

DALEKOVOD I OKOLIŠ

Antun Fišer - Predrag Helman, Zagreb

UDK 621.315.1:577.5
PREGLEDNI ČLANAK

Na višem ekonomskom i urbanizacijskom stupnju življenja društvena zajednica zahtijeva u urbaniziranim područjima, uz obale mora i jezera, u parkovima prirode, kroz šume i polja kao i u svim drugim prostorima, da dalekovodi budu položeni i izgrađeni u suglasju s okolišem.

U referatu se autori osvrću na kriterije uklapanja u okoliš, našu prateću zakonsku regulativu, te na odabir trasa, projektiranje i izgradnju dalekovoda.

Ključne riječi: dalekovod, okoliš, utjecaj.

1. UVOD

Naglašeni problemi izbora trasa i osiguranja potrebnih suglasnosti za građenje dalekovoda rezultirali su, u posljednjih dvadesetak godina posebnim interesom za kompleksnije rješavanje pitanja utjecaja dalekovoda na okoliš.

Ovisno o važnosti dalekovoda, specifičnim prilikama okoliša, delikatnosti pojedinih problema i problematike približavanja ili prijelaza postojećim i planiranim objektima, pod pojmom uklapanja dalekovoda u okoliš u principu se podrazumijeva rješavanje problematike optimalne trase dalekovoda u smislu usuglašavanja iste s postojećim i planiranim objektima kao i ostalim prije svega proizvodnim vrijednostima prostora.

Uklapanje dalekovoda u okoliš u pravilu se svodi na rješavanje slijedećih problema:

- prostorni
- vizualni
- električki
- izgradnja i održavanje.

2. ZAUZIMANJE PROSTORA

2.1. Problematika osiguranja koridora

Prostorno planiranje jedinstveni je sustav društvenog planiranja kojim se usmjerava razmještaj građevina i osigurava usklađivanje svih funkcija u prostoru, radi ostvarivanja ciljeva i interesa društveno-ekonomskog razvoja određenog područja. U sklopu izrada prostornih planova promatranog područja sagledava se i problematika elektroenergetskih potreba, a time i konkretno potreba odgovarajućih koridora za dalekovode.

Sama problematika planiranja i osiguranja dalekovodnih koridora, u kompleksu rješavanja konkretnog plana, često je neobično komplicirana, zahtijeva usklađenje s nizom drugih objekata, pa se realno u praksi može dogoditi da se dalekovode često stavlja u drugi plan, katkada računajući na mogućnost fleksibilnijeg rješenja trasa dalekovoda nego npr. željeznica, cesta, vodoprivrednih objekata i sl. Nepravodobno i nestručno sagledavanje niza elemenata, vezanih uz izbor trasa dalekovoda, odnosno koridora dalekovoda, može imati nesagledive posljedice kod kasnijih radova na projektiranju i realizaciji izgradnje dalekovoda.

Problematika vezana uz potrebu osiguranja koridora u praksi se u osnovi javlja u slijedećim slučajevima:

- Ukazala se potreba projektiranja i izgradnje dalekovoda, za koji urbanističkim planom nije predviđen odgovarajući energetska koridor.
- Elektroprivredna organizacija planira izgradnju objekata te sagledavajući probleme osiguranja trasa utvrđuje koridore i lokacije za postrojenja i iste osigurava kod nadležnog urbanističkog organa. Ovakav slučaj često je javlja prilikom projektiranja i izgradnje jednog dalekovoda uz čiju se trasu u narednom periodu planira izgraditi i druge dalekovode i postrojenja.
- Razrađuje se generalni ili provedbeni urbanistički plan određenog područja ili regije te se u sklopu njega rješava i pitanje postojećih i budućih koridora za elektroenergetske vodove i postrojenja.

U svakom od navedenih slučajeva osnovna svrha je osigurati odgovarajući koridor unutar kojeg se može izgraditi dalekovod i postrojenje, odnosno da se postojeći i planirani objekti uz koridor i u koridoru nalaze na propisanim udaljenostima ili se na propisani način mogu prijeći.

U osnovi izbor i osiguranje koridora svodi se na izbor optimalne trase uz koju sa svake strane treba postojati pojas odgovarajuće širine u kojem se u pravilu ne smiju graditi drugi objekti, odnosno može se dozvoliti izgradnja pojedinih objekata, pod određenim uvjetima koji ovise o vrsti, tipu, obliku i lokaciji objekta za što se mora ishoditi odgovarajuća suglasnost od nadležne elektroprivredne organizacije.

