

Zoran Rubinić
Dalekovod-Projekt d.o.o.
zoran.rubinic2@dalekovod.hr

Mario Križić
Dalekovod-Projekt d.o.o.
mario.krizic@dalekovod.hr

Gordan Mirošević
Dalekovod-Projekt d.o.o.
gordan.mirosevic@dalekovod.hr

Ante Pavić
HEP - Operator distribucijskog sustava d.o.o.
ante.pavic@hep.hr

Renato Ćučić
HEP - Operator distribucijskog sustava d.o.o.
renato.cucic@hep.hr

Kruno Trupinić
HEP - Operator distribucijskog sustava d.o.o.
kruno.trupinic@hep.hr

PRIMJENA NORME HRN EN 50341-1:2013 U PROJEKTIRANJU, IZGRADNJI I ODRŽAVANJU NADZEMNIH VODOVA I POTREBA IZRADE NACIONALNIH NORMATIVNIH ASPEKATA

SAŽETAK

Europsku normu EN 50341-1:2012, u travnju 2013. godine, HZN je prihvatio kao hrvatsku normu pod oznakom HRN EN 50341-1:2013 i nazivom „Nadzemni električni vodovi izmjenične struje iznad 1 kV - 1. dio: Opći zahtjevi - Zajedničke specifikacije (EN 50341-1:2012)“.

Izrada odgovarajućeg nacionalnog normativnog aspekta radi dopune osnovne norme kao cjelovitog dokumenta primjenjivog u praksi nužna je kako bi se uvažile specifičnosti vezane uz klimatske posebnosti pojedine države, pripadajuća važeća lokalna regulativa kao i dugogodišnja pozitivna praksa.

Ključne riječi: HZN, HRN EN 50341-1:2013, nacionalni normativni aspekti

APPLICATION OF STANDARD HRN EN 50341-1: 2013 IN DESIGN, CONSTRUCTION AND MAINTENANCE OF OVERHEAD LINES AND THE NEED FOR CREATION OF NATIONAL NORMATIVE ASPECTS

SUMMARY

European standard EN 50341-1: 2012 has been adopted in April 2013. by the Croatian Institute of Standardization (HZN) as a Croatian standard under designation HRN EN 50341-1: 2013 and the term "Overhead electrical lines exceeding AC 1 kV - Part 1: General requirements – Common specifications" (EN 50341-1: 2012)".

Development of national normative aspects, as a complement to the basic standard, is necessary to enable its application, considering particularly climatic specificity, local legislation as well as all aspects of long-lasting positive practices.

Key words: HZN, HRN EN 50341-1:2013, national normative aspect

1. UVOD

Norma je po definiciji dokument donesen konsenzusom koji je izradilo i objavilo priznato tijelo, a koji za opću i višekratnu upotrebu daje pravila, upute ili značajke za djelatnost ili njihove rezultate za postizanje najboljeg stupnja uređenosti u danom kontekstu. Norme se sustavno osuvremenjuju kako bi pratile razvoj tehnike te trajno predstavljale aktualni stupanj razvoja.

U pripremi i izradi norma sudjeluju zainteresirane strane postupkom koji nastoji uzeti u obzir gledišta svake od zainteresiranih strana te omogućiti usklađivanje oprečnih stajališta, pri čemu moraju biti utemeljene na provjerenim znanstvenim, tehničkim i iskustvenim spoznajama. Sukladno našem pozitivnom zakonodavstvu, norme u Republici Hrvatskoj nisu obvezujuće izuzev ukoliko se iste posebnim aktom ne proglase tehničkim propisom temeljem kojeg se uspostavlja obveza njihove primjene.

Prvi službeni propisi mjerodavni za projektiranje i izgradnju nadzemnih vodova na području bivše države bili su "Privremeni propisi za projektiranje i građenje dalekovoda 110 kV" (Prilog časopisa "Elektroprivreda" izdanog 1. lipnja 1949. godine). Navedeni propis je u međuvremenu pretrpio nekoliko izmjena i/ili dopuna, pri čemu je posljednju značajnu izmjenu "Pravilnik o tehničkim normativima za izgradnju nadzemnih elektroenergetskih vodova napona 1 kV do 400 kV" (Sl. list br. 65/88) doživio 1988. godine te je isti i danas, uz određene izmjene i dopune, u primjeni kao propis ili kao pravilo struke, gotovo u svim državama slijednicama bivše države (u daljnjem tekstu Pravilnik), osim u Sloveniji.

Premda je u procesu pridruživanja Europskoj uniji Hrvatska preuzela velik broj europskih norma, pa tako i norme mjerodavne za projektiranje, gradnju i održavanje nadzemnih vodova, sukladno „Zakonu o tehničkim zahtjevima za proizvode i ocjenjivanju sukladnosti (NN br. 80/13), članak 26., stavak (1), Pravilnik se u Republici Hrvatskoj i dalje primjenjuje kao jedini relevantni tehnički propis za projektiranje i izgradnju nadzemnih vodova od 1 kV do 400 kV. Nije potrebno isticati kako je od vremena donošenja navedenog Pravilnika proteklo već više od 30 godina te kako je u međuvremenu normativna praksa u Europi i svijetu znatno evoluirala što zbog tehnološkog napretka, što zbog čitavog niza novih spoznaja.

Dugi niz godina u Europi su primjenjivane dvije odvojene norme mjerodavne za projektiranje, gradnju i održavanje nadzemnih vodova: EN 50341 iz 2001. g. "Overhead electrical lines exceeding AC 45 kV" za nadzemne vodove iznad 45 kV i EN 50423 iz 2005. g. "Overhead electrical lines exceeding AC 1 kV up to and including AC 45 kV" za nadzemne vodove od 1kV do uključivo 45 kV. Svaka od navedenih norma sadržavala je Opći dio (1), Popis nacionalnih normativnih aspekata (2) i Nacionalne normativne aspekte (3). Međutim, s ciljem harmonizacije prethodno navedene dvije norme, Europski odbor za elektrotehničku normizaciju (CENELEC) objavio je novu normu EN 50341-1:2012 „Overhead electrical lines exceeding AC 1 kV - Part 1: General requirements – Common specifications“. Generalno, navedena norma EN 50341:2012 sastoji se od dva dijela. Prvi dio obuhvaća opća načela norme (EN 50341-1:2012), a drugi dio nacionalne normativne aspekte (EN 50341-2-xx:20xx).

