

METEOROLOŠKI ČIMBENICI I OŠTEĆENJA DALEKOVODA OD RIJEKE DO PERUČE U SIJEČNJU 2003. GODINE

Lidija Cvitan – Gordana Hrabak-Tumpa, Zagreb – Ante Delonga, Split

UDK 621.315.1:515.5
STRUČNI ČLANAK

Tijekom siječnja 2003. godine, zbog djelovanja leda i/ili vjetra veći dio Hrvatske, i to južno od Rijeke, ostao je bez električne energije. Razlog su bili ispadi pojedinih dionica dalekovoda Hrvatske. U ovom se radu daju samo najvažniji ispadi prijenosne mreže te ukupno stanje distribucijske mreže Like te područja u unutrašnjosti južno od Velebita.

U drugom dijelu rada prikazani su vremenski uvjeti u razdoblju od 7. – 15. siječnja na području od Rijeke do Peruče kako bi se sagledali mogući meteorološki uzroci nastalih šteta na dalekovodnoj mreži. Najopasniji među njima su puhanje jake do olujne bure, te pojava kiše koja se smrzavala pri dodiru s podlogom. Smrzavajuća kiša je osobito jaka i dugotrajna bila na kninskom području.

Ključne riječi: dalekovod, kvar na vodu, bura, dodatni teret od leda i snijega.

1. UVODNA RAZMATRANJA

U ovom se članku raspravlja istodobno pojavljivanje meteoroloških čimbenika koji su mogli utjecati na nastanak štete na pojedinim dijelovima elektroenergetske mreže na području od Rijeke do Peruče u razdoblju od 7. do 15. siječnja 2003. godine. Za područje svakog dalekovoda, za kojeg su utvrđene štete, navode se osobine meteoroloških čimbenika u vrijeme tih šteta. Procjena mogućnosti meteorološkog utjecaja na pojedinoj lokaciji ovisi o blizini te lokacije i lokacije s koje se raspoložive odgovarajućim izvornim meteorološkim podacima. Naime, kako se nadzemni vodovi moraju postavljati izvan naseljenih mjesta gdje nema meteoroloških postaja, a često niti automatskih meteoroloških mjerenja, potrebno je pojedine mjesne uvjete procijeniti na temelju meteorološkog znanja i iskustva.

2. STANJE NADZEMNE ELEKTROENERGETSKE MREŽE

2.1. Prijenosna mreža

Na području PrP Opatija u razdoblju između 6. i 13. siječnja 2003. godine došlo je do oštećenja vodiča na DV 400 kV RHE Velebit – TS Melina od RHE Velebit do stupa broj 20, oštećenja elastičnih odstojnika za izvedbu snopova vodiča, oštećenje zaštitnih užeta u ovjesima i duž raspona, oštećenja opreme za zavješene zaštitnih užeta kao i znatnih oštećenja na opremi za nosivo zavješene zaštitnog užeta na gotovo svim stupnim mjestima.

Tijekom 12. siječnja 2003. godine došlo je na DV 220 kV Senj – Melina do rušenja nosivih stupova broj 145 i 146 kao i oštećenja vrha stupa broj 144 i 147 i to uz samu akumulaciju HE Tribalj.

Tih je dana bilo i kvarova na dalekovodu Krk – Rab.

Na području PrP Split bilo je na nekoliko mjesta ispada pojedinih dalekovoda. Prvi veći ispad dogodio se 7. siječnja 2003. godine na dalekovodu 110 kV RHE Velebit – TS Obrovac u 7,15 sati koji je ispao iz elektroenergetskog sustava Hrvatske. Dan kasnije ustanovljena su oštećenja: lom međufaznih odstojnika kada je oštećeno 16 od ukupno 26 komada, zaplitanje gornje i donje faze u rasponu između 7. i 8. stupa te oštećenje elastičnog odstojnika vodiča u snopu.

U razdoblju između 8. i 13. siječnja došlo je do loma skoro svih preostalih međufaznih odstojnika, zaplitanja gornje i donje faze u rasponu između 20. i 21. stupa, oštećenja zavješena zaštitnog užeta na stupovima broj: 9, 18 i 20, novih oštećenja elastičnog odstojnika vodiča u snopu, a na 19. stupu došlo je do prekida zavješena izolatorskog dvostrukog lanca koji je uzrokovao pad snopa vodiča srednje faze na zemlju.

Dana 9. siječnja 2003. godine u 5,36 sati ispao je, iz elektroenergetskog sustava dalekovod 110 kV Obrovac – Zadar a u 14,24 sati u TS Benkovcu ispao je prekidač polja Obrovac (kada je i u TS Nin također ispao prekidač polja Obrovca). Ustanovljena su oštećenja: na DV 110 kV Obrovac – Zadar u rasponu između 10. i 11. stupnog mjesta došlo je do prekida gornje faze, a u rasponu između 12. i 13. do prekida sva tri fazna vodiča i zaštitnog užeta, a na DV 110 kV Benkovac –

Obrovac došlo je do loma vrha stupa s gornjom konzolom na stupu broj 111.

Dana 11. siječnja 2003. godine u 19,23 sati u TS Konjsko proradila je APU na prekidaču polja Brinje nakon čega je došlo do ispada DV 220 kV Konjsko – Brinje. Pregledom terena ustanovljeno je rušenje ukupno 7 stupova u rasponu od stupnog mjesta broj 155 do 173, na tri stupa oštećen je vrh stupa i zavješanje zaštitnog užeta, a na jednom je stupu oštećena gornja konzola. Istog dana, 11. siječnja te u prvim satima 12. siječnja, registrirano je preko trideset APU na prekidačima dalekovoda 400 kV Konjsko – Velebit te deset ispada prekidača polja DV kV Konjsko – HE Velebit. U rasponu od stupnog mjesta 268 do 290 ustanovljeno je: iskrivljeni vrhovi stupova – ukupno 6, prekid zaštitnog užeta u rasponu između stupnog mjesta broj 267 i 268, a prekinuta su zavješanja zaštitnih užadi koja su ostala na spoju: vrh – vanjski dio prečke.