2.1.1. Širina koridora

Širina koridora dalekovoda ovisi o širini dalekovoda (udaljenost između vanjskih vodiča) te o objektima kojima se približuje, prelazi ih ili je s njima paralelan.

Uobičajena udaljenost između vanjskih vodiča kod 110 kV dalekovoda iznosi od približno 6,0 m na stupovima oblika "jela" (za jedan sustav vodiča) do oko 10 m na stupovima oblika "bačva" (predviđenim za montažu dvaju sustava vodiča).

Budući da je relativno mala razlika između stupova za jednu ili dvije trojke, u praksi se prilikom planiranja koridora za buduće 110 kV dalekovode u osnovi ne vodi računa o vrsti stupa i voda, već se ocjenjuje da je ukupna širina koridora od približno 50 m sasvim dovoljna da bi se moglo položiti trasu dalekovoda. Ovakova širina koridora najčešće je sasvim dovoljna da se zadovolje propisima određeni nepovoljni uvjeti i u slučaju rušenja stabala prema dalekovodu.

Dakako, da se navedena širina koridora od 50 m predviđa za polaganje jednog voda, dok se kod potrebe polaganja dvaju ili više vodova u zajedničkom koridoru ukupna širina koridora, ovisno o vrstama planiranih vodova, po vodu može smanjiti.

Navedene širine koridora u stvari predstavljaju plansko osiguranje koridora unutar kojeg će se kasnije moći nesmetano projektirati i izgraditi dalekovod, odnosno da se ostavi mogućnost manjih pomaka trase unutar koridora radi postizanja optimalne izvedbe trase dalekovoda.

U svezi osiguranja koridora za dvostruke vodove, pa i jednostruke ako su u istom koridoru s vodom višeg ili nižeg naponskog nivoa, treba ukazati na neracionalnost iskorištenja koridora u takvim slučajevima.

Uobičajeno je u stručnoj literaturi da se efikasnost iskorištenja koridora definira kao:

$$\text{iskoristivost koridora} = \frac{\text{snaga prijenosa}}{\text{širina koridora}} \quad [\text{MVA} / \text{m}].$$

Indeks iskoristivosti koridora jednostrukog 110 kV voda je nizak i iznosi u boljem slučaju 1-2 MVA/m. Samo radi usporedbe 400 kV vodovi imaju 15 do 20 puta veću iskoristivost koridora.

Iskoristivost koridora dvaju paralelnih 110 kV vodova ostat će gotovo na istoj razini, dok bi se rješenjem s jednim dvosustavnim vodom indeks praktično mogao udvostručiti.

Iz ovog pojednostavnjenog prikaza moglo bi se ukazati da bi se praksa građenja paralelnih dalekovoda u istom koridoru, ukoliko za to ne postoje posebni razlozi, tre-

bala napustiti i prijeći na koncepciju građenja višesustavnih vodova. Time se dobije efikasno iskorištenje dragocjenog prostora u koridoru trase voda. Međutim, to zahtijeva znatno organiziraniji pristup planiranju i razradi prijenosne i distributivne mreže, te usklađivanje samo naizgled suprotnih interesa pojedinih prijenosnih i distribucijskih organizacija.

Gradnja višesustavnih vodova s trojkama istog ili različitog naponskog nivoa odavno ne predstavlja nikakav problem u građenju, a niti u održavanju.

Često puta dalekovod mora proći kroz područje gdje je zbog terenskih prilika potrebno suziti koridor na najmanju moguću mjeru i pri tom zadovoljiti propise. Najčešće je to slučaj s prolazima kroz naseljena područja gdje iz određenih razloga postoji slobodan prolaz između kuća. U takvim slučajevima jasno je da se ne ide za osiguranjem koridora navedenih širina, već se traži zadovoljenje minimalnih propisanih razmaka i udaljenosti, pa čak uvažavajući pozitivna svjetska iskustva i uz suglasnost nadležnih ustanova, poduzeća i inspektorata, uz odgovarajuće ekonomske i tehničke analize, treba prihvatiti atipična rješenja, koja su rezultat realnosti mogućih prijelaza i približavanja.