S obzirom da je projektiranje nadzemnih vodova složen i specifičan proces na koji značajan utjecaj ima čitav niz faktora, osobito geografski položaj, klimatske specifičnosti (vjetar, led, insolacija...), dugogodišnja praksa kao i povezana zakonska regulativa, predlagatelj nove norme je ostavio mogućnost pojedinim državama članicama da te specifičnosti, u obliku nacionalnih normativnih aspekata, ugrade u normu (drugi dio norme), uz moguća detaljna tumačenja koje opći zahtjevi ne obuhvaćaju, te na taj način omogućiti primjenu norme uz uvažavanje svih aspekata dugogodišnje pozitivne prakse unutar pojedine države članice EU-a.

Važno je istaknuti kako se bez navedenog drugog dijela norme (Nacionalni normativni aspekti) ista ne može jednoznačno primijeniti jer kroz opća načela nisu razrađene spomenute specifičnosti, pa je u domeni odgovarajućih Tehničkih odbora, pri nadležnim državnim tijelima za normizaciju, trenutačno u postupku izrada odgovarajućeg prijedloga norme, kao i daljnja koordinacija njezinog odobrenja od strane CENELEC-a i u konačnici objave i primjene.

2. STRUKTURA NORME HRN EN 50341-1: 2013

Opća norma HRN EN 50341-1:2013 sastoji se od predgovora i uvodnog dijela, dvanaest poglavlja te ukupno šesnaest dodataka, od kojih su četiri normativna (Annex E, G, J i K) i dvanaest informativnih (Annex A, B, C, D, F, H, L, M, N, P, G i R). Kroz dodatke (Annex) su date dodatne informacije, smjernice i primjer proračuna kojima se nadopunjuju i dodatno pojašnjavaju pojedina poglavlja.

Službeno izdanje norme EN 50341-1:2012 objavljeno je na engleskom, francuskom i njemačkom jeziku, a eventualno izdanje norme na nekom drugom jeziku, pri čemu bi prijevod bio izrađen u nadležnosti CENELEC-a, ima isti status kao i službeno izdanje na jednom od tri osnovna jezika. U tom smislu treba istaknuti da je u ovom trenutku samo naslovna stranica hrvatske norme HRN EN 50341-1:2013 objavljena na hrvatskom jeziku, dok je cjelokupna norma preuzeta i objavljena na engleskom jeziku.

Prilikom objave norme Predgovorom („Foreward“) se ukratko navode osnovne značajke predmetne norme, definira se popis norma koje zamjenjuje i popis dokumenata (dijelova) od kojih se sastoji, te ključne izmjene u odnosu na norme koje zamjenjuje, kao i najvažnije vremenske okvire vezane uz objavu i povlačenje vezanih norma, odnosno rok u kojem sve zemlje članice CENELEC-a moraju prihvatiti ovu opću (osnovnu) normu, te izraditi nacionalne normativne dodatke koji su usklađeni sa općom normom.

U uvodnom dijelu ove norme („Introduction“) opisana je osnovna podjela norme na dva dijela: 1. dio: Opći zahtjevi - Zajedničke specifikacije i 2. dio: Nacionalni normativni aspekti.

Prvi dio norme predstavlja osnovni dokument, kojeg se često u normi naziva „Main Body“, a u daljnjem tekstu ovog rada koristit ćemo naziv „Osnovna norma“, a koji predstavlja zajedničku osnovu za sve zemlje. Drugi dio norme sadrži Nacionalne normativne aspekte (NNA) koji su za konkretnu državu članicu koja je izradila NNA normativnog karaktera, a za ostale države informativnog karaktera, a zapravo nadopunjuje Osnovnu normu, odnosno 1. dio.

Izmjene i dopune Osnovne norme dopuštene su kroz NNA, a osnova za njihovu izradu može se podijeliti u tri kategorije:

- A-dev („A-deviation“): A-devijacija, odnosno odstupanje koje je uvjetovano lokalnim važećim zakonodavstvom, koje je iznad norme i potrebno je u potpunosti ispoštivati
- snc („special national conditions“): posebni nacionalni uvjeti koji su odraz dostupnih podataka, karakteristika i dugogodišnje prakse vezane uz pojedinu državu, npr. klimatski parametri, električka otpornost tla, i slično
- NCPT (national complements): nacionalna dopuna koja odražava dugogodišnju praksu pojedine države, a ne pripada u A-dev niti u snc, uz tendenciju da se u bliskoj budućnosti iste postupno prilagode osnovnoj normi

Treba napomenuti kako je harmonizacijom normi za napone od 1kV do 45 kV i iznad 45 kV u zajedničku normu postignut prvi korak, a da je tendencija da se u sljedećem razdoblju i ostale razlike između pojedinih NNA svedu na najmanju moguću mjeru.

U prvom poglavlju pod nazivom Područje primjene („Scope“) predviđena je primjena iste na nove nadzemne vodove izmjenične struje nazivnog napona iznad 1 kV i frekvencije ispod 100 Hz. Područje primjene može se kroz NNA proširiti i na postojeće nadzemne vodove uz potrebu za jasno definiranim kriterijima kako bi se izbjegle eventualne nedoumice i moguće poteškoće prilikom rekonstrukcija i sanacija.

Osim na nadzemne vodove sa neizoliranim vodičima, ova norma primjenjuje se i na nadzemne vodove sa izoliranim vodičima i nadzemnim kabelima, OPGW-om i OPPC-om, ali se ne primjenjuje na telekomunikacijsku opremu (wrap, ADSS i sl.), niti na električne sustave za napajanje željeznice i sl. u tom smislu je planirana određena izmjena kroz NNA, osobito vezano uz ADSL što će biti opisano u nastavku ovog rada.

U drugom poglavlju pod nazivom Normativne reference, definicije i simboli („Normative references, definitions and symbols“), navode se sve vezane norme koje su nužne i obvezujuće za primjenu ove norme, kao i ostala povezana regulativa. Pored navedenog, date su sve relevantne definicije i značenja pojedinih izraza, kao i pripadni simboli korišteni u primijenjenim matematičkim izrazima.

