

# POGONSKA ISKUSTVA – METODE ZA PREVENCIJU ŠTETE UZROKOVANE POSOLICOM NA NADZEMNIM VODOVIMA

## DEPARTMENT FINDINGS – METHODS FOR PREVENTION OF DAMAGE CAUSED BY FROST ON THE POWER LINES ABOVE THE GROUND

Josip SRDANOVIĆ, HEP-ODS Elektrodalmacija, Hrvatska  
Dinko MARIJAN, HEP-ODS Elektrodalmacija, Hrvatska  
Domagoj MILUN, HEP-ODS Elektrodalmacija, Hrvatska

### KRATAK SADRŽAJ

Pojava posolice uzrokovane vjetrom na izolatorima 10 kV dalekovoda stvara velike probleme u sigurnosti i pouzdanosti opskrbe električnom energijom a potencijalno može izazvati i zapaljenje drvenih stupova te veći požar. U ovom radu će se opisati metode za sprječavanje negativnih utjecaja posolice te će se na temelju dugogodišnjeg iskustva odabrati najbolje rješenje. Poseban naglasak će biti stavljen na implementaciju kompozitnih EVA (Etilen-Vinil-Acetat) izolatora. Na primjerima terenske jedinice Hvar i otoka Šolte prikazat će se problematika te način rješavanja problema s posolicom na izolatorima 10 kV dalekovoda.

**Ključne riječi:** posolica, kompozitni izolatori, pogonska iskustva, 10 kV dalekovodi

### ABSTRACT

Frost on the isolators of the 10 kV power lines, caused by wind, creates big safety and reliability problems in power distribution systems and could possibly set wooden columns on fire. This work will describe methods for the prevention of negative consequences of frost and will suggest, based on the many year's experience, best practices for dealing with frost. The focus of the work will be on the implementation of the composite EVA (Ethylene-Vinyl-Acetate) isolators. Field units Hvar and island Šolta will be used to demonstrate the problem and way of dealing with frost on isolators of 10 kV power lines.

**Key words:** frost, composite isolators, department findings, 10 kV power lines

Kontakt podatci (e-mail): [josip.srdanovic@hep.hr](mailto:josip.srdanovic@hep.hr), [dinko.marijan@hep.hr](mailto:dinko.marijan@hep.hr), [domagoj.milun@hep.hr](mailto:domagoj.milun@hep.hr)

### UVOD

Nadzemnim vodovima u priobalju vjetar često načini veliku štetu. Istrgne vodiče, slomi drvene stupove rasprsnе izolatore pa čak i u klupko savije čelično rešetkaste stupove. Izolatori imaju ulogu da električki izoliraju vodiče od stupa te da ih mehanički drže u određenom položaju kako bi prenosili mehaničke sile sa vodiča na stup. Ovisno o načinu na koji nose vodiče dijelimo ih na potporne i ovjesne. Materijali koji se koriste za izradu izolatora su porculan, steatit, kaljeno staklo te kompozitni materijali.

U ovom radu će biti obrađena tema utjecaja posolice uzrokovane vjetrom na izolatorima 10 kV dalekovoda te načini na koje možemo spriječiti negativne utjecaje posolice. Zbog blizine mora i čestog utjecaja vjetra, unutar priobalnih terenskih jedinica, posolica predstavlja veliki problem u sigurnosti i pouzdanosti opskrbe električnom energijom.

Tijekom godina se na razne načine pokušavalo prevenirati utjecaj posolice na izolatore – ručnim ispiranjem poslije svake jače bure, premazivanjem silikonskom mašću i silikonskim uljem, prstenovanjem stupova pocinčanim trakama te ugradnjom kompozitnih izolatora sa značajno povećanom puznom stazom. Upravo su se kompozitni EVA izolatori, koji su ugrađeni u nekim terenskim jedinicama na području distribucijskog područja Elektrodalmacija pokazali kao najkvalitetnije rješenje za sprječavanje utjecaja posolice. Iako se iskustveno

utvrdilo da prva generacija kompozitnih izolatora nije kvalitetno rješenje iz razloga što su ih uništavale ptice, druga generacija ovih izolatora zasada polučuje odlične rezultate.

