pogona. Prva zabilježena indikacija bilo je isključenje prekidača u spojnoj ćeliji u 12:19; a ubrzo je, uslijed djelovanja diferencijalne zaštite isključen energetski transformator TR 2 u 12:20. Prorada zaštite uzrokovana je kvarom na provodnim izolatorima energetskog transformatora. U prvim trenucima nakon potresa u sustavu daljinskog vođenja je zabilježena znatna količina indikacija iz postrojenja zahvaćenih potresom. Temeljem pristiglih informacija dežurni dispečer je u suradnji s terenskim jedinicama mogao pravovremeno reagirati na posljedice potresa te voditi i nadzirati proces restauracije napajanja. Tijekom i nakon potresa bez napajanja električnom energijom su ostala sljedeća postrojenja: TS 110/20 kV Petrinja, TS 110/20 kV Siscia, TS 110/35 kV Pračno, TS 35/20 kV Sisak 2, TS 35/20 kV H. Kostajnica, RS 20 kV Sunja i RS 20 kV Dvor. Područje Gline, iako je pretrpjelo oštećenja, pogotovo na dalekovodu Gradac, je tijekom i nakon potresa stabilno napajano preko 110 kV DV iz Petrinje. Osim DV-a Gradac na kojem je zbog devastacije nekoliko stanica na području Majskih Poljana i oštećenja dalekovoda bio prisutan trajni kvar, zabilježeni su i prolazni kvarovi na nekoliko drugih dalekovoda (DV Prekopa, DV Gređani, DV Taborište, DV Šatornja) te su isti djelovanjem APU-a uspješno opskrbljeni električnom energijom. Područje TS 110/20 kV Siscia je prve posljedice potresa osjetila na DV Letovanić koji je isključen djelovanjem kratkospojne zaštite zbog devastacije SN/NN stanice na području Žažine. Nedugo nakon isključenja DV-a Letovanić isključena su i oba energetska transformatora, te oba dolazna 110 kV dalekovoda djelovanjem zaštite sabirnica



110 kV postrojenja. U TS 35/20 kV Sisak 2, zabilježen je nestanak napona zbog isključenja energetskog transformatora TR 3 u TS 110/35/6 kV Rafinerija. U trafostanici 110/35 kV Pračno zabilježeno je isključenje SN prekidača TR 2 što je uzrokovalo prekid opskrbe električnom energijom za područje TS 35/20 kV H. Kostajnica, RS 20 kV Sunja i RS 20 kV Dvor.

#### **4.2. Troškovi obnove**

DP Elektra Sisak je uz pomoć drugih distribucijskih područja u prva tri mjeseca 2021. godine u potpunosti izgradila i pustila pod napon 75 novih trafostanica napona 20/0,4 kV, a još tridesetak ih je u fazi izgradnje. U međuvremenu se stabiliziralo napajanje za oko 60 000 korisnika mreže. Raspon ukupne štete od potresa na elektro-postrojenjima iznosi od 145 do 200 milijuna kuna od kojih jedan od najznačajnijih troškova čini izgradnja nove TS 110/20 kV Petrinja.

U međuvremenu su na području županije podignuta privremena kontejnerska naselja za stanovnike koji su u potresu ostali bez doma. Na sustav napajanja električnom energijom priključeno je gotovo 2200 stambenih kontejnera, odnosno mobilnih kućica. Taj je projekt vrijedan 8,5 milijuna kuna. Za potrebe mobilne telefonske i internetske mreže u rubnim je dijelovima županije niknulo više mobilnih baznih postaja. Stoga je na tim točkama Elektra Sisak prethodno izgradila nove objekte; iz njih se električnom energijom opskrbljuju mobilne bazne postaje u Gornjoj Bačugi, Marinbrodu, Kukuruzarima, Galdovu, i Bijelim Vodama. U potresu je osobito teško oštećena 110kV trafostanica u Petrinji koja predstavlja ishodišnu točku za napajanje električnom energijom samoga grada i okolnih naselja na petrinjskom području. U svrhu osiguravanja rezervnog napajanja korisnika mreže u slučaju urušavanja TS 110/20 kV Petrinja u Gori, Mađarima i Šušnjarima izgrađeno 5 kilometara podzemnih kablova čija ukupna cijena iznosi 45 milijuna kuna. Ulaganja u sanaciju i povećanje pouzdanosti na srednjenaponskom dijelu mreže je procijenjena na 20 milijuna kuna.

### 4.3. Nužna izgradnja nove TS 110/20 kV Petrinja

Velika oštećenja nastala su na glavnoj napojnoj trafostanici TS 110/20 kV Petrinja. Zbog utvrđenih oštećenja, bilo ju je potrebno srušiti te izgraditi novu. Tijekom njene izgradnje, kako bi se osiguralo napajanje cijelog područja izgradilo se privremeno kontejnersko postrojenje. To je bilo do sad najveće ulaganje u sanaciju i izgradnju novih postrojenja, a iznosilo je oko 45 milijuna kuna.