U trećem poglavlju pod nazivom Osnove projektiranja („Basis of Design“) date su osnovne smjernice i pravila za proračun konstrukcije, temelja i mehanički proračun ostalih komponenti nadzemnog voda primjenom koncepta graničnih stanja u kombinaciji s metodom parcijalnih faktora.

Treba napomenuti da se nova norma zasniva na probabilističkom pristupu za razliku od dosadašnjeg, još uvijek važećeg Pravilnika, koji se većinom bazira na determinističkom pristupu. S obzirom da statistički podaci za većinu glavnih djelovanja na dalekovode (prvenstveno se tu misli na led) nisu dostupni ili nisu dovoljno reprezentativni, potrebno je istražiti utjecaj norme EN50341-1:2012 na

projektiranje nadzemnih vodova, pri čemu Pravilnik može u jednom dijelu poslužiti kao određena referenca za kalibraciju norme EN50341-1:2012 kroz analizu svih potrebnih tehničkih parametara.

Granična stanja mogu se podijeliti na:

- granično stanje nosivosti – stanje čije prekoračenje izaziva značajne deformacije, izvijanje, lom i gubitak statičke stabilnosti konstruktivnih elemenata,
- granično stanje uporabljivosti – stanje čije prekoračenje narušava uporabljivost (pogonsku sigurnost) nadzemnog voda u smislu očuvanja propisanih udaljenosti, pojave prekomjernih električnih preskoka i proboja, nedopuštenih vibracija koje mogu uzrokovati značajna oštećenja komponenti i sl.

Naime, koncept graničnih stanja se može opisati pomoću osnovne jednadžbe prema kojoj proračunska djelovanja (sile na točke zavješanja ili središte površine djelovanja) na komponente nadzemnog voda, uvećana za parcijalni faktor djelovanja, trebaju biti manja od otpornosti (nosivosti) materijala promatrane komponente umanjene za parcijalni faktor materijala.

$$E_d \leq R_d \quad (1)$$

gdje su:

E_d - ukupna (faktorizirana) projektirana vrijednost vanjskog djelovanja na komponente nadzemnog voda uvećana za parcijalni faktor djelovanja

R_d - dopuštena mehanička (faktorizirana) vrijednost otpornosti (sila, moment sile) komponente umanjene za parcijalni faktor materijala

U četvrtom poglavlju pod nazivom Djelovanja na nadzemne vodove („Actions on lines“) date su osnovne smjernice i pravila za proračun svih vrsta vanjskih opterećenja na nadzemni vod i sve njegove komponente kao rezultat djelovanja vjetra, leda odnosno kombiniranog opterećenja vjetra i leda, te vlastite težine komponente. Klimatski podatci potrebni za izračun opterećenja vjetrom i ledom na nadzemni vod trebaju biti navedeni u NNA.

Norma predviđa tri moguća pristupa za procjenu klimatskih podataka:

- primjenom podataka iz osnovne karte vjetra koja je sadržana u hrvatskom nacionalnom dodatku HRN EN 1991-1-4:2012/NA:2012,
- primjenom dovoljnog broja izmjerenih podataka koji se mogu preračunati na traženu veličinu i odgovarajući nivo pouzdanosti (prema uputama datim u Aneksu B i D),
- primjenom podataka uspješno korištenih dugi niz godina koji se mogu preračunati na traženu veličinu i odgovarajući nivo pouzdanosti (prema uputama datim u Aneksu B i D),

Djelovanja vjetra u ovoj normi zasnivaju se na primjeni osnovne brzine vjetra ($V_{b,0}$) koja predstavlja vrijednost 10 minutne srednje brzine vjetra izmjerene na visini od 10 m iznad tla. Smatra se da vjerojatnost da ista bude premašena iznosi 0,02 što odgovara povratnom periodu od 50 godina. Primjenom odgovarajućih faktora koji uzimaju u obzir smjer vjetra, visinu komponente nadzemnog voda iznad tla, karakter i oblik terena izračunava se srednja brzina, odnosno srednji tlak vjetra. Konačne sile, odnosno opterećenja uzrokovane vjetrom koje djeluju na pojedine komponente nadzemnog voda dobivaju se primjenom vršnog tlaka vjetra i dodatnih koeficijenata.

Osim vjetra, vanjska opterećenja na komponente nadzemnog voda, koja nastaju kao rezultat djelovanja klimatskih parametara, su i opterećenja nastala taloženjem leda ili snijega na užadi i opremi. Zbog ograničenih i nedostatnih statističkih podataka, njihov proračun zasniva na podacima dokazanim u primjeni kroz dugogodišnju pozitivnu praksu.

Pored osnovnih djelovanja na nadzemni vod koji su posljedica prethodno navedenih klimatskih parametara, prilikom dimenzioniranja komponenata potrebno je primijeniti i druge vrste opterećenja: „zaštitna“ opterećenja (torzijska i uzdužna) i sigurnosna opterećenja („montažna“ opterećenja - pri izgradnji i održavanju), te eventualno specijalna opterećenja (uzrokovane strujama kratkog spoja, lavinama ili potresom). Treba napomenuti da ovisno o vrsti opterećenja primjenjuju se i odgovarajući parcijalni faktori.

Na osnovi prethodno navedenih djelovanja (opterećenja) na nadzemni vod normom su definirani standardni slučajevi opterećenja i točke djelovanja, ali i moguća odstupanja za napone do 45 kV koja omogućavaju blaže uvjete od standardno definiranih.

U petom poglavlju pod nazivom Električki zahtjevi („Electrical requirements“) date su upute za proračun električkih razmaka koje je potrebno ostvariti između dijelova pod naponom, odnosno dijelova pod naponom i uzemljenih dijelova radi sprječavanja električkih preskoka. Električki razmaci podijeljeni su na „unutarnje“ (internal clearances), koji se odnose na razmak između dijelova nadzemnog voda, i „vanjske“ razmake (external clearances) koji se odnose na udaljenosti dijelova pod naponom prema objektima u blizini nadzemnog voda. Ove razmake treba koordinirati na način da pri pojavi preskoka isti ostvari između komponenti (unutar) nadzemnog voda, a ne prema okolnim objektima kako bi se ostvarila sigurnost živih bića i imovine u blizini nadzemnog voda.