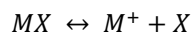
U radu će se opisati svaka od ovih metoda korištenih na distributivnom području Elektrodalmacije te će se na temelju višegodišnje analize i pogonskih iskustava dati smjernice za buduće djelovanje na područjima koja imaju probleme sa posolicom.

## POSOLICA

### Nastanak posolice

Posolica nastaje tako što se sitne kapljice mora i kristali soli nošeni vjetrom talože na izolatoru. Taloženje raste eksponencijalno sa brzinom vjetra. Nakon taloženja, zbog pada temperature i porasta relativne vlažnosti zraka dolazi do orošavanja izolatora – kristali soli se otapaju, nastaje otopina elektrolita unutar kojih su nositelji naboja koji uzrokuju struju odvođenja. Na izolatoru se stvara puzna staza, dolazi do proboja izolatora te često i trajnih ispada dalekovoda. Uz ispade dalekovoda, popratni učinci mogu biti i oštećenje površinskog sloja izolatora, intezivna korozija, korona praćena svjetlosnim efektima, te moguće zapaljenje drvenog stupa što može uzrokovati i veći požar. [1]

Otopina elektrolita između ostalog sadrži i kloride i sulfate natrija i magnezija koji se razlažu prema jednadžbi:



gdje je:

- M - metal (magnezij, natrij..)
- X – anion (klorid, sulfat..)

### Zapaljenje drvenih stupova izazvano onečišćenjem izolatora posolicom

Paljenje glava drvenih stupova je pojava uočena na vodovima srednjeg i visokog napona još u samim počecima elektrifikacije. Iako je primijećena i na područjima udaljenim od mora, najčešće kad nakon duljeg suhog razdoblja padne kiša, ipak je u priobalju i na otocima znatno češća, a najizraženija je nakon snažnijih vjetrova s mora pri kojima dolazi do intezivnog zasoljavanja.

Uzrok paljenja su puzajuće struje koje se zatvaraju puznim stazama koje se stvaraju na površini onečišćenih izolatora kad na tu površinu padne kiša, a prije nego kiša opere izolator. Prema istraživanjima i laboratorijskim testovima objavljenim u [2] i [3], već i male struje reda veličine mA mogu u određenim uvjetima izazvati toliko zagrijavanje na spoju metala i suhog drveta pri kojem započinje tinjanje, a nakon određenog vremena, pogotovo ako je potaknuto vjetrom, tinjanje prelazi u otvoreni plamen. Ovisno o okolnostima i struji, vrijeme proteklo od početka tinjanja do otvorenog plamena, može varirati od nekoliko minuta do nekoliko sati. U testovima provedenim u laboratoriju [2], pri struji od 10 mA, tinjanje koje započinje u zatvorenom “džepu”, na kontaktu suhog drveta i metalnog nosača, prelazi u otvoreni plamen već za 10 min.

Uvjeti za nastanak tinjanja su vlaga i onečišćena površina izolatora, kao uvjet nastanka puzajućih struja, te kombinacija mokrog (vlažnog) i suhog drveta. Pojednostavljeno, strujni krug tvore serijski spojene impedancija puzne staze izolatora, impedancija suhog drveta i impedancija vlažnog drveta. Ovisno o količini vlage u drvetu, vodljivost vlažnog drveta može biti i do nekoliko tisuća puta veća od vodljivosti suhog drveta. U serijskom strujnom krugu, to znači da je gotovo sav narinuti napon na dijelu suhog drveta. Na glavi stupa, savijeni nosač potpornog izolatora ili vijak metalne konzole prolaze kroz suho drvo visokog otpora. S druge strane, kišom namočena površina drvenog stupa je dobro vodljiva i što je ta vodljivost veća, to je veća i struja, a time i disipacija  $i^2R$  na suhom dijelu. Zato, tinjanje u pravilu započinje u unutrašnjosti, na spoju metalnog nosača ili vijka i suhog drveta.