2.1.2. Osiguranje koridora

Da bi se moglo izvršiti osiguranje koridora za dalekovod potrebno je istog uskladiti s ostalim susjednim postojećim i poznatim planiranim objektima, te ukoliko se ne radi o rješavanju generalnog ili provedbenog urbanističkog plana, potrebno je da za isti investitor zatraži i dobije lokacijsku dozvolu.

Izdavanje lokacijske dozvole određeno je Zakonom o prostornom uređenju. Lokacijska dozvola uz navedene tehničke podatke o građevini - dalekovodu (oblik, veličina, smještaj u prostoru) određuje i način sprječavanja nepovoljnog utjecaja građevine na okoliš. Zakon o zaštiti okoliša predviđa za obavljanje stručnih poslova zaštite okoliša i izradu studije utjecaja na okoliš. Prema "popisu zahvata" osnovom ovog Zakona, procjena utjecaja na okoliš - studija potrebna je za energetske građevine, dalekovode napona 110 kV ako su dio prijenosnog sustava, te za dalekovode napona 220 kV i više. Studija je u tim slučajevima uvjet za izdavanje lokacijske dozvole.

Pri realizaciji projekta dalekovoda uz navedene Zakone, Zakon o građenju određuje da glavni projekt dalekovoda uz lokacijsku dozvolu, posebne uvjete i ostale priloge sadrži i projekt uređenja okoliša. Navedena regulativa u najkraćem obliku ukazuje na svu kompleksnost osiguranja koridora za dalekovode kao specifične građevine u prostoru.

2.2. Utjecaj približavanja i prelaženja preko drugih objekata

Važeći propisi za dimenzioniranje dalekovoda ne određuju u potpunosti sve moguće varijante i pojave odnosa "dalekovod-neki drugi objekt", što je i za očeki-

vati, pa najčešće treba direktnom suradnjom projektanta i investitora s vlasnikom ili korisnikom objekta doći do zadovoljavajućih rješenja. Ta rješenja ili uvjeti, različiti za specifične objekte, proizlaze iz internih pravilnika ili propisa vlasnika objekta, nužne prakse ili posebnih uvjeta i želja.

Ovom prigodom ne bi ulazili u razjašnjavanja pojedinih karakterističnih slučajeva prijelaza i približavanja, nego navodimo samo neke od mjera.

Pri prijelazu nadzemnog voda preko različitih objekata Pravilnik za izgradnju nadzemnih vodova traži određene mjere koje treba poduzeti radi povećanja sigurnosti bilo objekta koji se prelazi, bilo voda. Opseg tih mjera propisan je u skladu s važnošću objekta te vjerojatnosti i veličini opasnosti.

Detaljni podaci o uvjetima prijelaza u čl. 96-224. Pravilnika za dimenzioniranje dalekovoda (preuzeti od Sl. list br. 65/88), pri čemu se sigurnosne mjere koje se prema propisima moraju primijeniti u različitim slučajevima, u pravilu odnose na:

- potpunu zabranu prijelaza
- održavanje određenih sigurnosnih visina i sigurnosnih udaljenosti u normalnim prilikama
- održavanje minimalnih sigurnosnih visina i u slučaju nejednakog otpadanja leda
- pojačana električna sigurnost izolacije i zaštita izolatora od preskoka
- pojačana mehanička sigurnost izolacije
- smanjenje naprezanja vodiča i zaštitnog užeta
- računanje izuzetnoga dopuštenog naprezanja u ovjesištu pod pretpostavkom povećanoga izuzetnog dodatnog tereta vodiča i zaštitnog užeta
- ograničenje minimalnih presjeka vodiča i zabrana primjene žica
- ograničenje kuta prijelaza
- zabrana nastavljanja vodiča i zaštitne užadi
- zabrana primjene iskočnih stezaljki
- ograničenje broja nosivih stupova u prijelaznom polju
- ograničenje u upotrebi drvenih stupova, povećana sigurnost zateznih stupova prijelaznog polja.

2.3. Utjecaj na korištenje zemljišta

Jedan od najizraženijih oblika negativnog utjecaja dalekovoda na okoliš jest utjecaj na korištenje zemljišta, a ogleda se u fizičkom zauzimanju određenog prostora za stupna mjesta te pasivizaciji prostora ispod voda u smislu mogućnosti njegovog korištenja.

Da bi se jednoznačno identificirao oblik i namjena na korištenje zemljišta, u pravilu postoje slijedeće kategorije:

- šume
- poljoprivredne površine
- pašnjaci
- industrija, trgovina (skladišta)
- transport (komunikacije, cjevovodi, kanali i sl.)
- urbanizirani prostori

- zaštićena područja
- teren za sport i rekreaciju
- nenaseljena područja
- ostali tereni.