Normom je definiran način kako izračunati minimalno potrebne razmake (teoretska metoda), odnosno koliko iznose preporučene stvarne vrijednosti razmaka (empirijska metoda) i udaljenosti koje u konačnici moraju biti ispoštovane tijekom proračuna pojedinih komponenti nadzemnog voda, uz primjenu propisanih klimatskih parametara.

Pored golih vodiča, normom su obuhvaćeni i minimalni razmaci i udaljenosti izoliranih vodiča i nadzemnih kabela prema objektima u blizini nadzemnog voda za nazivne napone od 1 kV do uključivo 45 kV.

Dodatno su normom obrađeni efekt korone, buke, električnih i magnetskih polja te interferencije sa telekomunikacijskom infrastrukturom. Međutim, ove pojave u pravilu su propisane lokalnom regulativom u pojedinoj državi koja je iznad norme i u slučaju strožih vrijednosti potrebno ih je u cijelosti ispoštivati.

U šestom poglavlju pod nazivom Sustavi uzemljenja („Earthing systems“), sa pripadnim dodatcima (annex G i H), date su upute za proračun, ugradnju i ispitivanje sustava uzemljenja. Stupovi od vodljivog materijala se u pravilu uzemljuju, dok se stupovi od nevodljivog materijala ne trebaju uzemljiti.

Sustav uzemljenja treba biti projektiran, ugrađen i održavan tako da osigura sigurnost živim bićima kroz očuvanje napona dodira i napona koraka unutar dopuštenih granica.

Sustav uzemljenja treba dimenzionirati tako da pri pogonskoj frekvenciji budu ispunjena najmanje tri osnovna zahtjeva:

- mehanička otpornost i otpornost na koroziju odabirom odgovarajućih dimenzija,
- termička otpornost na najveću očekivanu struju kvara,
- sigurnost osoba od previsokih iznosa napona dodira i napona koraka pri pojavi kvara.

U sedmom poglavlju pod nazivom Stupovi („Supports“) date su upute za proračun konstrukcije stupova, i to čelično-rešetkastih stupova, čeličnih cijevnih stupova, drvenih i betonskih stupova, kao i sidrenih stupova (stupovi sa zategama), pri čemu se dodatne smjernice i zahtjevi za pojedine vrste stupova nalaze u dodatcima (annex J, K), uz učestalo usmjeravanje korisnika norme na odgovarajuće eurokodove koji dodatno definiraju temeljne zahtjeve na materijal i konstrukciju stupova.

Norma obuhvaća smjernice za odabir i proračun materijala za stupove, učinkovitu primjenu materijala, odnosno optimalan oblik i raspored elemenata u konstrukciji stupa, zaštitu od korozije i testiranje stupova primjenom važećih norma kojima se definiraju uvjeti i način ispitivanja. Naime, testiranje stupova dodatni je oblik kontrole odnosno verifikacije proračuna konstrukcije kako bi se dokazala njihova primjenjivost, ali i ekonomičnost, za predviđene ulazne parametre i buduće uvjete na trasi.

Pored navedenog, osobitu pažnju treba posvetiti održavanju stupova i primjeni sigurnosnih mjera kako bi se:

- stupovi i oprema označili na odgovarajući način ugradnjom pločica za opasnost i sa nazivom i kontaktom odgovorne osobe, bojanjem crveno bijelom bojom i ugradnjom kugli za označavanje, svjetiljki za označavanje noću i u uvjetima loše vidljivosti i slično,
- spriječilo neovlašteno penjanje po stupovima
- omogućio monterima siguran pristup stupovima
- nedvosmisleno označavanje i prepoznavanje sustava („trojke“) pod naponom
- sigurno povezivanje zaštitnog užeta i uzemljenja stupa

- predvidjeti dodatne pozicije na konstrukciji za prihvat alata i opreme za rad

U osmom poglavlju pod nazivom Temelji („Foundations“) date upute za proračun temelja kao komponente nadzemnog voda koja ima svrhu konstrukciju stupa čvrsto povezati sa tlom. Od osobitog su značaja za optimalan proračun temelja kvalitetni ulazni podaci o karakteristikama tla.

U tom smislu, ovim poglavljem se daje osvrt na geotehničke istražne radove i pripadne podatke o tlu uz usmjeravanje korisnika ove norme na niz odgovarajućih eurokodova koji dodatno definiraju zahtjeve na materijal za temelje, karakteristike tla i međusobnu interakciju temelja i tla, te nadzor nad izvođenjem radova i ispitivanjem temelja.

U devetom poglavlju pod nazivom Vodiči i zaštitna užad („Conductors and earth-wires“) date su upute za proračun, odabir i ispitivanje vodiča i zaštitne užadi u svrhu ispunjenja električkih, mehaničkih i telekomunikacijskih karakteristika.

Normom je obuhvaćena užad na bazi aluminija, alučelična i čelična, te bakrena užad, kao i sva užad koja se primjenjuje za vodiče i zaštitnu užad na nadzemnim vodovima, a sadrži svjetlovodne niti (OPCON i OPGW). U normi se navodi velik broj povezanih norma koje se odnose na materijale za proizvodnju žica i užadi za nadzemne vodove, njihove karakteristike i potrebna ispitivanja, te načine zaštite od električkog i mehaničkog oštećenja tijekom primjene užadi, kao i zaštite od moguće pojave eolskih vibracija.

Pored navedenog dane su i preporuke za uvažavanje svih predvidivih slučajeva djelovanja na užad koji mogu utjecati na propisane vrijednosti razmaka i udaljenosti, kao i dopuštena mehanička opterećenja.

Osobitu pažnju treba posvetiti proračunu provjesa i naprežanja užadi kako bi se uzeli u obzir svi predvidivi ulazni parametri, kao i inicijalno stanje vodiča tijekom montaže i konačno stanje nakon određenog perioda u pogonu (npr. 10 ili 30 godina) i na taj način osigurali propisane sigurnosne visine i udaljenosti tijekom životnog vijeka nadzemnog voda. Autor norme također upućuje na tehničku brošuru CIGRE 324 [7] koja detaljno opisuje ovu problematiku i daje preporuke za provedbu ovih proračuna.

Osim na neizolirane vodiče, norma se primjenjuje i na izolirane vodiče, kao i nadzemne kabele od 1 kV do uključivo 45 kV nazivnog naponskog nivoa.