Slika 21. Istovar i unutrašnjost kontejnera sa SN opremom

Kao priprema za osiguranje rezervnog napajanja korisnika mreže, u slučaju urušavanja TS 110/20 kV Petrinja, izgrađeno je, već spomenutih, pet kilometara podzemnih kablova.

Uz to, izgrađene su tri niskonaponske mreže u naselju Majske Poljane. U prva tri mjeseca 2021. je radi poboljšanja pokrivanja potresom pogođenog područja GSM signalom na električnu mrežu priključeno pet baznih GSM postaja, a izgradilo se i 4,5 km dalekovoda nazivnog napona 20 kV za potrebe napajanja bazne postaje Žirovac. Vrijednost investicije bila je milijun kuna. Elektra Sisak je, pored svega navedenog, na električnu energiju priključila 2145 privremenih smještajnih jedinica u što je uloženo više od 8,5 milijuna kuna.

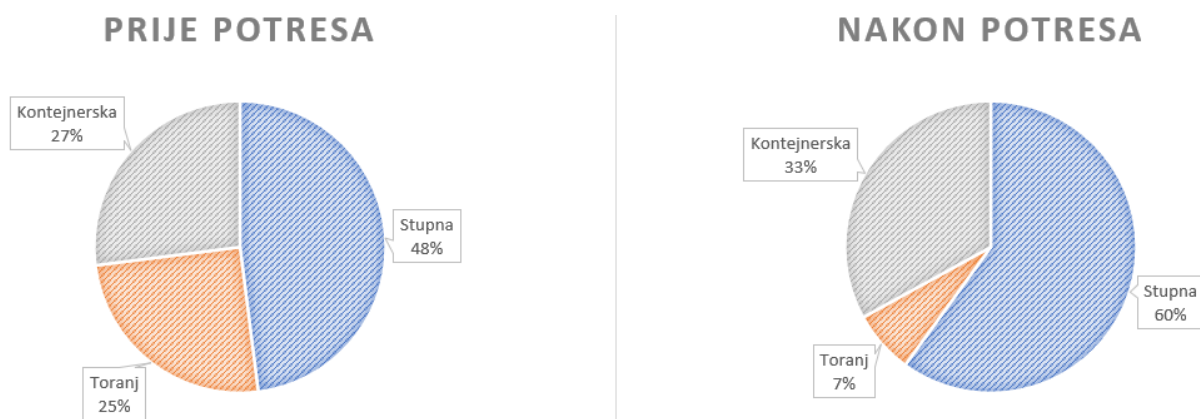
Trenutna procjena ulaganja u rekonstrukciju TS 110/20 kV Petrinja iznosi oko 30 milijuna kuna za dio koji je u vlasništvu HEP ODS-a i 13 milijuna kuna za privremeno 20 kV postrojenje koje će se kasnije prema potrebi koristiti u ostalim distribucijskim područjima prilikom rekonstrukcije značajnih pojnih točaka.

#### **4.4. Nadljudski napor i uloženi trud**

Zbog velikih oštećenja na dalekovodima i postrojenjima, prvenstveno na transformatorima, TS 110/20 kV Petrinja nije mogla biti puštena pod napon dok se kvarovi u potpunosti ne otklone, a cijelo područje Petrinje je do tada bilo bez napajanja. Za to vrijeme djelatnici Elektre Sisak su bili prisiljeni osigurati napajanje iz TS 35/20 kV Sisak 2 jer je ona jedina ostala u pogonu nakon potresa. Bilo je nužno obići sve TS 20/0,4 kV koje se nalaze na kabelskom izlazu 'KB Petrinjska 3' te, nakon što se ustanovilo da su sve transformatorske stanice neoštećene i da je moguće puštanje u pogon sa strane TS Sisak 2, omogućilo se puštanje sabirnice pod napon na 20 kV postrojenju u TS 110/20 kV Petrinja. Puštanjem napona na 20 kV sabirnice ostvareni su uvjeti za puštanje napona ključnim korisnicima u Petrinji, kao što su bolnica i zgrade za potrebe vojske.

Cijeli konzum koji se u redovnom pogonu napaja iz TS 110/20 kV Petrinja nije bilo moguće pustiti pod napon zbog nedovoljne prijenosne moći kabela iz TS 35/20 kV Sisak 2. U TS 110/20 kV Siscia je došlo do pucanja spojnih vodova na 110 kV strani između sabirničkog rastavljača i prekidača te pomaka jednog transformatora. Dodatno je oštećena i zgrada 20 kV postrojenja, gdje su značajno oštećene nosive grede i ostala sekundarna oprema. U TS 110/20 kV Petrinja su popucali izolatori na dolaznom spoju transformatora te je iscurilo transformatorsko ulje. Također je značajno oštećena i zgrada 20 kV postrojenja, koja je kasnije nakon pregleda statičara dobila crvenu oznaku te više nije sigurna za daljnje korištenje. Oštećenja su se dogodila i na 20 kV postrojenjima, prvenstveno na dalekovodima na drvenim stupovima, uslijed pada drveća na vodiče i puknuća izolatora.