Zbog djelovanja bure na dalekovode otoka Paga dana 15. siječnja nastala je posolica koja je dovela do znatnog broja APU-a, ali i šest ispada dalekovoda 110 kV Lički Osik – Novalja. Nakon ispiranja statkom vodom pojedinih izolatora dalekovoda kao i izolacije na KS Toretta, vod je ušao u normalni pogon.

2.2. Distributivna mreža

U pojedinim pogonima Elektre Zadar te Elektre Šibenik kao i na području Elektrolike u tom je razdoblju bilo dosta prekida i problema u isporuci struje.

Na području Elektrolike bilo je srušenih stupova na DV 35 kV Obrovac – Zadar. Mreža cijelog područja Obrovca bila je porušena ili izvan pogona: 70 stupova, 75 trafostanica 10/0,4 kV te je 2.000 potrošača ostalo bez struje.

Najveći dio pogona Knin šibenske elektre, koji je površinom od 1.100 km² jedan od najvećih dalmatinskih pogonskih područja, 11. siječnja osvanuo je potpuno okovan ledom. Tri 35 kV dalekovoda bila su izvan pogona. Dalekovodi: Vrbnik – Golubić, Knin – Kosovo te Knin – Golubić bili su porušeni. Od ukupno četiri trafostanice 35/10 kV ovog područja, njih tri bile su izvan pogona. Ukupno je 23. naselja i 25 trafostanica 10/0,4 kV ostalo bez napona te je 4.200 potrošača ostalo bez napona. Kako je tog dana zapuhala olujna bura, sljedećeg je dana i preostali dio mreže dobilo znatna oštećenja. Bez napajanja ostalo je ukupno 125 trafostanica. Za sanaciju je ugrađeno ukupno 1.200 stupova (460 stupova za dalekovode) te 23 km SKS vodova.

Mreža zadarske elektre ostala je bez stotinu drvenih stupova s betonskim nogarima. Na području Biograda i Benkovca bilo je po desetak oštećenih stupova dok je većina stradalih stupova bila na području Obrovca. Najveći problemi bili su na DV 35 kV Obrovac – Se-line gdje su oštećeni: zemno užje, prečke i strujni mostovi.

3. METEOROLOŠKI ČIMBENICI

Premještanje velikih zračnih masa nad Europom u razdoblju od 7. – 15. siječnja 2003. omogućilo je lokalno stvaranje mnogih meteoroloških čimbenika značajnih za opisane štete na nadzemnim vodovima elektroenergetske mreže na području Hrvatske od Rijeke do Peruće. Najprije se, 7. siječnja, ciklona (koja je nastala nad sjevernom Italijom) premjestila nad srednji Jadran. Zrak u cikloni bio je vlažan i hladan. Na sjevernom i dijelu srednjeg Jadrana zapuhala je olujna i orkanska bura, dok je u južnoj Dalmaciji puhalo jugo. Ciklona se sljedećeg dana pomaknula na istok, a iz zapadne Europe se približavala nova ciklona. Ta se ciklona produbljavala u Genovskom zaljevu, a 9. i 10. siječnja nalazila se nad Hrvatskom. Po visini je nad područjem Alpa i naših krajeva nastala ciklona, pa je 8. siječnja bilo vrlo hladno jutro sa snijegom u unutrašnjosti Hrvatske. Ponovno je u unutrašnjosti bilo snijega osobito 9. siječnja. Sljedećeg je dana još ponegdje padao snijeg, ali slabiji. Malo snijega bilo je mjestimično i na sjevernom, te na dijelu srednjeg Jadrana, dok je u Dalmaciji padala kiša. U unutrašnjosti Hrvatske se kiša mjestimično ledila u dodiru s tlom. U sljedeća dva dana (11. i 12. siječnja) se ciklona nalazila nad južnom Italijom i Grčkom, a nad Hrvatskom je jačao ogranak anti-ciklone iz zapadne Europe.

U našim krajevima se djelomice razvedrilo i bilo je uglavnom bez oborina. Na Jadranu je zapuhala bura s olujnim i orkanskim udarima. Jutro je bilo izrazito hladno. Dana 13. siječnja se ciklona nad srednjim Sredozemljem popunila, pa je bura na Jadranu oslabjela. Sljedećeg je dana u unutrašnjosti ponovo bilo više oblaka. Polje visokog tlaka zraka i visinski greben uzrokovali su pretežno sunčano vrijeme, ali je jutro i dalje bilo vrlo hladno. I sljedećih je dana pod utjecajem anticiklone bilo barem djelomice sunčano, a po visini je zbog jačanja jugozapadnog i zapadnog strujanja pritičao topliji zrak.

Ovdje će se predočiti one osobine pojedinog meteorološkog čimbenika koje mogu biti povezane s nastankom najvećih materijalnih šteta u opisanim poremećenim vremenskim uvjetima. Prikazat će se vrijednosti meteoroloških elemenata (vjetar, temperatura i oborina) i podaci o vrsti, intenzitetu, te trajanju meteoroloških pojava. Pojedini su meteorološki elementi i pojave analizirani s različitih lokacija promatranog područja zbog prostorno različite dostupnosti podataka o njima.