2.3.1. Šume

Kriterij izgradnje dalekovoda kroz šumske površine različit je u pojedinim zemljama. Dok je u nekim zemljama potpuno zabranjena izgradnja dalekovoda kroz šumu, u nekim zemljama se izgradnja dozvoljava, ali vodiči moraju biti na dovoljnoj sigurnosnoj visini iznad krajnje granice rasta drveća, tj. uvjetuje se izgradnja bez sječe šume. To, naravno, zahtijeva dodatne troškove zbog viših (težih) stupova i specifičnih uvjeta montaže vodiča i zaštitnog užeta.

Kod nas je gradnja dalekovoda kroz šume uglavnom vezana uz izradu šumskih prosjeka. Širina prosjeka zavisi i od visine stabala, jer prema Pravilniku za izgradnju nadzemnih elektroenergetskih vodova sigurnosna udaljenost 3 m mora za dalekovode nazivnog napona 110 kV i više biti održana i u slučaju rušenja stabala, mjereno od neotklonjenih vodiča.

Razdvajanje šumske cjeline relativno širim ogoljelim zonama uglavnom je nepovoljno za život flore i faune na tom području. Šumska gospodarstva mogu ove ogoljele površine zasaditi odgovarajućim nižim raslinjem (božićne jelke, rasadnici ukrasnog drveća, voćaka i sl.), koje uz ostalo može dati i pozitivne financijske rezultate.

S druge strane pozitivan efekt izgradnje prosjeke postiže se ukoliko su koridori potrebni za dalekovode usklađeni s prosjekama koje služe za transport drveta, sprječavanje širenja požara ili za neku drugu gospodarsku namjenu.

2.3.2. Poljoprivredne površine

Stup dalekovoda izgrađen na poljoprivrednoj površini u svakom slučaju predstavlja smetnju pri obradi zemljišta pomoću mehanizacije (priprema zemljišta, zaštita uroda i prihranjivanje, žetva ili iskop plodova i sl.), te osim toga predstavlja plodno mjesto koje može generirati nametnike i korov.

Osim iznesenog, tijekom projektiranja vodova u zoni poljoprivrednog zemljišta potrebno je voditi računa o činjenici da se poljoprivredne površine obrađuju uz pomoć nove suvremene mehanizacije koja svojim gabaritima bitno nadmašuju veličine uobičajenih cestovnih transportnih vozila.

O navedenom treba voditi računa prilikom razmještaja stupova i određivanja sigurnosne visine vodiča iznad tla. Isto tako vodiči mogu biti smetnja i prilikom zaprašivanja, odnosno tretiranja poljoprivrednih površina, bilo iz zraka ili sa zemlje.

Također je potrebno istaknuti kako se na karakterističnim metalnim objektima kao što su žičane ograde voćnjaka, žičani vinogradi, hmeljišta i sl., prostorno

smještenim u trase dalekovoda viših naponskih nivoa (220, 400 kV i sl.), uslijed djelovanja promjenjivog elektromagnetskog polja mogu inducirati naponi. Isti u pravilu mogu negativno utjecati na ljude i njihovu imovinu, međutim primjenom odgovarajućih zaštitnih mjera uzemljenja ovaj se problem, u praksi, jednostavno rješava.

2.3.3. Pašnjaci

Kao što je navedeno za vegetaciju, tako nisu primijećeni štetni utjecaji elektromagnetskog polja dalekovoda niti na stoku. U biti nema loših posljedica za korištenje pašnjaka nakon izgradnje dalekovoda. Ipak, potrebno je voditi računa o mogućnosti da neke površine pašnjaka u budućnosti mogu postati obradive površine i to valja uvažavati pri lokaciji trase, a naročito pri mikrolokaciji stupnog mjesta.

2.3.4. Gospodarski objekti, trgovine (skladišta)

Izgradnja industrijskih objekata u pravilu mijenja i često devastira prirodni okoliš, što uglavnom ovisi o karakteru objekta i proizvodnom ciklusu. Izgradnja dalekovoda u tom sklopu u pravilu ne predstavlja bitno zadiranje u prostor.