Upravo je gore navedeni uvjet za početak gorenja: spoj metalnog nosača, suhih dijelova i vlažnih dijelova stupa, doveo do prvih rješenja za suzbijanje pojave paljenja [2], kojima se vodljivim trakama metalni nosač ili vijak za učvršćenje konzole struja odvodi neposredno na bolje vodljivu navlaženu površinu drveta, čime se premošćuje spoj metalnog nosača/vijka sa suhim drvetom.

Osim vodljivosti drveta i puzne staze, na veličinu struje utječe i ukupan broj izolatora preko kojih teku struje. To znači da je veća vjerojatnost zapaljenja stupa s dvostrukim izolatorima (mehanički pojačana izolacija), rasteretnih stupova i stupova s rastavljačima. Iako je veća vjerojatnost zapaljenja u slučaju puzajućih izbivanja na izolatorima različitih faza i zatvaranja struje kroz samu glavu stupa, pogrešno je smatrati da će do zapaljenja teško doći u slučaju izbivanja na samo jednoj fazi. Naime, zbog dobre vodljivosti vlažnog stupa, struja će se bez većeg otpora zatvoriti prema tlu.

Suprotno očekivanju, prema istraživanjima objavljenim u [3], zasoljavanje površine stupa nema značajnijeg utjecaja na veličinu struje u drvetu i proces zapaljenja. No, može imati za posljedicu stvaranje puznih staza na površini drveta, što se u nekim slučajevima može vidjeti na drvetu u obliku mrežastih tragova nagaranja površine, ali to najčešće ne rezultira zapaljenjem.

### **Utjecaj posolice na 10 kV dalekovode - Terenska jedinica Hvar**

Iskustva TJ Hvar s problemima koje izaziva atmosfersko onečišćenje izolatora u 10 kV mreži prije svega je potrebno definirati u nekoliko pravaca i reći da se temelji na desetogodišnjem iskustvu, dakle od 2009. do 2019. godine.

Onečišćenje je kombinacija morske soli raspršene u zraku i ostalih lokalnih onečišćenja kao što su prašina, pelud i sl. Predmet promatranja su 10 kV dalekovodi na drvenim stupovima Vrboska, istok otoka Hvara, jug otoka Hvara i područje oko grada Hvara, dakle krajnji zapad otoka. S obzirom na konfiguraciju otoka, navedeni dalekovodi su izloženi onečišćenjima u različitim meteorološkim uvjetima, ovisno o smjeru vjetera. Promatranjem smo uočili da nakon jakog vjetera, iz bilo kojeg smjera, ako pri tome ne pada kiša, dolazi do povećanog nakupljanja onečišćenja na dijelovima postrojenja.

Ovisno o trajanju takvih vremenskih uvjeta, onečišćenje se može manifestirati na dijelovima mreže koji su na sasvim suprotnom dijelu otoka. Posebno se po burnom vremenu pojava odražava i na dalekovode na jugu otoka. Isto vrijedi i za južni vjetar, samo što je rjeđa pojava dužeg trajanja tzv. "suhog juga".

- DV Vrboska i okolica grada Hvara su dalekovodi na sjevernoj strani otoka i izloženiji su udaru bure.
- DV na jugu otoka je izloženiji onečišćenjima po južnom vjetru, što ne znači da na njega ne utječe i onečišćenje po buri, samo naravno u manjoj mjeri.
- DV prema istoku otoka je dug cca 50 km te dijelom trase prolazi sjevernom stranom, većinom preko "hrbata" te dijelom južnom stranom otoka. Zbog navedenog razloga je pod utjecajem onečišćenja po burnom i po suhom južnom vjetru.