3.1. Vjetar

Vjetar predstavlja strujanje zraka usporedno sa Zemljinom površinom, a uzrokovano horizontalnom razlikom atmosferskog tlaka. Vjetar je određen smjerom i brzinom. Brzina vjetra je velika kad je razlika tlaka na maloj udaljenosti velika. Na zemljopis-

noj širini Hrvatske, takav je slučaj obično u ciklonama i na rubovima anticiklona.

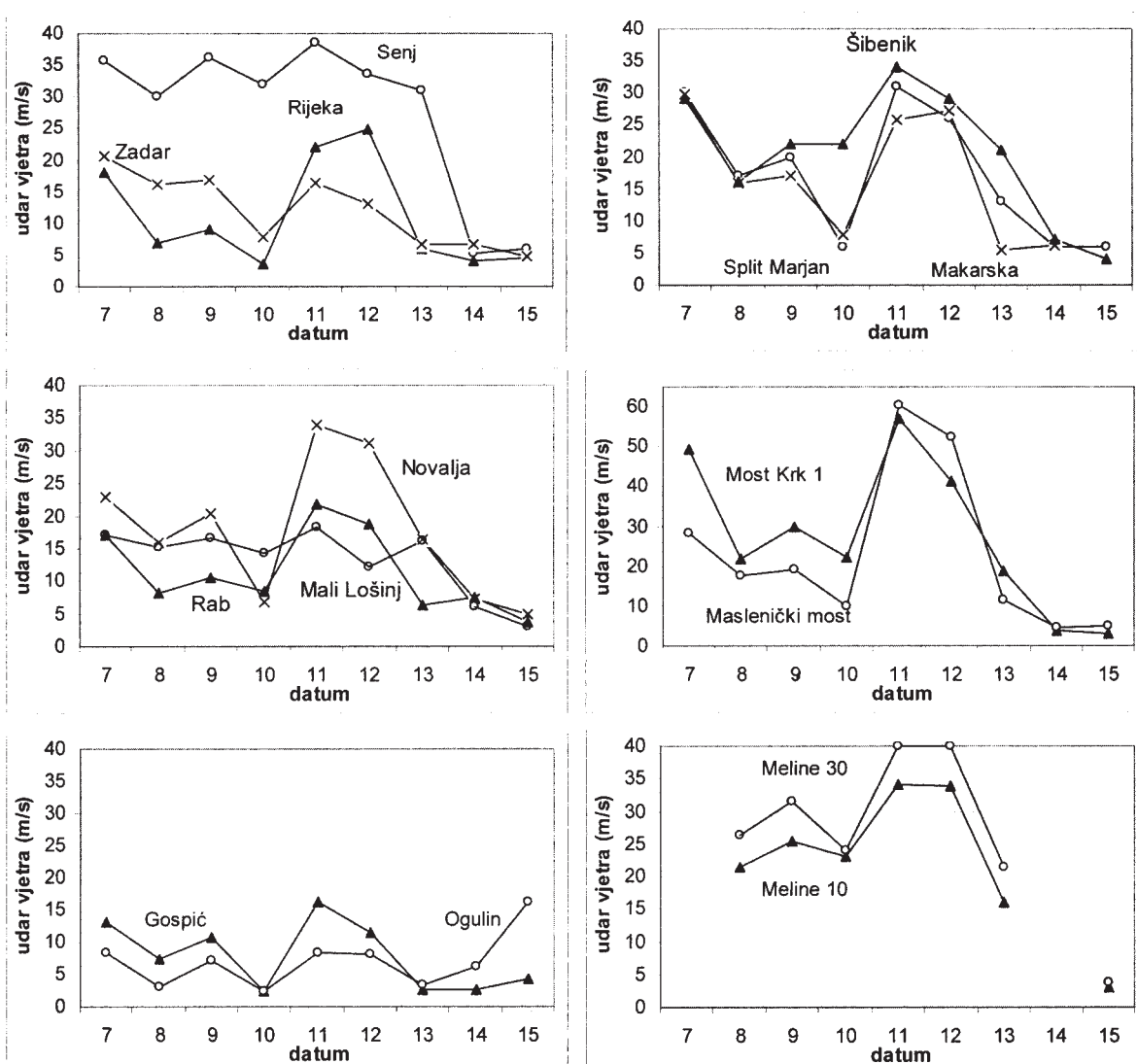
Vjetrovni uvjeti su u promatranom razdoblju analizirani na temelju udara vjetra jer udari vjetra mogu uzrokovati najveće materijalne štete. Naime, pri udaru vjetra su trenutačno povećane brzine vjetra u odnosu na brzine prije i poslije nastupa udara. Osobito jaki udari vjetra već su izmjereni na promatranom području Hrvatske u sličnim poremećenim vremenskim uvjetima.

Najveći udari vjetra u pojedinom danu su analizirani na temelju podataka s 15 lokacija koje imaju instrumentalna mjerenja brzine (m/s) i smjera vjetra. Grafički su maksimalne izmjerene brzine vjetra u pojedinom danu prikazane na slici 1. Brzina vjetra se mjeri na 10 m nad tlom, a samo ponegdje na više razina. Od analiziranih lokacija, samo se na lokaciji TS Meline provode mjerenja na dvije razine, tj. na 10 i 30 m nad tlom.