Ipak najznačajnija oštećenja su se dogodila na distribucijskim transformatorskim stanicama, gdje su najveće štete pretrpjele transformatorske stanice tipa 'toranj' koje su u prosjeku 19-20 godina starije od ostalih tipova trafostanica u distribuciji Elektre Sisak, a njihova je dinamička stabilnost znatno manja u odnosu na ostale tipove transformatorskih stanica. Uslijed nastalih oštećenja većina transformatorskih stanica tipa 'toranj' više nisu sigurne za daljnji rad, a 21 stanica je u potpunosti srušena. Nakon potresa, od ukupno 243 trafostanice tipa 'toranj' 69% ih je potrebno u potpunosti zamijeniti kabelskim ili stupnim.



Slika 22. Vrste trafostanica prije i nakon potresa



Slika 23. Oštećenja TS tipa 'toranj'

Uz danonoćni rad radnika iz Službe za terenske aktivnosti u 48 sati su sva transformatorska područja puštena pod napon. Transformatorske stanice koje su u potpunosti srušene su prespojane na susjedna transformatorska područja, dok transformatorskim stanicama koje nisu imale mogućnost prespajanja niskog napona su dopremljena privremena postrojenja ili agregati.

U niskonaponskoj distribucijskoj mreži najviše oštećenja je bilo na nadzemnim mrežama na drvenim stupovima i Alu-Čel vodičima. Također zbog urušavanja velikog broja objekata došlo je kidanja priključaka koji su za sobom povlačili i urušavanje niskonaponskih mreža. Do

1.5.2021. izgrađeno je 109 novih transformatorska stanica. Dodatno, u istom periodu je izgrađeno 1860 novih priključaka, pri čemu je 46% na području TJ Petrinja, 28% na području TJ Glina, 16% na području TJ Sisak 1 i Sisak 2 te 10% na području TJ Hrvatska Kostajnica, od čega je većina namijenjena za napajanje privremenih kontejnerskih objekata.

Kao što je već ranije spomenuto, radnici Elektre Sisak su u prva tri mjeseca 2021. godine izgradili stotinjak novih trafostanica uz pomoć brojnih kolega iz drugih distribucijskih područja (Zagreb, Koprivnica, Bjelovar, Križ, Osijek, Dubrovnik, Karlovac i dr.). Radnici su uložili nadljudske napore kako bi se vratilo napajanje na stradalom području i to u danima dok je tlo zbog naknadnih potresa značajnih intenziteta još uvijek podrhtavalo, dok su njihovi domovi također bili oštećeni i dok ih je, najviše od svega, morila briga o sigurnosti njihovih obitelji. Vođeni željom da pomognu ljudima u nevolji, u nastojanju da im što prije osiguraju električnu energiju i pod utjecajem adrenalina, ti radnici su odradili nemoguće.

Kako ističe direktor DP Elektra-e Sisak, Mario Štajdohar: "U samom trenutku potresa u potpunosti je urušeno četrdesetak transformatorskih stanica te je korisnike mreže koji su se iz njih napajali trebalo prespojiti na neoštećene ili manje oštećene transformatorske stanice. Isto tako, svaku je isključenu transformatorsku stanicu trebalo pregledati prije njenog puštanja pod napon i na njoj otkloniti nedostatke kako bi se izbjegle neželjene posljedice. Odmah nakon potresa sve terenske ekipe Elektre Sisak izašle su na teren i započele s utvrđivanjem stanja i otklanjanjem kvarova, s ciljem vraćanja napajanja električnom energijom. Već na sam dan potresa, 29. prosinca 2020. do ponoći, ono je vraćeno svim korisnicima mreže u gradu Sisku i u ostalim gradovima i općinama, osim u Petrinji." Na području grada Petrinje prvoga dana uspjeli su ga vratiti za više od 80 posto korisnika, a ostalim korisnicima u sljedeća dva dana.

Usporedbe radi, godišnje se na području Elektre Sisak u prosjeku izgradi 5 novih transformatorskih stanica, a do 1.5.2021. izgrađeno je 109 novih transformatorskih stanica.