Svi navedeni dalekovodi su udaljeni od mora što znači da su sva promatrana onečišćenja isključivo prenesena zrakom, odnosno nisu uzrokovana direktnim raspršivanjem mora na elemente mreže. Takva onečišćenja su jedva vidljiva prostim okom jer zbog periodičkog ispiranja kišom ne dolazi do nakupljanja veće količine soli i ostalih onečišćenja na dijelovima mreže.

Iskustva i zaključci se temelje na promatranju radijalne 10 kV mreže na drvenim stupovima sa pripadajućim stupnim čelično-rešetkastim transformatorskim stanicama te kutnim i rasteretnim betonskim stupovima. Ovjes na drvenim stupovima su savijeni nosači, gama čelične konzole te ravni nosači sa podbačajem, sa jednostrukim i dvostrukim zavješanjem. Na svim navedenim elementima distributivne mreže su ugrađeni VHD 10 kV – VHD 25 izolatori, koji s obzirom na ovaj tip onečišćenja imaju loša konstrukcijska svojstva jer im se na površini, posebno sa unutarnje strane, zadržavaju onečišćenja. Zbog konstrukcije i okomite montaže gotovo pa nikako im se ne ispire unutarnji dio osim kada padne obilnija kiša sa jakim vjetrom. To znači da je taj dio površine VHD izolatora uglavnom onečišćen duži vremenski period. Pored toga, s vremenom se na glazuri izolatora mogu pojaviti jedva vidljive pukotine, koje pogoduju stvaranju puznih staza.



SLIKA 1. IZGORENI DRVENI STUPOVI

Do problema u opskrbi dolazi u trenutku kada na onečišćene izolatore padne rosulja ili slaba kiša, koja ne uspije isprati onečišćenja nastala tijekom sušnih i vjetrovitih dana, barem sa gornje strane izolatora. Da bi pojava elektropolarizacije tankog sloja onečišćenja na izolatorima počela, sloj onečišćenja (najčešće morske soli sa prašinom različitog podrijetla) mora doći u kontakt sa vodom čija količina nije dovoljna za mehaničko ispiranje onečišćenja. Potrebno je naglasiti da prekida isporuke zbog proboja dielektrične čvrstoće VHD izolatora nikada nije bilo zbog kvara na betonskim stupovima, čeličnim gama konzolama na drvenim stupovima, uzemljenim rastavljačima na drvenim stupovima i čelično rešetkastim trafostanicama - kod navedenih dijelova mreže potporna konstrukcija koja nosi VHD izolatore je praktički kratko spojena.

Dijelovi mreže na kojima dolazi do kvarova (drveni stupovi sa savijenim i ravnim nosačima) nisu međusobno kratko spojeni nego su pričvršćeni na drvo. Kvarovi su uvijek mehaničke prirode jer se usljed gorenja stupa na mjestu na kojem je nosač pričvršćen za stup, nosač sa izolatorom odvoji od stupa te dolazi do dodirivanja vodiča, međusobno ili sa zemljom. Kako je kod "problematične" vrste ovjesa izolatora raspored vodiča u tzv. jelu, paljenje drvenog stupa započinje na nekom od nosača, bez pravila. Najnepovoljniji mogući događaj je kada se kompletan vrh stupa sruši, svi izolatori ostanu na njemu a vodno polje i dalje bude pod naponom te nas ne alarmira o kvaru. Istovremeno iskre padaju na tlo sa oba kraja zapaljenog dijela stupa. Bitna je činjenica da uslijed malih proboja dielektrične čvrstoće izolatora, koja nisu dovoljna za uspostavu luka ne dolazi do ispada zemljospojne ni druge zaštite. Struje koje se stvaraju između izolatora, preko čelične konstrukcije i drugog izolatora, proizvedene uslijed linijskog napona nisu dovoljne za proradu zaštite.