U razdoblju od 7. – 15. siječnja su na obalnom području od Rijeke do Makarske, najveće brzine vjetra

izmjerene na mostu prema Krku i na Masleničkom mostu. Područja mosta su najotvorenija od svih promatranih lokacija te je vjetar tamo razvio najveće brzine. Već 7. siječnja izmjerene su brzine od 49.2 m/s na Krčkom i 28.3 m/s na Masleničkom mostu. Maksimalne brzine vjetra promatranog razdoblja veće od 15 m/s, su na Krčkom mostu mjerene u razdoblju od 7. – 13. siječnja, a na Masleničkom u razdobljima 7. – 9. i 11. – 12. siječnja. Dana 11. siječnja su izmjerene najveće brzine i na Krčkom (57.0 m/s) i Masleničkom (60.5 m/s) mostu. Na području ovih mostova se 14. i 15. siječnja maksimalne brzine vjetra izjednačuju smanjujući se na manje od 10 m/s.

U Senju je brzina najvećih udara vjetra od 7. – 13. siječnja bila veća od 30 m/s. Maksimalne dnevne brzine vjetra bile su veće od 15 m/s samo 7, 11. i 12. siječnja u Rijeci, te 7. – 9. i 11. siječnja u Zadru. Na području Šibenika su maksimalne dnevne brzine vjetra bile veće od 15 m/s u razdoblju 7. – 13. siječnja, a na lokacijama Split – Marjan i Makarska u razdoblju 7. – 9. i 11. – 12. siječnja.



Slika 1. Maksimalni dnevni udari vjetra na području od Rijeke do Peruče u razdoblju od 7. – 15. siječnja 2003. godine

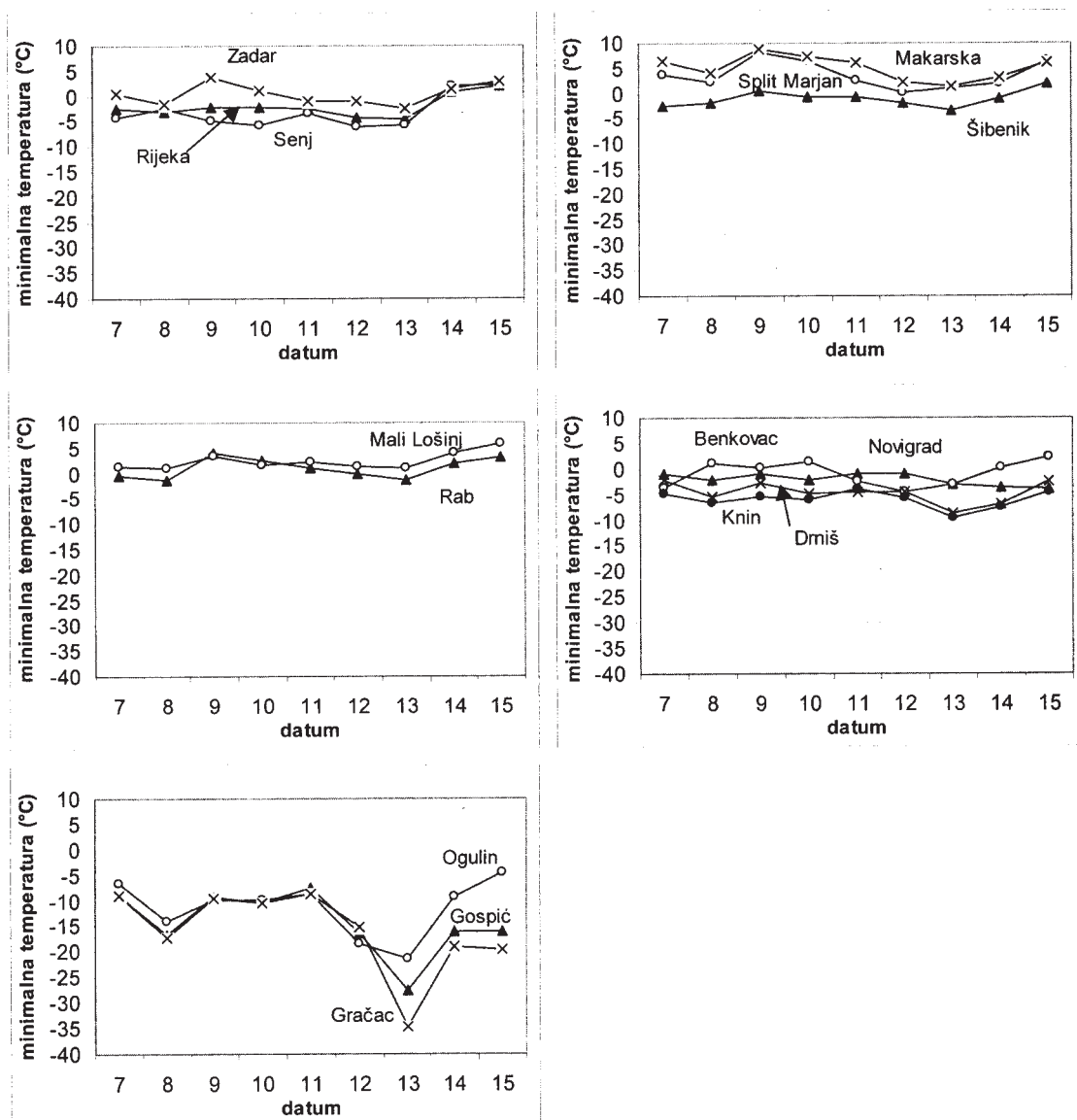
U promatranom razdoblju su na otocima Rabu, Pagu (Novalja) i Malom Lošinju hodovi maksimalnih dnevnih brzina vjetra prilično različiti. Na Rabu i Pagu, koji su bliži kopnu nego Mali Lošinj, valni oblik hoda maksimalnih dnevnih brzina vjetra sličan je obliku odgovarajućeg hoda riječke lokacije. No, u Novalji na Pagu su iznosi maksimalnih brzina znatno veći nego na Rabu. U Novalji su u razdobljima 7. – 9. i 11. – 13. siječnja maksimalne brzine veće od 15 m/s. U odnosu na rapski i paški, hod maksimalnih brzina vjetra na Malom Lošinju je prilično ujednačen u razdoblju 7. – 13. siječnja. Tad je raspon maksimalnih brzina na Malom Lošinju od 12.2 do 18.2 m/s. Tek 14. i 15. siječnja se maksimalne brzine vjetra izjednačuju na prostoru ovih triju otoka smanjujući se na manje od 10 m/s.