Pri projektiranju dalekovoda iznad industrijskih prostora treba uvažavati specifične tehničke zahtjeve prijelaza ili približavanja svakom pojedinom objektu u proizvodnom procesu, a imajući na umu mogućnost ugrožavanja objekta dalekovodom (požar, eksplozija itd.) ili mogućnost da objekt ugrožava dalekovod (aerogagađenja, cementna prašina, rušenje objekta, ugrožavanje temelja stupa itd.).

Prilikom izbora trase i lokacije stupnih mjesta treba voditi računa o predviđenim koridorima za ceste, o putovima transporta sirovine i ostalog materijala (kranovi, dizalice, pomične trake), o proizvodnim halama, skladištima, parkiralištima itd.

Izgrađeni dalekovod ne smije ometati daljnji razvoj industrijske zone (izgradnju novih objekata, proširenje nalazišta materijala itd.).

2.3.5. Transport

Predviđene ili realizirane koridore za transport moguće je iskoristiti i za izgradnju dalekovoda. U svijetu postoje rješenja zajedničkog koridora za cestu, željeznicu i dalekovod, pa bi poradi racionalnijeg korištenja prostora trebalo općenito elastičnije rješavati te odnose.

Uspredbom vjerojatnosti rušenja stupova dalekovoda u visini temelja i njihova padanja na cestu ili željezničku prugu, s vjerojatnosti havarija sličnih instalacija uz ceste ili željezničke pruge (stupovi javne rasvjete uz rub ceste, stupovi nosači kontaktne mreže uz željezničke pruge i sl.), moglo bi se doći do realnih udaljenosti stupova dalekovoda od tih prometnica, koje su sigurno manje od zahtijevanih današnjom praksom.

2.3.6. Urbanizirani prostori

Trase dalekovoda preko urbaniziranih prostora, u suradnji s urbanistima, treba uskladiti s generalnim i provedbenim urbanističkim planovima. Na taj način izgrađeni dalekovod neće biti smetnja za normalno odvijanje aktivnosti na tom području, niti za razvoj područja u budućnosti.

Kriterij prijelaza dalekovoda preko urbaniziranih područja, konkretnije preko stambenih ili poslovnih prostora, parkirališta, parkova, rekreacijskih terena, prometnica i sl. različit je u pojedinim zemljama.

Posebna pozornost poklanja se prijelazima dalekovoda preko stambenih zgrada, a pojedine zemlje takav prijelaz potpuno zabranjuju.

Prema preuzetom Pravilniku u pravilu treba izbjegavati fizički prijelaz dalekovoda preko stambenih zgrada, a realizaciji se pribjegava samo u izvanrednim slučajevima, ako to diktiraju sve ostale okolnosti. Prilikom projektiranja posebno se vodi računa o dovoljnim sigurnosnim visinama i udaljenostima vodiča od takvih objekata.

2.3.7. Zaštićena područja

Pod zaštićenim područjima podrazumijevaju se područja obuhvaćena nacionalnim parkovima i parkovima prirode kao i krajevima s posebnim prirodnim ljepotama.

Osim iznesenog pod navedena područja uključeni su i povijesni lokaliteti. Objekte, odnosno prolaz dalekovoda blizinom ili zonom koje isti obuhvaćaju treba izbjegavati u cijelosti, te o tome voditi računa već kod izbora i odabira najpovoljnije trase.

Ako je nužno realizirati trasu na takvom području, treba poduzeti sve mjere kojima se može umanjiti eventualni nepovoljni dojam.

2.3.8. Tereni za sport i rekreaciju

Prilikom lokacije trase dalekovoda treba nastojati izbjeći sportske i rekreacijske terene i objekte. Bez obzira na dovoljne sigurnosne visine i udaljenosti vodiča ili stupova od tih terena ili izgrađenih objekata i na to da nema smetnji od dalekovoda za odvijanje sportskih aktivnosti, ostaje prisutan nepovoljan vizualni dojam ako se dalekovod izgradi pokraj izgrađenog sportskog objekta. Međutim, veoma često su u svijetu, upravo radi racionalnijeg korištenja prostora i kupnje jeftinijeg prostora za lokaciju sportskog terena, prostor uz i ispod dalekovoda koristi za izgradnju sportskih terena, (npr. golf i sl.).

Evidentno je da treba nastojati koridore dalekovoda kroz izvedene šumske prosjeke ili urbanizirane zone opremiti i urediti za sport i rekreaciju, što u tom slučaju ostavlja povoljan dojam.