U desetom poglavlju pod nazivom Izolatori („Insulators“) date su upute za proračun, odabir i ispitivanje izolatora u svrhu ispunjenja električkih i mehaničkih zahtjeva sukladno zadanim parametrima nadzemnog voda. Normom su obuhvaćeni kapasti, štapni i potporni izolatori izrađeni od stakla, porculana ili kompozitnih materijala.

Norma ukazuje na potrebu dimenzioniranja i odabira izolatora na način da isti trebaju očuvati svoje karakteristike i ispunjavati tražene zahtjeve u svim očekivanim klimatskim uvjetima i uz predviđeni nivo atmosferskog zagađenja. Pored navedenog, izolator treba ispuniti tražene uvjete vezane i uz radio interferenciju, pojavu korone, zagrijavanje uslijed električkog luka, pojavu buke i zaštitu od korozije.

Osnovnom normom nije preporučeno parcijalni faktor materijala nego je isto potrebno definirati kroz NNA ili tehničke specifikacije konkretnog projekta. U suprotnom je potrebno uskladiti parcijalni faktor materijala za izolatore sa parcijalnim faktorom pribora za nadzemne vodove u poglavlju 11.

U jedanaestom poglavlju pod nazivom Pribor nadzemnih vodova („Hardware“) velike poteškoće je u samom početku predstavljao prijevod originalnog naziva na hrvatski jezik jer uvriježena terminologija „ovjesna i spojna oprema“, „fitinzi“ i sl., ne obuhvaća sve što podrazumijeva naziv „hardware“, međutim uvažavajući pomalo zaboravljen termin „pribor“ naveden u Pravilniku odlučeno je da se isto prevede kao „pribor nadzemnih vodova“.

U ovom poglavlju date su upute za proračun, odabir i ispitivanje pribora u svrhu ispunjenja električkih i mehaničkih zahtjeva sukladno zadanim parametrima nadzemnog voda.

U električkom smislu pribor treba ispuniti zahtjeve na očekivane iznose struja (i posljedično zagrijavanje), radio interferenciju i pojavu korone, magnetske gubitke, struju kratkog spoja i zahtjeve vezane uz električni luk. Treba napomenuti da elementi za zaštitu izolatora od električnog luka (zaštitni prstenovi, reketi i sl.) i elementi za optimizaciju raspodjele električnog polja na izolatorskom lancu u pravilu nisu nužni na nadzemnim vodovima do uključivo 45 kV.

U mehaničkom smislu postavljeni su zahtjevi na minimalnu prekidnu silu pribora, kao i na karakteristike materijala, zaštitu od korozije i standardne dimenzije. Zadani parcijalni faktor za materijal predstavlja samo preporuku koju je moguće izmijeniti kroz NNA, ali u pravilu ne preporuča se manja

vrijednost. Norma predviđa standardna ispitivanja i naveden je niz norma koje su vezane uz ovu problematiku.

U dvanaestom poglavlju pod nazivom Osiguranje kvalitete, provjere i preuzimanja („Quality assurance, checks and taking-over“) date su upute za kontrolu kvalitete tijekom projektiranja, proizvodnje i izgradnje nadzemnih vodova sukladno EN ISO 9001. Sustav i procedure praćenja kvalitete trebaju biti unaprijed definirane kroz „Plan kvalitete“ (quality plan) koji je u konačnici sadržan u cjelovitom planu izvođenja projekta.

Treba napomenuti da normom predviđeni zahtjevi predstavljaju minimalne tehničke uvjete, a da Tehničkim specifikacijama mogu biti zadane strože vrijednosti, odnosno definirane vrijednosti koje nisu definirane osnovnom normom.

3. NACIONALNI NORMATIVNI ASPEKTI NORME HRN EN 50341-1: 2013

Zadnji dokument (Pravilnik, standard, norma) koji daje pravila i smjernice za projektiranje i izgradnju nadzemnih vodova izrađen je davne 1973. godine, a u međuvremenu je doživio samo neznatne izmjene i dopune 1988. godine, te je i danas još uvijek na snazi i predstavlja važeći normativni dokument u Republici Hrvatskoj.

Premda je norma HRN EN 50341-1: 2013 prihvaćena i objavljena 2013. godine, ista još nije u primjeni u Republici Hrvatskoj jer nema odgovarajući nacionalni normativni dodatak i svega mali broj projekatana posjeduje iskustvo u njezinoj primjeni izvan granica RH. Kako bi sagledali utjecaj ove norme na projektiranje, izgradnju i održavanje nadzemnih vodova, provedena je cjelovita i detaljna analiza osnovne norme i dostupnih NNA drugih zemalja i uz uvažavanje važećeg Pravilnika izrađen je prijedlog NNA za Republiku Hrvatsku, u ovom radu donosimo samo osnovne značajke.

U uvodnom dijelu ovog rada spomenuti su geografski položaj, konfiguracija i karakteristike terena kao jedan osnovnih razloga za izradu nacionalnih normativnih aspekata. Kako su uz njih usko povezani klimatski parametri, koji predstavljaju osnovu za projektiranje nadzemnih vodova, u nastavku je dat osvrt na dostupne klimatske podatke i način njihove primjene i izračuna djelovanja na nadzemni vod prema prijedlogu NNA za Republiku Hrvatsku, kao i na još neke specifičnosti prijedloga NNA.

3.1. Područje primjene

Osim za nove nadzemne vodove, nacionalnim normativnim aspektom za Republiku Hrvatsku predviđeno je da zahvati koji podrazumijevaju ugradnju nove nosive konstrukcije (novi stupovi) na novim temeljima unutar trase postojećeg nadzemnog voda, budu predmet primjene ove norme isključivo na novu konstrukciju i temelje.

Ova norma je primjenjiva i na ADSS (All Dielectric Self Supporting) kabele, ali samo u pogledu njihovog utjecaja na statička opterećenja novih stupova, te zahtjeva kod sigurnosnih razmaka prema drugim nadzemnim elektroenergetskim ili telekomunikacijskim vodovima (u skladu sa 5.9.6.).

Ova norma se ne primjenjuje za sve nadzemne vodove izmjenične struje nazivne naponske razine iznad 1 kV za koje je izrada glavnog projekta započela prije stupanja na snagu iste.

Na zahvate na postojećim nadzemnim vodovima primjenjuju se Pravilnici/norme/standardi/ koji su bili na snazi u trenutku projektiranja i izgradnje predmetnog objekta, odnosno izdavanja građevinske dozvole.