SLIKA 2. POŽAR UZROKOVAN POSOLICOM

Pojava plave maglice je uočavana na čelično rešetkastoj transformatorskoj stanici, betonskom stupu i čeličnoj neuzemljenoj gama konzoli. Pojava traje neko vrijeme dok ne počne jaka kiša koja ispere izolatore ili dok dielektrični gubici ne "osuše" površinu izolatora te pojava vidljive plave maglice oko izolatora ne nestane.

Hrapavi, vlažni drveni stup pogodan je za trajno taloženje nečistoća te predstavlja samo još jednu impedanciju u strujnom krugu između dviju faza, jer su mu izolacijska svojstva vanjske površine znatno slabija.

Kada dođe do pojave puzajućih struja preko drvene konstrukcije stupa, prosječno nakon 1-2 sata, ali nekad i znatno kraće, zbog najveće gustoće struje, na prelazu između čeličnog nosača i drva, nastaje toliko zagrijavanje da može izazvati zapaljenje drva.

Zapaljenja drvenih stupova na otoku Hvaru su bila češća pojava kada su na drvenim stupovima bili VHD 12 kV izolatori na kojima je lakše dolazilo do proboja dielektrične čvrstoće izolacije. Da bi se problemi u opskrbi izbjegli, na dalekovode sa drvenim stupovima, danas se ugrađuju EVA (Etilen Vinil Acetat) kompozitni izolatori, koji su skuplji, ali zbog dobrih izolacijskih osobina, ne dopuštaju proboj preko drvene konstrukcije, odnosno zapaljenje stupa. Naša iskustva sa ugrađenim EVA izolatorima su dobra, tako da u zadnje dvije godine nije bilo kvarova na stupovima sa novim EVA izolatorima. Iskustva terenskih jedinica koji su ih ugradili prije desetak godina su također pozitivna.

## **METODE ZA SPRJEČAVANJE NEGATIVNIH UTJECAJA POSOLICE**

### **Ručno ispiranje**

Nakon svake jače bure izolatori se ručno ispiru vodom. Ova metoda daje rezultate, ali zahtjeva dosta vremena i velik broj ljudi na terenu. Osim toga, ispiranje se obavlja u beznaponskom stanju što uglavnom znači i prekid napajanja električnom energijom za određeni broj potrošača. Ispiranje šmrkom sa zemlje, pod naponom, u slučaju DV 10(20) kV najčešće nije moguće zbog nepristupačnosti.

### **Premazivanje izolatora**

Premazivanje izolatora silikonskom mašću ili silikonskim uljem je također dobro rješenje za sprječavanje negativnih utjecaja posolice. Obavlja se periodički na godišnjoj razini jer se silikonskom premazu s vremenom mjenja struktura i kvaliteta. Kao i kod ručnog ispiranja potrebno je osigurati velik broj ljudi na terenu te osigurati beznaponsko stanje.

### **Prstenovanje stupova**

Prstenovanje stupova pocinčanim trakama je metoda koja je također korištena na distribucijskom području Elektrodalmacije. Ovim postupkom se veliki kontaktni otpor između metalnog nosača i suhog drveta premošćuje i nosač se galvanski povezuje neposredno s bolje vodljivom površinom vlažnog drveta i to preko široke površine, čime se smanjuje gustoća struje. Prvih nekoliko godina nakon ugradnje pocinčane trake kvalitetno obavljaju svoju funkciju, no problem nastaje nakon što olabavi spoj između trake i drvenog stupa. Kroz taj raspor teku male konstantne struje koje opet uzrokuju zapaljenje stupa i potencijalni veći požar.