U riječkom zaleđu (TS Meline), te osobito u velebitskom zaleđu (Gospić) i Gorskom Kotaru (Ogulin), hod maksimalnih dnevnih brzina vjetra je bitno drugačiji nego u

obalnom području i na otocima. Također je, u odnosu na Ogulin i Gospić, izražena različitost melinskih hodova maksimalnih brzina vjetra, koje su veće od 15 m/s na 10 m i na 30 m nad tlom od 8. do 13. siječnja. U Gospiću i Ogulinu su maksimalne brzine vjetra u razdoblju 7. – 15. siječnja uglavnom znatno manje od 15 m/s, te samo u po jednom danu dostižu do 16.1 m/s (Gospić), odnosno do 16.3 m/s (Ogulin). Jezero hladnog zraka koje se zadržava u zaleđu planina, povremenim mahovitim prelijevanjem uvijek uzrokuje mnogo veće brzine vjetra (bura) na obalnom području nego u zaleđu planina.

3.2. Temperatura zraka

U hladnom dijelu godine hladnoća uglavnom posredno uzrokuje štete na nadzemnim vodovima i ostalim dijelovima elektroenergetskog sustava promatranog područja. Od 7. do 15. siječnja 2003. su



Slika 2. Minimalne dnevne temperature zraka na području od Rijeke do Peruče u razdoblju 7. – 15. siječnja 2003. godine

zbog hladnoće na velikom dijelu Hrvatske povremeno ili stalno postojali uvjeti potrebni za stvaranje i održavanje ledenih naslaga na tlu i predmetima nad tлом. Zbog zaleđivanja je bilo materijalnih šteta diljem Hrvatske. Zato je ovdje hladnoća analizirana na temelju minimalnih dnevnih temperatura zraka pri kojima su eventualni uvjeti za održavanje ledenih naslaga najpovoljniji.

Minimalna dnevna temperatura pojedinog dana se mjeri u 21 sat svakog dana. Izmjereni podatak prema tome označava najnižu temperaturu zraka u razdoblju od 21 sat prethodnog do 21 sat u danu na kojeg se podatak odnosi. Analiza minimalnih dnevnih temperatura zraka je provedena za 15 lokacija s područja od Rijeke do Peruće. Vrijednosti minimalnih temperatura su grafički prikazane na slici 2.

U razdoblju od 7. – 13. siječnja su na području Rijeke i Senja minimalne dnevne temperature zraka bile niže od 0°C, no nisu se spuštale ispod –4.5°C (Rijeka), odnosno ispod –6.0°C (Senj). U dane 14. i 15. siječnja su minimalne dnevne temperature bile veće od 0°C. Novigradske minimalne dnevne temperature zraka su tijekom cijelog razdoblja (7. – 15. siječnja) bile niže od 0°C, a najniža je iznosila –3.8°C (15. siječnja). U Zadru i Šibeniku su se minimalne dnevne temperature od 7. – 15. siječnja još manje spuštale ispod 0°C nego u Rijeci, Senju i Novigradu. Tijekom analiziranih devet, samo u četiri dana su izmjerene minimalne temperature zraka bile niže od 0°C u Zadru, a u sedam dana u Šibeniku. Na južnim promatranim lokacijama, Split-Marjan i Makarskoj, nisu utvrđeni uvjeti za zaleđivanje na temelju vrijednosti minimalnih dnevnih temperatura. Na tim su lokacijama tijekom cijelog promatranog razdoblja temperature zraka bile veće od 0°C.

Temperatura zraka se u promatranom razdoblju na području Malog Lošinja nije spuštala, a na otoku Rabu se četiri dana (7., 8., 12. i 13. siječnja) spuštala ispod 0°C. Najniža je vrijednost temperature na Rabu bila –1.4°C (7. i 13. siječnja).

U zadarskom zaleđu (Benkovac) su minimalne dnevne temperature bile niže od 0°C samo 7., 11., 12. i 13. siječnja, a u šibenskom (Knin i Drniš) tijekom cijelog razdoblja 7.–15. siječnja. Rasponi minimalnih dnevnih temperatura bili su na području Knina od –4.0°C do –9.5°C, a na području Drniša od –2.0°C do –8.6°C.

Najniže temperature zraka su izmjerene u Gorskom Kotaru (Ogulin) i Lici (Gospić i Gračac). od 7. do 15. siječnja minimalne temperature su bile znatno ispod 0°C, a 13. siječnja se temperatura u Gračacu spustila čak do –34.6°C.

3.3. Oborina

Pojedini oblici oborina i njihova velika količina (osobito velika količina oborine u kratkom razdoblju) mogu uzrokovati velike štete na elektroenergetskom mreži. Osobito je opasna ona oborina koja se taloži na nadzemnim vodovima i svojim teretom (dodatni teret)

uzrokuje nastanak štete na njima. Stoga su u ovom poglavlju analizirane dnevne količine oborine i njihov oblik. Analiza je provedena za 26 lokacija s promatranog područja.