3.2. Vjetar

Već dugi niz godina postoji karta osnovne brzine vjetra za Republiku Hrvatsku koju je izradio Državni hidrometeorološki zavod (DHMZ) 2012. godine za potrebe Hrvatskog zavoda za norme (HZN/TO 548 Konstrukcijski eurokodovi).

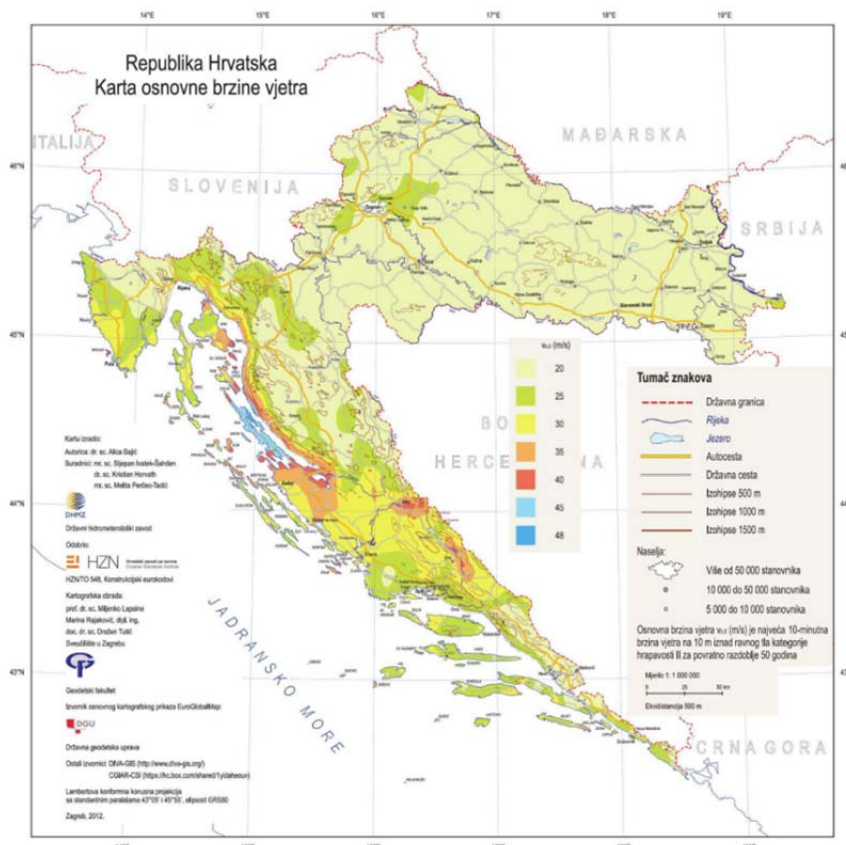
U nastavku je prikazana predmetna karta vjetra koja je sadržana u hrvatskom nacionalnom dodatku HRN EN 1991-1-4:2012/NA:2012, a prikazuje najveću 10-minutnu brzinu vjetra na visini od 10 m iznad ravnog tla kategorije terena II za povratno razdoblje od 50 godina, što sukladno osnovnoj normi

HRN EN 50341-1: 2013 predstavlja upravo traženu osnovnu brzinu vjetra za daljnje proračune djelovanja vjetra na komponente nadzemnog voda (Slika 1.).

Treba napomenuti da tako definirani podaci za povratni period od 50 godina, primjenom odgovarajućih faktora (Annex B, tablica B.1) se mogu preračunati na iznos koji odgovara bilo kojem drugom povratnom periodu (3, 150, 500 godina).

Naime, prema prijedlogu NNA za Republiku Hrvatsku odabrana je primjena razine pouzdanosti 3 koja predstavlja povratni period klimatskih djelovanja od 500 godina.

Osnovna razlika u primjeni opterećenja od vjetra u odnosu na dosadašnju praksu projektiranja odnosi se na promjenu/povećanje brzine vjetra s visinom (posljedično i tlaka vjetra) dok je dosadašnje djelovanje vjetra promatrano kroz konstantan tlak vjetra na komponente nadzemnog do visine od 40 m iznad tla, a povećanje tlaka predviđeno je samo za komponente iznad 40 m visine.



Slika 1. Karta osnovne brzine vjetra

Analizirajući iznos sile vjetra za kartom propisane brzine vjetra i normom predviđene formule, uz primjenu pripadnih koeficijenata (faktor smjera vjetra, kategorija terena, faktor orografije, konstrukcijski faktor i koeficijent otpora zraka) može se zaključiti da dobiveni iznosi sila uglavnom ne odstupaju značajno od do sada primjenjivanih iznosa tlaka vjetra, osim u području koje je podložno djelovanju bure.

Naime, za specifična područja sa izrazito jakim udarima vjetra kao što su Krk, Maslenica, Pag, Makarska i sl., mjerenja su pokazala da maksimalna brzina, odnosno udari vjetra su u pravilu oko 2.5, pa čak i do 3, puta veći od srednje 10-minutne brzine vjetra, odnosno da bura posjeduje izražen intenzitet turbulencije pa se preporuča ovu pojavu dodatno uzeti u obzir pri izračunu djelovanja vjetra na komponente nadzemnog voda. Ovu pojavu predviđeno je uvažiti primjenom kategorije terena 0 ili I, za razliku od standardne primjene kategorije terena II.

Dodatno je za nadzemne vodove nazivne naponske razine do 45 kV s maksimalnom visinom do 20 m, predviđena primjena konstantne srednje brzine vjetra v_h (h) izračunate pri visini od 10 m iznad tla, osim ako nije drugačije navedeno u Projektom zadatku.