### **Kratko spajanje izolatorskih nosača**

Jedna od metoda koja se preporučuje, općenito na drvenim stupovima, bi bila spajanje u kratko izolatorskih nosača. Važna je izrada kvalitetnog spoja između kratkospojnika i čeličnih podupora izolatora, pazeći pri tome na izbor istih materijala, radi galvanskih trošenja materijala na mjestu spoja. Takvi prijelazni otpori mogu također zagrijavati nosnu konstrukciju drvenog stupa i dovesti do zapaljenja drva prije nego li se čitava pojava proboja dielektrične čvrstoće ne prekine uslijed isušenja ili ispiranja sa većom količinom kiše. Važno je napomenuti da se ovom mjerom smanjuje vjerojatnost zapaljenja, ali se ne može isključiti jer se ne može eliminirati sastavnica struje prema zemlji.

### **Ugradnja kompozitnih izolatora**

Ova metoda se do sada u praksi na distributivnom području Elektrodalmacije pokazala kao najbolja u sprječavanju negativnih utjecaja posolice. Kod porculanskih VHD izolatora sa punom jezgrom mogućnost

zapaljenja raste proporcionalno sa starošću (stvaraju se mikropukotine koje se napune vodom i soli te postaju idealne za stvaranje puznih staza što dovodi do proboja).

Za razliku od porculanskih VHD izolatora, kod kompozitnih izolatora ne dolazi do nastanka mikropukotina te je znatno produžen put za stvaranje puzne staze. U posebnoj poglavlju o EVA izolatorima će se analizirati ugradnja kompozitnih izolatora.

## **EVA IZOLATORI**

Kao najkvalitetnije rješenje za sprječavanje utjecaja posolice na distributivnom području Elektrodalmacije, u praksi su se pokazali sredjenaponski kompozitni EVA izolatori. Kućište ovih izolatora je napravljeno od Etilen-Vinil-Acetat polukristalnog materijala, specijalno je dizajnirano i obogaćeno mineralima, ima nekoliko puta veću mehaničku čvrstoću, otpornost na trganje te je elastičnije u odnosu na silikonske materijale. Također ovaj materijal posjeduje vrhunsku otpornost na djelovanje ptica i glodavaca, otpornost u kiselim okruženjima, te otpornost na stvaranje tragova i eroziju. Materijal je UV- otporan, samogasiv i samočistiv u uvjetima nastanka lokalnih preskoka na suhim zonama. Sastoje se od uzdužno vučenog štapa koji je ojačan staklenim vlaknima te polimernog kućišta otpornog na stvaranje puznih staza. Kućište je direktno injekcijski prešano na jezgru i metalne završetke. Korozivno otporni metalni završeci su na jezgru od staklenih vlakana učvršćeni prešanjem uz primjenu radijalne sile jednake po jedinici opsega izolatora a s ciljem omogućavanja prijenosa mehaničkog opterećenja u pogonu na štap od staklenih vlakana. [4]

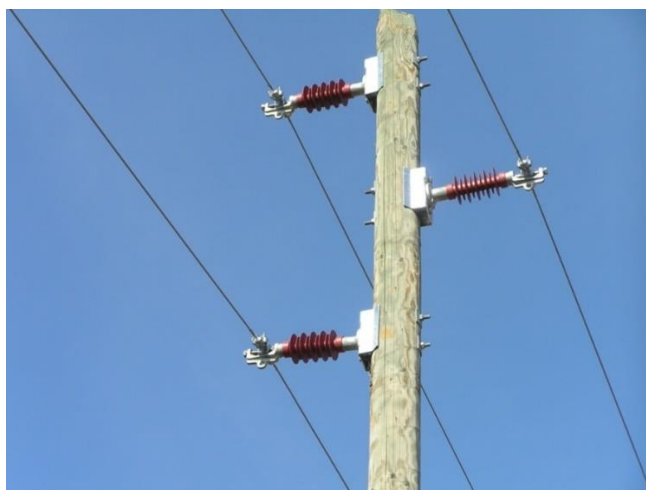
U praksi se otpornost kompozitnog materijala na djelovanje ptica pokazala učinkovitom za razliku od silikonskih izolatora. Naime, u terenskoj jedinici Hvar je bilo slučajeva da su galebovi i ostale ptice potpuno unište silikonske izolatore.