#### **4.5. Trafostanice koje su ostale bez napajanja u trenutku prvog od potresa**

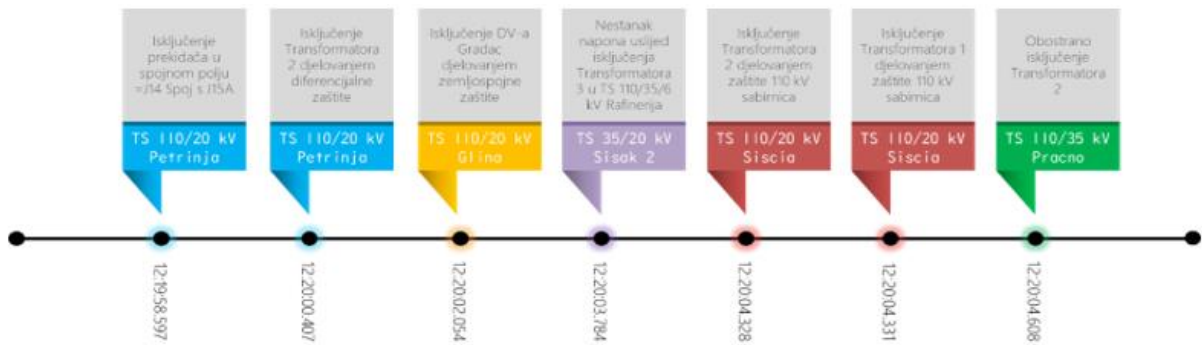
TS 110/20 kV Siscia,

TS 110/20 kV Petrinja,

TS 110/20 kV Glina,

TS 35/20 kV Hrvatska Kostajnica,

TS 35/20 kV Sisak 2.



Slika 24. Indikacije SCADA sustava odmah nakon potresa

SCADA sustav Elektre Sisak je odigrao važnu ulogu u prvim trenucima nakon potresa kroz prikupljanje brojnih indikacija (prorade zaštita, položaj aparata i slično) iz srednjenaponskih postrojenja, ali i nadolazećim satima prilikom restauracije napajanja potresom pogođenih područjima.

U TS 110/20 kV Siscia došlo je do pucanja spojnih vodova na 110 kV strani i pomicanja transformatora, a u TS 110/20 kV Petrinja do loma provodnih izolatora i curenja ulja iz transformatora te znatnog oštećenja zgrade.

Štetu su pretrpjela i 20 kV srednjenaponska postrojenja, a ponajprije dalekovodi na drvenim stupovima. Brojčano najveći broj oštećenja zabilježen je na distribucijskim transformatorskim stanicama 20/0,4 kV: urušio se veliki broj zidanih transformatorskih stanica tipa „tornjić“, a na stupnim su se pomaknuli i srušili transformatori. Na niskom naponu najviše su oštećene niskonaponske mreže na drvenim stupovima i vodičima te su se cjelokupne mreže urušile. Također, zbog urušavanja velikog broja objekata, pokidani su priključci koji su za sobom povlačili i stupove niskonaponskih mreža.



Slika 25. Ostatak TS Luščani

#### **4.6. Utjecaj potresa na dalekovode**

Nadzemni vodovi na 20 kV naponu u Elektri Sisak su ukupne duljine 1.593 km. Značajan izazov se pokazalo održavanje dugačkih dionica dalekovoda na nepristupačnom terenu, u pogledu zamjene stupova. Upravo ti izazovi su doprinijeli i kvarovima koji su se dogodili nakon potresa, gdje su svi manji dugotrajni kvarovi u prvim danima nakon potresa bili uzrokovani padom drveća na vodiče, trgajući pri padu i stare dalekovodne stupove. Sukladno tome, pristupilo se zamjeni drvenih stupova betonskim te zamjeni određenih problematičnih dionica podzemnim kabelima. Osim same sanacije dalekovoda, uloženo je i u izgradnju kablskih veza između susjednih dalekovoda kako bi se povećala pouzdanost sustava. Niskonaponske mreže, kao i dalekovodi, su oštećene zbog prevelikih naprezanja za izvedbu mreže Alu-Čel vodičima na pretežno dotrajalim drvenim stupovima. Većina oštećenih mreža se nalazi na području oko Gline i Petrinje. Iako su neke nadzemne mreže oštećene samo djelomično, radi povećanja pouzdanosti odlučeno je raditi potpunu rekonstrukciju. Rekonstrukcija mreža će se provoditi zamjenom u izvedbi betonskim stupovima i samonosivim kablskim snopom. Dio niskonaponskih mreža izvedenim podzemnim kabelom, pretežito u gradovima će se morati rekonstruirati zbog rušenja oštećenih stambenih objekata.

## 5. POPLAVA

Kiša i poplave predstavljaju opasnost za nadzemne dalekovode, opremu trafostanica kao i razvodne i upravljačke kabine. Međutim, kombinacija kiše sa jakim vjetrovima ili munjama može biti značajna prijetnja dalekovodima. Utjecaj lošeg vremena i poplave može biti izravni destruktivni događaj, poput urušavanja tornja. Kod velikih poplava poput one u Vrgorcu i u Orašju (Bosna i Hercegovina), može doći do skorog doticanja žila dalekovoda i vode.