2.3.9. Nenaseljena područja

Na nenaseljenim područjima nema neposrednih štetnih posljedica prilikom izgradnje ili u pogonu daleko-

voda. Ipak, potrebno je voditi računa o prirodnim potencijalima i perspektivi razvoja tog područja, kako ne bi došlo do kasnije potrebe premještanja trase dalekovoda.

2.3.10. Ostali tereni

Uz navedene kategorije prostora, dalekovodi prelaze i "ostale terene". Njihovo nabranje u ovom tekstu ne bi imalo smisla jer su različiti po sadržaju, namjeni, uvjetima rada, specifičnim zahtjevima itd. Ovamo npr. spadaju rudnici, zone u blizini aerodroma, vojnih objekata, nacionalnih instituta, raznih poligona i sl.

U svakom slučaju pri projektiranju i izgradnji dalekovoda potrebno je uvažiti zahtjeve korisnika prostora. Sve dosada navedeno upućuje na zaključak da efekti promjene namjene zemljišta radi izgradnje dalekovoda ne moraju obvezno biti negativni, barem ne u onoj mjeri u kojoj se to najčešće pokušava prikazati.

Postoje primjeri vrlo efikasnog korištenja zemljišta u koridoru dalekovoda za druge svrhe, što je u osnovi povezano s manje krutim odnosom prema mogućim opasnostima od elektromagnetskog polja ili havarija dalekovoda. To su primjeri korištenja koridora dalekovoda za:

- pješačke i biciklističke staze
- ceste, parkirališta, garaže
- zajedničke, paralelne trase cesta, željeznica, kanala, cjevovoda (naročito na nenaseljenim terenima)
- izletničke objekte
- terene za sport i rekreaciju
- dječja igrališta i sl.

Ima primjera u svijetu da stručne službe elektroprivrede izdaju popularne upute i objašnjenja za život i rad u blizini elektroprivrednih objekata, gdje jednostavnim razumljivim tekstom i prikladnim skicama upućuju stanovništvo na određeno ponašanje pri aktivnostima u blizini visokonaponskih vodova.

3. VIZUALNI UTJECAJI

Dalekovodi zauzimaju poljoprivredne površine, ograničavaju suvremenu obradu zemljišta, rastavljaju šumske cjeline i zauzimaju slobodne koridore na urbaniziranim područjima.

U tom pogledu problem je identičan s problemima vezanim uz izgradnju svih ostalih objekata potrebnih za razvoj suvremenog društva.

Međutim, potrebno je naglasiti da u pogonu, za razliku od većine ostalih objekata, dalekovodi ne zagađuju zemlju, vodu i zrak, već se kao problem javlja određeni vizualni učinak na stanovništvo.

Kompletno rješenje vizualnog učinka nije moguće, osim primjenom podzemnih kabela, što se na višim naponima zbog neekonomičnosti koristi samo u iznimnim slučajevima.

Uz odgovarajuće uvjete mogu se odrediti odgovarajuće mjere radi smanjenja vizualnih problema, a da se pri tom cijena izgradnje dalekovoda mnogo ne poveća. Za svaki konkretni slučaj treba dakle istražiti optimalno rješenje, tj. postići najmanji vizualni učinak u skladu s interesima ostalih korisnika zemljišta, a uz minimalne troškove izgradnje.

O toj problematici, u svijetu i u nas, u zadnjih dvadesetak godina vođeno je dosta računa. Postoje brojna praktična rješenja vizualnog poboljšanja uklapanja dalekovoda u okoliš. Sva rješenja jednostavno teže cilju izgradnje što je moguće neupadljivijeg dalekovoda.

Na osnovi dosadašnjih iskustava vizualni učinak dalekovoda, uvažavajući ostale probleme i zahtjeve na trasi, može se rješavati:

- izborom trase, tj. postavljanjem trase s najboljim uklapanjem u okoliš
- prirodnim zaklanjanjem i rehabilitacijom terena
- kamuflažom
- izborom stupova i opreme.

3.1. Izbor trase

Pri izboru trase dalekovoda treba izbjegavati područja izrazitih prirodnih ljepota te arhitektonske i povijesne vrijednosti. To pretpostavlja skretanje trase s ciljem da se dalekovod što bolje vizualno uklopi u postojeći okoliš.

Skretanje trase znači produljenje voda zamišljenog između početne i krajnje točke i povećanje materijalnih troškova izgradnje, što je zapravo cijena očuvanja okoliša.