Svojstvo koje odlikuje kompozitne izolatore, što izravno utječe na smanjenje utjecaja posolice, je hidrofobnost. Hidrofoban materijal djeluje tako što se na površini izolatora voda skuplja u kapljice te na taj način sprječava probijanje izolatora. Osim toga znatno je povećan broj rebara što povećava dužinu za stvaranje puzne staze.

Kod ugradnje ovih izolatora uzeta je u obzir činjenica da će se u skoroj budućnosti prijeći na 20 kV naponsku razinu tako da su postavljeni izolatori predimezionirani za 10 kV naponsku razinu što dodatno pozitivno utječe na sprječavanje proboja. Također se pazilo da se postave u horizontalnoj izvedbi kako bi ih kiša bolje ispirala.

### **Iskustvo u primjeni EVA kompozitnih izolatora na Šolti**

Učestali problemi s izgaranjem drvenih stupova na dalekovodima nazivnog napona 10 kV na otoku Šolti zahtijevali su poduzimanje mjera za smanjenje utjecaja posolice na zapaljenje stupova. Mjere kao što su ugradnja prstenova od pocinčanog lima za povećanje kontaktne površine između nosača izolatora i drvenog stupa te ugradnja porculanskih izolatora VHD 20 umjesto izolatora VHD 15 davale su primjetni, ali ne i dostatni učinak [5]. Duljina puzne staze izolatora VHD 20 iznosi 384 mm, što daje 32 mm/kV za nazivni napon 10 kV. Time je zadovoljen uvjet iz Pravilnika o tehničkim normativima za izgradnju nadzemnih elektroenergetskih vodova nazivnog napona od 1 do 400 kV, kojim je definirana duljina puzne staze od 31 mm/kV za uvjete vrlo visoke zagađenosti, ali očito je da to ipak nije bilo dovoljno. Očigledno je da nije bitna samo duljina puzne staze, nego i vrsta materijala te oblik izolatora i mogućnost ispiranja nataloženih nečistoća.



SLIKA 3. EVA IZOLATORI

Nakon razmatranja više različitih rješenja odabrano je rješenje s EVA kompozitnim potpornim i štapnim izolatorima [4], tip:

- RLP-31R-HG (potporni za horizontalnu montažu),
- RST-DS31-TTP (štapni-zatezni)

U Tablici 1. su prikazane osnovne tehničke značajke odabranih izolatora u usporedbi s postojećim VHD izolatorima. Puzne staze od 770 mm, odn. 791 mm odabranih izolatora zadovoljavaju uvjete za specifičnu duljinu puzne staze za vrlo visoku zagađenost ne samo za nazivni napon 10 kV, nego i za najviši napon 24 kV (32 mm/kV, odnosno 33 mm/kV).

TABLICA 1. OSNOVNE TEHNIČKE ZNAČAJKE ODABRANIH IZOLATORA U USPOREDBI S POSTOJEĆIM

NAZIVNE VELIČINE	VHD 15	RLP-31R-HG	RST-DS31-TTP
Nazivni napon	17,5 kV	24 kV	24 kV
Duljina puzne staze	280 mm	770 mm	791 mm
Težina izolatora	2,4 kg, 5,2 s poduporom	5,3	5,3
Nazivni izmjenični podnosivi napon u mokrom	45 kV	81 kV	80 kV
Preskočni izmjenični napon u mokrom		101 kV	90 kV
Nazivni preskočni udarni napon u suhom (1,2/50 $\mu$ s)	120 kV	194 kV	170 kV

Posebno je zanimljiva izvedba potpornih izolatora za horizontalnu montažu, s "H" glavom, prikazana na slici 3. Izolator je opremljen gibljivom stezaljkom te montažnom pločom s vijcima kojima se jednostavno pričvršćuje na već postojeći stup, pod kutem od 5°. Montaža je vrlo jednostavna, uz zadržavanje jednakih razmaka i rasporeda vodiča na glavi stupa. Ovakva izvedba, s gotovo horizontalnom montažom kompozitnih izolatora, se u svjetskoj praksi pokazala najboljom u pogledu ispiranja izolatora od nakupljenog onečišćenja (posolice).