Dnevna količina oborina predstavlja količinu oborina od 7 sati prethodnog do 7 sati onog dana u kojem se mjeri i na kojeg se izmjereni podatak odnosi. Količina oborine se iskazuje u milimetrima, a količina oborine od 1 mm ekvivalentna je jednoj litri vode na četvorni metar površine. Debljina ukupnog snijega na tlu je također analizirana, kao i debljina novog snijega koji je pao u posljednja 24 sata. Debljina snijega se također mjeri u 7 sati i iskazuje u centimetrima. Količina oborine 0.0 mm ili debljina snijega 0 cm označavaju kako je oborina izmjerena u vrlo malim količinama.

Oblik oborine označava je li izmjerena količina oborine izmjerena od oborine tekućeg (kiša, rosulja, tuča, sugradica, smrzavajuća kiša, smrzavajuća rosulja), krutog (snijeg, zrnati snijeg, ledene iglice, solika) ili mješovitog (susnježica) oblika.

Na promatranom je području u razdoblju od 7. do 15. siječnja 2003. godine, oborina padala u prvoj polovici razdoblja. Najveća dnevna količina oborine izmjerena je 7. siječnja u Gračacu (98.3 mm). U Rijeci i Senju je prevladavao kruti oblik oborine, a na ostalim lokacijama duž obale i na otocima tekući oblik. U šibenskom zaleđu je oborina bila češće tekućeg nego krutog oblika, a u Gorskom Kotaru i Lici samo krutog oblika. Najveća izmjerena debljina snježnog pokrivača je duž obale bila 4 cm (7. siječnja u Senju), a u Lici i Gorskom Kotaru je dosegala do 90 cm (12. siječnja u Gospiću). Najviše je snijega izmjereno 7. siječnja (29 cm u Ogulinu i 30 cm u Gospiću).

Osim krute oborine, uz minimalne dnevne temperature zraka manje od 0°C u prvoj je polovici promatranog razdoblja, i tekuća oborina imala uvjete za taloženje na nadzemnim vodovima elektroenergetske mreže na sljedećim područjima: Rijeke, Senja, Novigrada, Šibenika, Knina, Drniša, Ogulina, Gospića i Gračaca. Uvjeti za taloženje i stvaranje opterećenja na vodovima postojali su 7. siječnja i na području Benkovca, te 8. siječnja na području Zadra, a 7. i 8. siječnja i na Rabu.

3.4. Meteorološke pojave

Meteorološke pojave poblize označavaju stanje atmosfere. To su pojave koje se uočavaju u atmosferi ili na Zemljinoj površini.

Analizirana je prostorna raspodjela pojedinih meteoroloških pojava u pojedinom danu tijekom razdoblja od 7. do 15. siječnja 2003. godine. Ukupno je analizirano 12 meteoroloških pojava na 26 lokacija.

Dok su u prethodnom poglavlju raspravljene pojedine vrijednosti oborine, ovdje će se raspraviti samo činjenica njenog pojavljivanja u pojedinom danu. Kako je podatak o pojavi dostupan osim s meteoroloških postaja na kojima se oborina mjeri i sa svih ostalih

postaja, moguće je dobiti detaljan prostorni uvid o pojavi oborine. To je značajno jer je osim količine i samo pojavljivanje oborine prostorno vrlo promjenljivo.

Pojava kiše je na području od Rijeke do Peruče u prvom dijelu promatranog razdoblja motrena na većini lokacija. Smrzavajuća kiša je padala 8. i 9. siječnja na području Knina, a 10. siječnja u Šibeniku.

Osim na južnim dijelovima (Split – Marjan, Makarska), gotovo posvuda je na promatranom području 7. siječnja padao uglavnom snijeg, a ponegdje i/ili susnježica. Snijega je bilo čak i na Rabu, Pagu i Malom Lošinju. Padanje snijega je motreno i idućih nekoliko dana (Ogulin – do 14. siječnja, Senj – do 11. siječnja, te Rijeka i Gračac – do 10. siječnja). Zrnati snijeg je motren u po jednom danu u Senju, Ogulinu i Kninu.

Snježni pokrivač pokrivaio je tlo tijekom cijelog promatranog razdoblja na području Gorskog Kotara (Ogulin), Like (Gospić i Gračac) i Senja. Na riječkom području snijeg se zadržavao na tlu prvih pet, na kninskom prva tri dana promatranog razdoblja, a u Zadru i Novigradu samo 7. siječnja.

Tijekom promatranog razdoblja poledica (ledena kora koja nastaje smrzavanjem kiše na predmetima na tlu i nad tlom) je uočena u osam uzastopnih dana (7. – 14. siječnja) na području Kosova i u sedam uzastopnih dana (8. – 14. siječnja) na području Knina u šibenskom zaleđu, u sedam dana na području Barbata na Pagu i u pet uzastopnih dana u Senju (7. – 10. siječnja). U nekoliko je navrata uočena poledica i u Šibeniku i na još nekoliko lokacija u šibenskom zaleđu do Knina, kao i u zadarskom zaleđu (Obrovac). U Kninu je poledica na tlu motrena uzastopce sedam dana (8. – 14. siječnja), a površinski led (nastaje na tlu smrzavanjem kišnih barica ili otopljenog snijega) uzastopce osam dana (8. – 15. siječnja). U tri dana promatranog razdoblja površinski led je motren i u Senju.