Trasu treba položiti na osnovi očevida na terenu, s temeljitim postupkom ocjenjivanja vizualnog učinka dalekovoda na promatrača na pojedinim vidikovcima, tj. dionicama i točkama uz trasu dalekovoda kao što su ceste, stambena, turistička, rekreacijska ili povijesno-spomenička područja.

Pri ocjenjivanju vizualnog učinka treba uzeti u obzir činjenicu da se taj učinak s blizinom dalekovoda povećava pa na posebno vrijednim vidikovcima trasu, ako je ikako moguće, treba udaljiti.

Ako je najpogodnija trasa teško pristupačna, pa sami pristupni putovi pojedinim udaljenim stupnim mjestima mogu stvarati loš vizualni dojam, valja razmotriti mogućnost primjene odgovarajuće druge tehnologije za gradnju i održavanje voda (helikopteri).

Sva navedena rješenja primjenljiva su u odnosu na stvarne okolnosti i situaciju na terenu. U pojedinim slučajevima rješenja mogu biti potpuno suprotna ovima, kao naprimjer u gusto naseljenim mjestima gdje je jedini izbor trase upravo uz ceste ili druge prometnice i postojeće koridore.

Predviđene korekcije i znatnija skretanja trase radi povoljnog uklapanja u okoliš u pravilu zahtijevaju primjenu zateznih stupova koji su uočljiviji i vizualno nepogodniji nego nosivi stupovi u pravcu voda.

3.2. Prirodno zaklanjanje i rehabilitacija terena

Već je spomenuto da se vizualni učinak dalekovoda može ublažiti prirodnim zaklanjanjem i rehabilitacijom terena.

Dakle, postoje praktična rješenja potvrđena u svijetu i u nas, koja treba imati na umu pri projektiranju i izgradnji voda.

Osnovno je u tom slučaju da se prosjeka kroz šumovite predjele ne izvodi i ne oblikuje bez mogućnosti zaklanjanja.

Treba nastojati da relativno duža prosjeka kroz šumu ne bude u pravcu. Potrebno je predvidjeti skretanje trase kroz eventualno lošije šumske površine, a prema mogućnostima koje pruža reljef pod šumskom površinom. Šumska prosjeka, ili trasa dalekovoda niz padinu ne smije se postaviti okomito na prometnice ili osjetljivo područje promatranja, već pod nekim kutem prema rubu prometnica (područja promatranja), kako bi se postigao prirodni zaklon prosjeka i dalekovoda.

Na mjestu križanja šumske prosjeke i prometnice u načelu treba predvidjeti kraći raspon, kako bi se dobio što niži stup. Kod toga treba paziti da stup ostane u zaklonu šume okružen netaknutim raslinjem na mjestu prijelaza, naravno uz poštivanje minimalnih sigurnosnih udaljenosti od drveća i raslinja.

Uopće, sve se više zastupa mišljenje i sugerira da drveće i raslinje koje okružuje stupno mjesto ostane netaknuto što je moguće dalje od stupa, kako bi se načinio prirodni zaklon na mjestima gdje su vodiči na svojoj najvećoj visini.

U nastavku takvog razmišljanja nameće se kao obveza potpuno očuvanje šumskih površina u rasponima prijelaza udolina i kanjona kada postoji dovoljna sigurnosna visina između vodiča dalekovoda i krajnje linije raslinja.

Valja napomenuti da navedene mjere predstavljaju otežavanje gradnje, a naročito razvlačenja užadi, što međutim ne bi smjelo biti razlogom jednostavnog prelaženja preko problema uklapanja dalekovoda u okoliš, odnosno očuvanja okoliša.

Nakon što je vod izgrađen i pušten u pogon, bez obzira na poduzete mjere prirodnog zaklona prosjeke, ostaje problem ogoljelog zemljišta ispod i u blizini voda, što stvara vrlo nepovoljni vizualni dojam. Stoga treba nastojati da se te površine što prije zasade odgovarajućim raslinjem. U okviru uređenja terena ispod voda svakako treba s trase odstraniti višak grubog iskopa ili betona, što onemogućuje rast trave i ostale vegetacije.

Pošumljivanjem određenog većeg ili manjeg područja može se umjetno ukloniti vizualni učinak dalekovoda na posebno osjetljivim terenima i vidikovcima.