### 5.1. Poplava u Vrgorcu i okolici

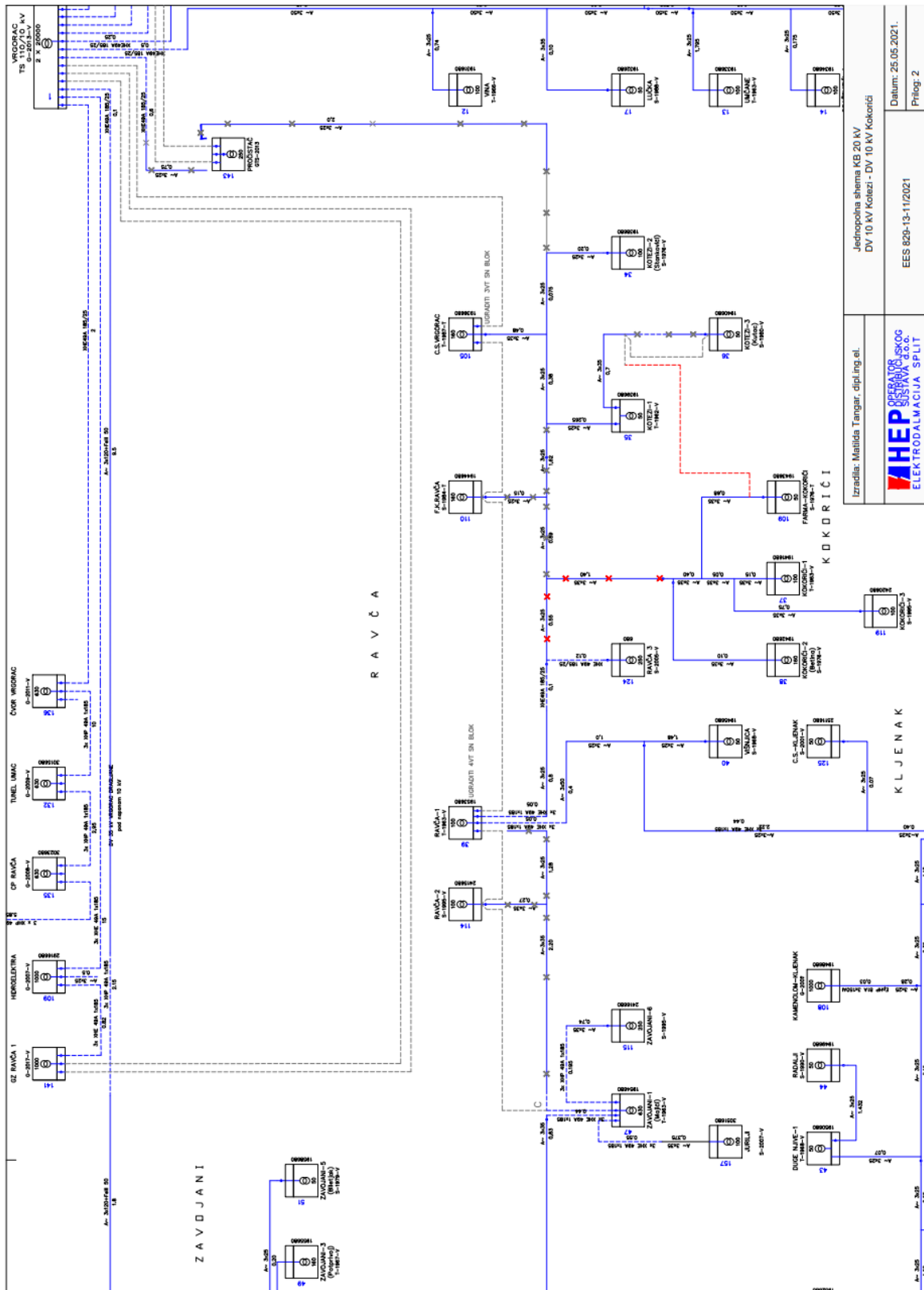
11.12.2020. za vrijeme poplave u Vrgorcu elektromonter se morao poprti na drveni stup da bi zategnuo i podigao žile dalekovoda kako bi spriječio katastrofu i nestanak električne energije. Drveni stup dalekovoda je bio visok 11 metara, a jedino je metar i pol stupa bilo iznad razine vode.

Elektromonteri su pet sati proveli u hladnoj nabujaloj vodi rijeke Betine čiji se vodostaj za 24 sata povećao četrdesetak centimetara, stojeći na električnim stupovima pokušavajući osigurati opskrbu za pedesetak stanovnika sela Kutac. Kako je vodostaj rastao, tako su visoki električni stupovi dalekovoda ostajali pod vodom. Čak je sedam stupova ostalo pod vodom, a prijetilo je da voda dođe do žica i prekine opskrbu sela Kutac. Podizanje električnih vodova na više razine dalekovoda se vršilo od Koteza prema već spomenutom Kutcu.

Operacija koja je trajala satima pretvorila se u onu koja traje dva dana jer se razina vode nakon podizanja vodova dalekovoda na više razine stupova slijedeće jutro ponovno podignula i operaciju je trebalo ponoviti ali se uz velike napore elektromontera osigurala opskrba električnom energijom većini stanovništva. To sve uz pomoć pripadnika HGSS-a koji su elektromontere čamcima dovodili do dalekovodnih stupova.