Od 2008/09. godine do danas ugrađeni su ovakvi izolatori na približno 100 stupova na nekoliko DV 10 kV na otoku Šolti i to pretežno na nosnim stupovima. Na drvenim "A" stupovima (kutnim i zateznim) uglavnom još nisu zamijenjeni izolatori jer je predviđena njihova zamjena betonskim na mjestima gdje to pristup dopušta.

## ZAKLJUČAK

Od samih početaka elektrifikacije se na distribucijskom području Elektrodalmacije suočavamo sa negativnim utjecajima posolice. U ovom radu je analiziran utjecaj posolice na izolatore 10(20) kV dalekovoda. Tijekom godina su se koristile različite metode za sprječavanje negativnih utjecaja posolice. Sve navedene metode su polučile više ili manje uspješne rezultate, ali potreba za periodičnim ponavljanjem procesa ili pak uvjet da dio potrošača neko vrijeme ostane bez napajanja uvjetovalo je potrebu za pronalaskom kvalitetnije metode.

Prije desetak godina su na otoku Šolti implementirani kompozitni EVA izolatori koji su ispunili očekivanja. Kroz 10-godišnje praćenje, može se ustvrditi da je ovakva zamjena izolatora dala tražene rezultate. Niti na jednom od stupova, na kojima su ugrađeni RLP-31R-HG, u proteklih 10 godina nije došlo do zapaljenja stupa. A da je uvjeta za zapaljenje bilo, potvrđuju slučajevi zapaljenja stupova na kojima još nije obavljena zamjena izolacije. Stoga se može zaključiti da je ovakva zamjena izolacije bila potpuno opravdana. Plan je uskoro zamjeniti izolatore i na preostalim stupovima.

Trenutno je i na području terenske jedinice Hvar u procesu implementacija ovih izolatora. Upravo je otok Hvar posljednjih godina bio značajno pogođen negativnim utjecajima posolice te se očekuje da će se ugradnjom EVA izolatora smanjiti broj zapaljenih drvenih stupova te anulirati mogućnost većih požara.

## LITERATURA

1. B.Filipović-Grčić, J.Radovanović, S.Aljinović: *Poremećaji u radu EES-a za vrijeme orkanske bure 14.11.2004.*, <http://www.hro-cigre.hr>
2. P. M. Ross: *Burning of wood structures by leakage currents*, AIEE Transactions, vol: 66, 1947., pp. 279-287
3. P. J. Sokolowski, A. Dwivedi, S. Pathak, F. Buratto, X. Yu: *Investigating the impedance of a wooden power pole after a pole fire*, Australasian universities power engineering conference (AUPEC) 08, Sydney 14.-17. Prosinca 2018. paper P-098
4. <http://encron.hr/proizvodi/izolatori-1-1100-kv/sn-kompozitni-izolatori/> - 24.05.2019.
5. F. Šodan, N. Vujević: *DV 10 kV Priobalje i otoci – rekonstrukcija DV u cilju smanjenja utjecaja posolice*, HEP ODS d.o.o. Elektrodalmacija SPLIT, Split Studeni 2008.
6. B.Jurić, B.Burčul: *Utjecaj bure i posolice na pokazatelje pouzdanosti napajanja električnom energijom distribucijske mreže na području Elektre Zadar*, Cired, Opatija 13.-16. Svibnja 2018.
7. <https://www.metal-product.hr/download/KATALOG%206.1.pdf> – 14.05.2019