Mraz je naslaga leda na predmetima nastala depozicijom vodene pare pri temperaturi nižoj od 0°C. Pojave mraza su na promatranom području mjestimično motrene uglavnom krajem promatranog razdoblja. U promatranom je razdoblju mraz bio najčešći u šibenskom zaleđu (Skradin, Slapovi Krke, Stankovci, Kistanje, Drniš, Vrljika i Vinalić). Na području Raba i Paga bilo je mraza u danima od 13. – 15. siječnja.

Pojava jakog i olujnog vjetera je motrena na temelju učinaka vjetera na predmete u prirodi. Pojavom jakog vjetera je nazvana pojava vjetera pri kojem se samo njišu velike grane ili čak i cijelo veliko drveće te je također otežano hodanje. Vjetar takve jačine ima brzinu od 10.8 m/s do 17.1 m/s. Vjetar još veće snage, te brzine veće od 17.2 m/s, nazvan je olujnim vjetrom. Olujni vjetar je onaj uz koji je već nemoguće hodati protiv vjetera, njišu se cijela debla i lome velike grane drveća. Podaci o vjetru dobiveni metodom motrenja su analizirani i za lokacije s kojih su raspoloživi precizniji (izmjereni) podaci. Naime, na meteorološkim postajama na kojima se brzina vjetera mjeri, obično se dodatno upisuje i po-

datak o pojavi jakog i olujnog vjetera na temelju procjene metodom motrenja. Duž Jadranske obale od Rijeke do Makarske te u zaleđu na području Knina, gotovo je posvuda uočena pojava jakog i/ili olujnog vjetera 7. siječnja te opet 11. i 12. siječnja. Najviše je dana s vjetrom velike jačine u razdoblju od 7. do 15. siječnja bilo na područjima: Senja, Novigrada, Šibenika, Knina, Splita, Raba i Malog Lošinja. U Šibenskom zaleđu je jedino 11. i 12. siječnja jaki vjetar motren na području Skradina, a olujni na području Vinalića.

4. ZAKLJUČAK

Analiza meteoroloških čimbenika, koji su mogli utjecati na nastanak šteta na pojedinim dijelovima elektroenergetske mreže, opisana je u drugom poglavlju ovog rada. Za svaki dalekovod, za koji su utvrđene štete, navode se osobine meteoroloških čimbenika u vrijeme tih šteta. Procjena mogućnosti meteorološkog utjecaja na pojedinoj lokaciji ovisi o blizini te lokacije i lokacije s koje se raspoložive odgovarajućim izvornim meteorološkim podacima. Naime, u pravilu su trase izvan naseljenih mjesta, gdje nema niti meteoroloških postaja, a često niti automatiziranih meteoroloških mjerenja, potrebno je pojedine lokalne uvjete procijeniti na temelju meteorološkog znanja i iskustva.

Prva oštećenja elektroenergetske mreže počela su 7. siječnja i to na širem području Obrovca. Tog je dana snijeg padao na cijelom području od Rijeke do Šibenika (uključujući i otoke: Mali Lošinj, Pag, Rab) kao i u unutrašnjosti od Gorskog Kotara preko Like do Dalmatinske zagore. Istodobno je olujna bura zabilježena u Rijeci, na mostu Krk – kopno, na TS Melini, u Senju, Novalji na Pagu, Masleničkom mostu, Zadru, Šibeniku, Splitu, Makarskoj. U Gospiću je 7. siječnja ujutro izmjereno ukupno 41 cm snježnog pokrivača od kojih je 30 cm bilo novog snijega. Sve ovo ukazuje da je na području Obrovca zabilježena istodobna pojava padanja snijega i olujnog vjetera (na Masleničkom mostu zabilježeni su udari vjetera do 30 m/s) koja je uzrokovala prva oštećenja nadzemnih vodova. U idućim je danima bio daljnji prodor hladnog i vlažnog zraka u unutrašnjost Like i Dalmatinske zagore (temperatura zraka u unutrašnjosti iznosila je do -10°C Ogulin, Gospić, Gračac a uz more oko ništice) što je i dalje uvjetovalo pojavu jake do olujne bure na Jadranu, ali i pojavu krute oborine. Na kninskom je području u dva dana (8. i 9. siječnja) zabilježena pojava padanja kiše koja se pri dodiru s podlogom ledila. Morkar snijeg zabilježen je tijekom 8. siječnja na području južno od Obrovca (Kistanje, Stankovci) koji je uz jake do olujne udare vjetera uzrokovao daljnja oštećenja nadzemne mreže na širem području Obrovca.

Pod utjecajem ciklone nad južnom Italijom a anticiklone nad zapadnom i središnjom Europom u našu je zemlju dolazio još hladniji zrak iz Skandinavije, što je prouzročilo nagli pad temperature zraka (u Gračacu je

izmjerena temperatura zraka do -35°C). Ovo jezero hladnog zraka u unutrašnjosti i za tridesetak stupnjeva topliji zrak uz more, uvjetovalo je stvaranje orkanske bure s udarima vjetra do 60 m/s (preko 200 km/h!). Ove brzine vjetra zabilježene su na otvorenim prostorima – na Krčkom i Masleničkom mostu. Istodobno je na TS Melini zabilježen udar vjetra do 40 m/s a na TS Novalja do 35 m/s. Kako je još 10. siječnja na području Novigrada i Benkovca padala kiša to je, najvjerojatnije, u unutrašnjosti kod TS Obrovca bilo i krute oborine u obliku mokrog snijega. Istodobna pojava orkanske bure i mokrog snijega mogla je, na već oslabljene vodove, samo dokrajčiti oslabljene spojeve stupova i nadzemnih vodiča.