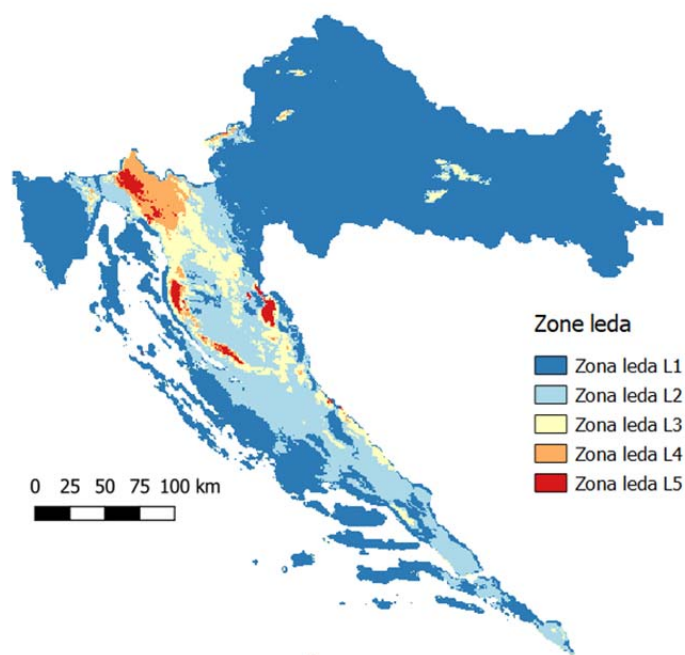
3.3. Opterećenje od leda

Opterećenja od leda ovise u pravilu o zemljopisnom položaju nadzemnog voda, ali i atmosferskim uvjetima u trenutku pojave zaleđivanja. U svrhu određivanja opterećenja od leda, teritorij Republike Hrvatske podijeljen je na odgovarajuće zone leda prikazane na slici 2 za koje su definirani odgovarajući koeficijenti opterećenja od leda k_{ice} prema Tablici I. Karta zona leda je temeljena na dugogodišnjem iskustvu u korištenju i održavanju nadzemnih vodova, kao i analizi Državnog hidrometeorološkog zavoda.

Dosadašnja praksa izračuna opterećenja ledom bazira se na empirijskoj jednadžbi čija je jedina varijabla promjer užeta, a iskustveno su odabrani dodatni koeficijenti ovisni o geografskom području kojima se uvećava osnovni iznos opterećenja ledom.

Detaljnou analizom dostupnih podataka o zaleđivanju, kao i havarijama na nadzemnim vodovima ali i uočenim štetama na drugim objektima, DHMZ je razradio 6 različitih scenarija i za potrebe izrade ovog NNA odabrao onaj koji optimalno opisuje dugogodišnju praksu projektiranja nadzemnih vodova, a istodobno uvažava uočene havarije što dokazuje da se na nekim područjima stvarno stanje razlikuje od parametara korištenih za projektiranje.

U nastavku je prikazana buduća karta leda koja će biti dostupna kod HZN-a u digitalnom obliku za potrebe odabira odgovarajućeg koeficijenta opterećenja od leda (Slika 2.).



Slika 2. Karta zona leda za Republiku Hrvatsku

Na osnovi tako definirane karte, kao i dosadašnje pozitivne prakse, odabrani su koeficijenti opterećenja prikazani u tablici 1 koji odgovaraju onima prema Pravilniku, pri čemu je dodan jedan novi koeficijent u iznosu 6.0 kojim bi se u specifičnim mikroklimatskim područjima, u kojima se tijekom godina uočila povremena pojava iznad-prosječnih količina snijega i leda, i posljedično havarija na nadzemnim vodovima, nastojalo projektne parametre približiti stvarno očekivanim uvjetima.

Tablica I. Koeficijenti opterećenja od leda

Zona leda	Koeficijenti opterećenja od leda k_{ice}
L1	1,0
L2	1,6
L3	2,5

L4	4,0
L5	6,0

Projektnim zadatkom mogu biti zahtijevane veće vrijednosti od propisanih u Tablici I. Kao i za vjetar, prema prijedlogu NNA za Republiku Hrvatsku za opterećenja ledom odabrana je primjena razine pouzdanosti 3 koja predstavlja povratni period klimatskih djelovanja od 500 godina.

3.4. Istovremeno djelovanje od vjetra i leda

Za razliku od Pravilnika, predmetna norma i NNA predviđaju primjenu istovremenog djelovanja od vjetra i leda na komponente nadzemnog voda. No važno je napomenuti da norma dopušta odgovarajuće iznimke pa tako za nadzemne vodove nazivne naponske razine do 45 kV u zoni leda L1 istovremena djelovanja vjetra i leda se ne razmatraju, osim ako Projektnim zadatkom nije drugačije zadano.

3.5. Sigurnosni razmaci i sigurnosne udaljenosti

Kako bi bili osigurani minimalni zračni razmaci kojima se sprečava pojava preskoka između dijelova pod naponom, odnosno dijelova pod naponom i uzemljenih dijelova, provodi se kontrola sigurnosnih razmaka kao i prema Pravilniku, pri temperaturi vodiča od +40 °C za proračun sigurnosnih razmaka između užadi u rasponu i na stupu („internal clearances“).

Za proračun sigurnosnih udaljenosti prema tlu i ostalim objektima („external clearances“) primjenjuje maksimalna temperatura vodiča (80 °C za užad AL1, AL3, AL1/ST1A i AL3/ST1A, 80°C za Fe užad, 70°C za Cu užad, a za visokotemperaturne vodiče sukladno specifikacijama proizvođača).

S obzirom na dosadašnju pozitivnu praksu, jednadžba za proračun sigurnosnih razmaka, koja uzima u obzir provjes užeta i njihov međusobni položaj, je zadržana sukladno Pravilniku.

3.6. Stupovi i temelji

Zbog znatno većeg broja slučajeva opterećenja i kombinacija pojedinih klimatskih parametara, kao i primjene koncepta graničnih stanja, uvažavajući kvalitetu materijala i programske pakete koji omogućavaju detaljnu kontrolu svakog elementa konstrukcije stupa, provedena je detaljna statička kontrola velikog broja tipova stupova iz čega je zaključeno da će primjena nove norme i pripadnog NNA utjecati na postojeće stupove pri čemu će biti potrebno pojačati pojedine elemente, ali će se istodobno neki elementi moći reducirati te u tom smislu nije moguće jednoznačno tvrditi o potrebi pojačanja stupova i pripadnih temelja već će isto ovisiti o konkretnim ulaznim klimatskim i drugim tehničkim parametrima.

Normom je predviđeno da je potrebno za sve nove stupove nadzemnih vodova iznad 45 kV ugraditi sustav kojim se omogućava sigurno penjanje na stup. Takve sustave mogu sačinjavati ljestve, penjalice ili neki drugi primjereni elementi.