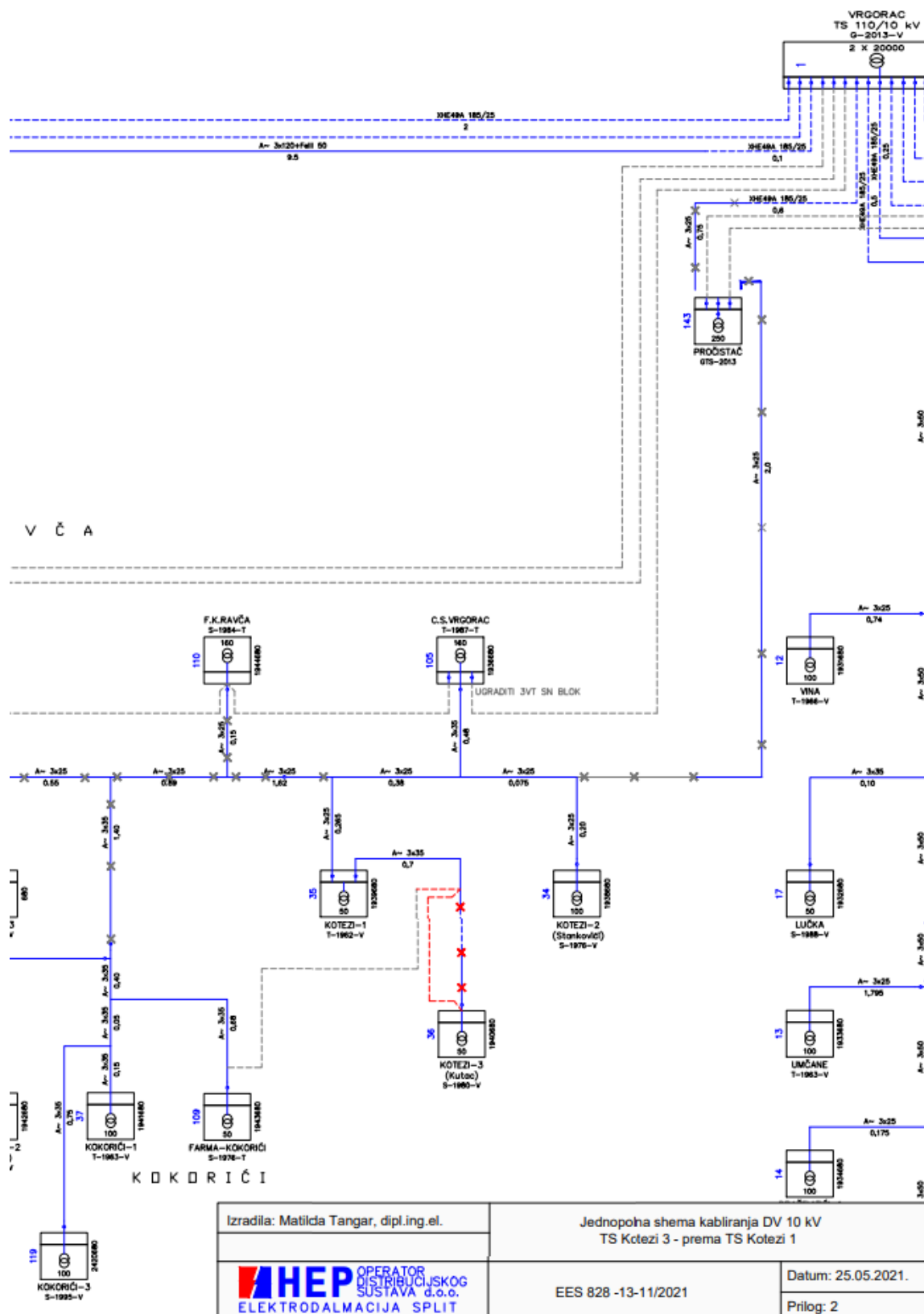
Nakon nastale poplave i štete, donesena je odluka rekonstrukciji 10 kV dalekovoda od Koteza do Kokorića i to odcjep prema TS Farma Kokorići. To znači njegovo kabliranje, a investitor toga je HEP ODS. To je još u proceduri prikupljanja potrebne dokumentacije i potrebnih dozvola. Kabelski vod biti će oznake: NA2XS(F)2Y 12/20 (24)kV 3x(1x185/25RM), a dozvoljena struja trolnog kratkog spoja mu je 12,5 kA.





Slika 26. Jednopolna shema KB 20 kV Kotezi – Kokorići

Isto to se izvodi i za trasu dalekovoda TS Kotezi 3 - TS Kotezi 1.



Slika 27. Jednopolna shema kabliranja Kotezi 3 - Kotezi 1

Oznaka gore navedenog kabela znači da je to trožilni kabel s aluminijским faznim vodičem poprečnog presjeka žila od 185 mm<sup>2</sup> sa bakrenom električnom zaštitom poprečnog presjeka od 25 mm<sup>2</sup>, sa izolacijom od umreženog polietilena i poluvodljivim slojem ispod i iznad izolacije, sa uzdužnom vodonepropusnom zaštitom i sa PE plaštem. Nazivni napon kabela je 12/20 kV, maksimalnog dopuštenog napona mreže od 24 kV.