Posebno treba ukazati na pojavu orkanskog vjetra na području TS Melina 11. i 12. siječnja posebno stoga što je na meteorološkoj postaji Rijeka zabilježen snježni pokrivač sve do 11. siječnja. Na meteorološkoj postaji Senj snježni pokrivač zabilježen je sve do kraja promatranog razdoblja. Međutim, pojava ledenog ovjesa na nadzemnom vodu 220 kV Senj – Melina bila je uz samo akumulacijsko jezero i to ne od oborine već od utjecaja bure na vodene čestice akumulacije. Naime, bura je vjetar velike snage koji raznosi čestice vode s vodenih površina i nanosi ih na predmete u okolini. U ovom ih je slučaju nanosila na dijelove nadzemnog voda rashlađene na temperaturu znatno ispod ništice.

Također treba ukazati na pojavu posolice na DV kV Lički Osik – Novalja. Tijekom 15. siječnja u nekoliko je navrata bilo ispada tog dalekovoda. Zbog puhanja olujne do orkanske bure (11. siječnja) mogle su se stvoriti naslage soli na dijelovima dalekovoda koji su okomiti na smjer puhanja bure pa i na izolatorskim lancima. Zbog posolice dolazi do preskoka i ispada voda. Kako nije bilo oborine, vod je ušao u normalni pogon tek nakon ispiranja slatkim vodom pojedinih izolatorskih lanaca predmetnog dalekovoda na pagu i izolacije na samoj KS Toreta (koja je na samoj obali Paga direktno izložena djelovanju bure).

Prethodno navedeno ukazuje da, kod dimenzioniranja novih vodova kao i kod sanacija oštećenja, treba voditi računa o utvrđenim meteorološkim čimbenicima.

LITERATURA

- [1] G. HRABAK-TUMPA, 1986: "Havarije elektroenergetskih objekata i opasne meteorološke pojave – uzroci i posljedice", Zbornik radova savjetovanja ENIK, Budva
- [2] G. HRABAK-TUMPA, Z. MLADENIĆ, V. JURČEC, 1989: "Determination of meteorological parameters for designing a 400 kV transmission lines", Open Conference, Group 22, CIGRE, 24 – 29.
- [3] G. HRABAK-TUMPA, Z. ŽIBRAT, B. CIVIDINI, 1993: "Meteorološki čimbenici kao podloga projektiranja i sanacije dalekovoda", I savjetovanje HK CIGRE, II sekcija – vodovi i postrojenja, 159 – 164.
- [4] G. HRABAK-TUMPA, A. DELONGA, 1997: "Meteorological facts and accidents on high voltage transmission line network in Croatia", 3 rd European Conference on Applications of Meteorology, Lindau, 187 – 189.
- [5] S. IVATEK-ŠAHDAN, G. HRABAK-TUMPA, 1999: "Projektiranje dalekovoda i meteorološki čimbenici", IV savjetovanje HK CIGRE, Cavtat, 22 – 07: 65 – 72.
- [6] HEP, PrP Opatija i PrP Split, 2003.: Izvješća o štetama na dalekovodnoj mreži
- [7] DHMZ, Meteorološka izvješća

METEOROLOGICAL FACTS AND TRANSMISSION LINE DAMAGES FROM RIJEKA TO PERUČA IN JANUARY 2003

During January 2003, because of ice and/or wind a major part of Croatia south of Rijeka, found itself without electric energy. The reason was the failure of some Croatian transmission lines. In this paper only the most important failures are given, as well as the entire state of Lika distribution network, and the inland region south of Velebit.

In the second part of the paper weather conditions in the period from 7 to 15 January from Rijeka to Peruča are presented in order to analyze meteorological reasons of damages on transmission network. The most dangerous among them was very strong to stormy and even hurricane-speed bora, together with rain that was freezing in contact with the soil. Freezing rain was extremely strong and long lasting in the Knin region.

WETTERKUNDLICH VERURSACHTE BESCHÄDIGUNGEN AN FERNLEITUNGEN ZWISCHEN DER STADT RIJEKA UND DEM WASSERKRAFTWERK PERUČA IM JÄNNER DES JAHRES 2003

Ein grösserer Teil des südlich von Rijeka liegenden kroatischen Landes blieb, wegen der Einwirkung von Eis und/oder Wind, ohne elektrische Energie. Grund dafür waren Ausfälle betroffener Teilstrecken der Fernleitungen. In diesem Artikel werden nur die wichtigsten Ausfälle des Übertragungsnetzes und der Gesamtzustand des Verteilungsnetzes in der Region Lika und in dem Gebiet südlich des Bergmassivs Velebit angeführt.

Um mögliche wetterkundliche Ursachen der am Fernleitungsnetz entstandenen Schäden wahrzunehmen, sind im zweiten Teil des Artikels Wetterbedingungen in der Zeit vom 7. bis zum 15. Jänner im Gebiet zwischen Rijeka und Peruča dargestellt. Die gefährlichsten Schadensursachen waren der starke bis stürmische, sogar orkanartige Wind "Bora" und der beim Aufprall an die Unterlage erfrierende Regen. Der erfrierende Regen war besonders ausgiebig und langdauernd im Bereich der Stadt Knin.

Naslov pisaca:

Lidija Cvitan, dipl. ing.
Gordana Hrabak-Tumpa, dipl. ing.
Državni hidrometeorološki zavod,
Grič 3, Zagreb
10000 Zagreb, Hrvatska

Ante Delonga, dipl. ing.
HEP – Prijenos d.o.o.
Ulica kneza Ljudevita Posavskog 5
21000 Split, Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
 2003 – 11 – 28.