3.7. Vodiči i zaštitna užad

Prijedlog NNA definira najvišu temperaturu užeta pri normalnoj (pogonskoj) struji od 80 °C za užad na bazi AL1, AL3, AL1/ST1A i AL3/ST1A i za čeličnu užad, dok je za užad izrađenu od bakra ili bakrene legure pri normalnoj (pogonskoj) struji najviša dopuštena temperatura užeta 70 °C.

Međutim, normom je, za razliku od Pravilnika, obuhvaćena i užad izrađena od materijala visoke temperaturne otpornosti (visokotemperaturni vodiči – „HTLS“) za koje je dopuštena temperatura viša od 80 °C, a u slučaju njihove primjene potrebno je slijediti specifikacije proizvođača.

Normom je definirana i najveća dopuštena horizontalna sila užeta u iznosu od 20% računске prekidne sile užeta (RTS) pri srednjoj dnevnoj temperaturi. Kada se primjenjuju mjere zaštite od eolskih vibracija, horizontalna sila užeta može biti veća od prethodno definirane vrijednosti, i to do najviše 25 % računске prekidne sile užeta (RTS).

3.8. Izolatori i pribor

S obzirom na dosadašnju pozitivnu praksu, prijedlog NNA definira četiri zone onečišćenja za koje navedeni iznosi minimalne specifične nazivne strujne staze odgovaraju onima u Pravilniku. Međutim, uvažavajući specifična priobalna područja koja su pod utjecajem jakih vjetrova podložna taloženju soli na komponentama nadzemnih vodova (posolica i sl.), kao i za ostala područja sa izrazito zagađenom atmosferom, dopušta se definiranje većih vrijednosti specifične nazivne strujne staze kroz Projektni zadatak.

Izolatori, bilo pojedinačno ili u izolatorskom lancu, na nadzemnim vodovima nazivne naponske razine iznad 45 kV, trebaju biti opremljeni zaštitnim armaturama radi otpornosti na kratkospojni električni luk pri čemu armature moraju očuvati svoja svojstva pri pojavi očekivanih iznosa struja. Iznimku za opremanje zaštitnim armaturama čine potporni izolatori na prijelazu nadzemnog voda u kabel.

Štapni izolatori, u primjeni na nadzemnim vodovima nazivnog napona ≤ 45 kV, u sustavu bez ili s djelomičnom kompenzacijom struje zemljospoja, trebaju biti opremljeni zaštitnim armaturama, osim ako drugačije nije definirano Projektnim zadatkom.

Svi tipovi izolatora za ugradnju na nadzemnim vodovima, bez obzira na nazivnu naponsku razinu, podliježu provedbi standardnih tipskih ispitivanja, a rezultati tipskih ispitivanja trebaju biti dokumentirani u izvještajima o provedenim tipskim ispitivanjima (certifikatima) izdanim od strane akreditirane organizacije, ustanove i/ili ispitnog laboratorija.

4. ZAKLJUČAK

Važeći Pravilnik, koji je izrađen prije više od 30 godina i odraz je tadašnjeg stanja tehnologije i dostupnih ulaznih podataka, nužno je zamijeniti odgovarajućom normom koja prati razvoj tehnike u svrhu unaprjeđenja kvalitete proizvoda i usluga u cjelini. U tom smislu, primjena norme HRN EN 50341-1:2013 svakako predstavlja napredak u odnosu na dosadašnju praksu. S obzirom na specifičnosti projektiranja i gradnje nadzemnih vodova, dopušteno je da svaka zemlja članica kroz NNA u pravilu nastoji implementirati stečena pozitivna iskustava kroz dugogodišnju praksu, važeću regulativu i klimatske posebnosti.

Primjena norme omogućit će usklađivanje procesa projektiranja nadzemnih vodova sa aktualnim klimatskim parametrima i važećom regulativom u području građevinarstva (eurokodovi).

Prijedlog teksta budućeg NNA za Republiku Hrvatsku zasniva se na postojećoj regulativi (Pravilnik), iskustvima stečenim tijekom projektiranja, gradnje i održavanja te detaljnoj analizi svih dostupnih dokumenata i učincima istih na dosadašnju praksu projektiranja, a isti je još uvijek podložan izmjenama. Naime, nakon izrade konačnog prijedloga teksta NNA od strane HZN-a te odobrenja istog od CENELEC-a, norma će biti proglašena obveznom za nove vodove, kao i eventualno posebne slučajeve rekonstrukcije postojećih vodova, a kroz Projektni zadatak biti će dopušteno definiranje strožih uvjeta od normom predviđenih.

5. LITERATURA

- [1] HRN EN 50341-1:2013 Nadzemni električni vodovi izmjenične struje iznad 1 kV – 1. dio: Opći zahtjevi – Uobičajene specifikacije (EN 50341-1:2012), Hrvatski zavod za norme, Zagreb, 2013
- [2] Pravilnik o tehničkim normativima za izgradnju nadzemnih elektroenergetskih vodova napona 1 kV do 400 kV" (Sl. list br. 65/88), Savezni zavod za standardizaciju, Beograd, 1988,
- [3] Znanstveno-tehnička analiza s izradom tehničkih podloga za usklađivanje prakse projektiranja, izgradnje i održavanja nadzemnih vodova iznad 1 kV u Republici Hrvatskoj s normativnom praksom Europske unije, studija, EIHP i Dalekovod-Projekt, Zagreb, 2019
- [4] HRN EN 1991-1-4:2012/NA:2012 Eurokod 1: Djelovanja na konstrukcije -- Dio 1-4: Opća djelovanja -- Djelovanja vjetra -- Nacionalni dodatak, Hrvatski zavod za norme, Zagreb, 2012
- [5] HRN EN 1991-1-5:2012/NA:2012 Eurokod 1: Djelovanja na konstrukcije -- Dio 1-5: Opća djelovanja -- Toplinska djelovanja -- Nacionalni dodatak, Hrvatski zavod za norme, Zagreb, 2012
- [6] Melita Perčec Tadić, Renata Sokol Jurković: Karta koeficijenta dodatnog tereta od leda za potrebe izrade nacionalnog dodatke norme HRN EN 50341-1:2013, DHMZ, Zagreb, 2019
- [7] Sag - Tension calculation methods for overhead lines, CIGRE Technical Brochure No. 324