|               |                                                                   |
|---------------|-------------------------------------------------------------------|
| <b>A</b>      | - oznaka za aluminijски vodič                                     |
| -             | - oznaka za bakreni vodič (bez simbola)                           |
| <b>2X</b>     | - oznaka za XLPE izolaciju                                        |
| <b>S</b>      | - oznaka za bakreni ekran                                         |
| <b>Y</b>      | - oznaka za plašt od PVC                                          |
| <b>2Y</b>     | - oznaka za plašt od PE                                           |
| <b>(F)2Y</b>  | - oznaka za uzdužnu vodonepropusnost sa PE plaštem                |
| <b>(FL)2Y</b> | - oznaka za uzdužnu i poprečnu vodonepropustnost sa Al/PE plaštem |

Slika 28. Oznake kabela



Slika 29. Poplava u Kokorićima kraj Vrgorca

## 5.2. Poplava u Orašju

Slična situacija dogodila se u Orašju, na sjeveru Bosne i Hercegovine 23.04.2018; kada je razina vode rasla kao nikada do tad i premašila sve rekorde. Na prikazanoj situaciji sa donje slike, radnik Elektro-Hercegovine je čamcem morao doći do dalekovoda kako bi otklonio kvar.



Slika 30. Poplava u Orašju

## 5.3. Poplava u Glamočkom polju

Isto tako, zbog poplave, 07.04.2013. godine je nastao kvar na 10 kV dalekovodu Vitorog koji je prelazio preko poplavljenog Glamočkog polja. Došlo je do pada vodiča faznog voda u poplavljeno polje što je rezultiralo prekid napajanja u Hasanbegovcima i Raičkoj. Velike napore uložila je ekipa Elektro Glamoča kako bi 13 kućanstava bilo što kraće bez električne energije. Mjestu kvara moglo se pristupiti samo čamcima i to zbog toga što je razina vode bila preko 2 metra. Čamac su ustupili pripadnici Odjela specijalne policije PU Livno, a stanovništvu se osigurala opskrba električnom energijom odmah slijedeće jutro.



Slika 31. Poplavljeno Glamočko polje

## 6. ZAKLJUČAK

Poplave, potresi i posolica su jedni od najčešćih i najznačajnijih problema koji nanose štetu dalekovodima. Poplave svojim podizanjem vodnih razina štete dalekovodima plavljenjem razvodnih ormara i opreme koji su na manjoj visini, a u nekim slučajevima i plavljenjem žila nadzemnih vodova. Potresi podrhtavanjem nanose štetu dalekovodima rušenjem dalekovodnih stupova i oštećenjem ili razaranjem trafostanica. Vjetar svojim nanosima soli onečišćuje površinu izolatora stvaranjem posolice na njima koja izaziva smanjenje kliznih staza izolatora što rezultira kratkim spojevima i probojima na izolatorima. Uz to, posolica je jedan od glavnih razloga nastajanja korozije čelično-rešetkastih stupova koja nekad izaziva potpuno truljenje materijala i padove stupova. Svima njima zajedničko je to što svojim štetnim utjecajima izazivaju, prije svega, štetu na dalekovodnoj opremi, a najvažnije od svega je to što svi oni izazivaju prekide napajanja električnom energijom (bili oni kratkotrajni ili dugotrajni) koja je danas, može se reći uz vodu, zrak i sunčevu svjetlost odmah slijedeća najdragocjenija i neophodna stvar potrebna za život. Sve tri nabrojene vremenske nepogode sa sobom nose velike štete i visoka financijska ulaganja ali isto tako daju uvid u pripremljenost elektromonterskih radnika, a isto tako otkrivaju neke od najslabijih točaka prijenosa i distribucije električne energije. Primjerice, potres koji je pogodio Hrvatsku 28. i 29.12.2020. dao je uvid u pripremljenost HEP ODS-a i brzinu odziva u kriznoj situaciji čijim se radom i upornošću već nakon nekoliko dana potrošačima omogućila ponovna opskrba električnom energijom. Isto tako taj potres je otkrio najslabije točke distribucijske mreže što svakako treba biti poticaj za sagledavanje dodatnih rizika koje se povremeno zanemaruje. U podvelebitskom dijelu i ostatku Dalmacije vladaju gotovo svakodnevni, loši pogonski uvjeti za elektroenergetska postrojenja obzirom na jakost bure koja nanosi visoku količinu posolice i sa sobom nosi visoke troškove sanacije i dugotrajne zastoje u opskrbi potrošača električnom energijom.

Na pojavu navedenih vremenskih neprilika ljudska ruka ne može utjecati ali zato razum može sagledati situaciju i obratiti pozornost na slabe točke prijenosa i distribucije električne energije na koje vremenske neprilike ukažu. Tako je primjerice jedna od novih ideja kabliranje djelova trasa dalekovoda izloženih poplavama, jakim vjetrovima i posolici. Isto tako, na mjestima izloženima posolici krenulo se s korištenjem novih EVA izolatora koji su horizontalne izvedbe radi lakšeg pranja soli na njima i izrađeni od hidrofobnog materijala otpornijeg na naslage posolice. U potresu pogođenim područjima najveće štete su pretrpjele trafostanice tipa 'toranj' koje su dosta starije i neotpornije od ostalih, pa se na području cijele Hrvatske krenulo u povećano korištenje stupnih trafostanica.

## 7. POPIS SLIKA

|                                                                 |    |
|-----------------------------------------------------------------|----|
| Slika 1. Raspored temelja čelično-rešetkastog stupa.....        | 8  |
| Slika 2. Jednostruki čelično-rešetkasti stupovi.....            | 9  |
| Slika 3. Dvostruki čelično-rešetkasti stupovi.....              | 9  |
| Slika 4. Potporni izolatori.....                                | 10 |
| Slika 5. Ovjesni izolator.....                                  | 10 |
| Slika 6. Spojnice.....                                          | 11 |
| Slika 7. Izolatorski lanac sa iskrištima.....                   | 11 |
| Slika 8. Homogeno i kombinirano Alu-čel užje.....               | 12 |
| Slika 9. Zone zasoljavanja Elektre Zadar.....                   | 14 |
| Slika 10. Naslage soli na izolatoru.....                        | 15 |
| Slika 11. Naslage soli na kabelu.....                           | 15 |
| Slika 12. Oštećenje potpornog izolatora zbog kratkog spoja..... | 16 |
| Slika 13. Korozija stupa dalekovoda.....                        | 17 |
| Slika 14. Betonski stup na Pagu star 10 godina.....             | 17 |
| Slika 15. Korona na izolatoru i izolatorskom lancu.....         | 18 |
| Slika 16. Korona na sabirnicama.....                            | 18 |
| Slika 17. Horizontalni EVA izolator.....                        | 20 |
| Slika 18. Pranje stupne trafostanice i stupa.....               | 21 |
| Slika 19. Karta svih potresa 28.12. i 29.12.....                | 22 |
| Slika 20. Razorna moć potresa.....                              | 23 |
| Slika 21. Istovar i unutrašnjost kontejnera sa SN opremom.....  | 25 |
| Slika 22. Vrste trafostanica prije i nakon potresa.....         | 27 |
| Slika 23. Oštećenja TS tipa 'toranj'.....                       | 27 |
| Slika 24. Indikacije SCADA sustava odmah nakon potresa.....     | 29 |
| Slika 25. Ostatak TS Luščani.....                               | 29 |
| Slika 26. Jednopolna shema KB 20 kV Kotezi – Kokorići.....      | 32 |
| Slika 27. Jednopolna shema kabliranja Kotezi 3 - Kotezi 1.....  | 33 |
| Slika 28. Oznake kabela.....                                    | 34 |
| Slika 29. Poplava u Kokorićima kraj Vrgorca.....                | 34 |
| Slika 30. Poplava u Orašju.....                                 | 35 |
| Slika 31. Poplavljeno Glamočko polje.....                       | 35 |

## 8. POPIS TABLICA

|                                                                           |    |
|---------------------------------------------------------------------------|----|
| Tablica 1. Tehničke značajke EVA izolatora u odnosu na VDH izolatore..... | 19 |
|---------------------------------------------------------------------------|----|

## 9. POPIS LITERATURE

<https://www.hops.hr/vijesti/ekstremna-posolica-na-kvarnerskim-otocima-izazvala-je-probleme-u-opskrbi-elektricnom-energijom>

<http://www.ho-cired.hr/wp-content/uploads/2013/06/SO1-16.pdf>

<https://slobodnadalmacija.hr/dalmacija/dalekovodi-na-hvaru-gore-k-o-ludi-samo-u-jednom-danu-planulo-cak-30-drvenih-stupova-kako-se-koji-srusi-otocani-ostanu-bez-struje-a-za-sve-je-kriva-posolica-579520>

[https://www.ho-cired.hr/images/OPATIJA2018/Referati\\_po\\_studijskim\\_odborima/SO2/SO2-07.pdf](https://www.ho-cired.hr/images/OPATIJA2018/Referati_po_studijskim_odborima/SO2/SO2-07.pdf)

<https://potresinfo.gov.hr/nakon-potresa-izgradjeno-75-novih-trafo-stanica/453>

[https://www.hep.hr/UserDocsImages//dokumenti/vjesnik/2021//1\\_2021.pdf](https://www.hep.hr/UserDocsImages//dokumenti/vjesnik/2021//1_2021.pdf)

<https://www.rabdanas.com/index.php/vijesti/item/1357-posolica-i-dalje-drzi-najveci-dio-otoka-u-mraku-hep-radi-na-otklanjanju-kvarova>

<https://www.24sata.hr/news/zeno-jaci-sam-od-poplave-hrabri-radnici-penjali-se-na-11-metara-da-selu-spase-struju-733612>

<https://ilsad.hr/proizvodi/alu-stolarija/povrsinska-zastita/eloksaza-aluminija/>

<https://www.eiphzb.ba/wp-content/uploads/2013/08/49.-br.-Vjesnika-.pdf>

<http://elka.hr/wp-content/uploads/2017/03/Energetski-srednjenaponski-kabeli-do-36-kV-Power-cables-up-to-36-kV.pdf>