3.3. Prikrivanje (kamufლაža)

Prigušenje refleksije od svijetle metalne površine vodiča, izolatora i stupa umanjuje vizualni učinak dalekovoda na promatrača. Ovo prigušenje postiže se prikrivanjem elemenata dalekovoda.

Prikrivanje nije moguće za stup koji se ocrta na horizontu, ali daje rezultat u odnosu na uočavanje pojedinih elemenata.

Prihvatljivo rješenje za metalne rešetkaste stupove je prikrivanje bojenjem. Cilj je smanjenje efekta odsjaja i kontrasta, naročito ako upotrijebljeni profili nisu okrugli. Situacija će se mijenjati prema poziciji sunca, pa iako će unutrašnjost ili dio profila biti u sjeni, cijeli stup treba obojiti istom bojom. U normalnim prilikama prihvatljiva je odgovarajuća nijansa zelene boje ili tamnozeleno boja, ali i crna boja može biti vrlo efektivna kada je pozadina crnogorično drveće ili sivosmeđa stijena. Premaz ne smije biti refleksan, mora biti otporan na atmosferske utjecaje i postojanih boja.

Odsjaj površine vodiča ili zaštitnog užeta ovisi o vremenskim prilikama i mjestu promatranja. U određenim situacijama to može biti vizualno nepogodno. Stoga se prikrivanje može uspješno riješiti primjenom obojenih užadi. U tom slučaju u pravilu se primjenjuje zelena ili crna boja užadi.

Treba napomenuti da svi metalni dijelovi opreme voda moraju biti prikriveni poradi prigušenja refleksije. Neprikriveni dijelovi još jače dolaze do izražaja na vodovima na kojima su drugi važni detalji već prikriveni.

Porculanski izolatori mogu se obojiti različitim bojama radi uklapanja u pozadinu, dok su stakleni izolatori mnogo efektivniji kada nema pozadine (nebo). Uspješan razvoj izolatora od plastičnih ili silikonskih masa, sa značajno reduciranim dimenzijama mogu također pridonijeti smanjenju vizualnog učinka voda, a izbor prikladne boje još više umanjiti uočavanje.

3.4. Izbor stupova i opreme

Izbor stupova prisutan je pri rješavanju uklapanja dalekovoda u okoliš i tom je problemu do sada posvećena puna pažnja. Postoje praktična iskustva koja upućuju na izbor najpovoljnijeg rješenja, ili pak na odbijanje nepovoljnog rješenja u određenoj kategoriji.

Čest je zahtjev za izgradnju novog dalekovoda duž trase već postojećega, i to uglavnom na minimalnom međusobnom odstojanju. U tom slučaju najpovoljnije je rješenje ako se predvide stupovi istog oblika i veličine kao na postojećem vodu.

Kao nastavak ovog problema treba spomenuti elektroenergetske koridore u kojima ima više vodova s jednostavnim ili dvosustavnim konstrukcijama različitih napona, oblika, veličina i rješenja. U tim slučajevima, a naročito na dionicama ispred transformatorskih stanica sveukupni vizualni dojam bio bi bolji da su stupovi istog oblika i veličine, locirani uredno na ujednačenim rasponima i sa sličnim provjesima užadi.

Uz iste parametre projektiranja dvosustavni stupovi su viši i uočljiviji nego npr. jednosustavni s horizontalnim rasporedom. Odabiranje nižih stupova znači kraće raspone, a to istodobno povećava ukupni broj stupova. Sve se svodi na zahtjev postizanja neuočljivosti stupa u danim okolnostima.

Dosadašnja iskustva pokazuju da projekt stupa koji teži neuočljivosti na ravnoj otvorenoj trasi može biti jednako prihvatljiv za ravne šumske terene gdje se ostvaruje dodatna prednost zaklanjanjem, tako da je nemoguće dati ispravan i jedinstven zaključak za svaki slučaj posebno, već pravilna odluka ovisi o okolnostima.

Postoje brojni oblici stupova (jednosustavi, dvosustavni, s vertikalnim ili horizontalnim rasporedom vodiča, slobodno stojeći ili sa sidrom, od čeličnih profila ili čeličnih cijevi) koji prema ispitivanju ili praktičnim iskustvima zadovoljavaju zahtjevu "neuočljivosti" na određenim specifičnim terenima.

S tim u svezi već dulje vrijeme govori se i o pojmu "estetike stupova" kao elementu uklapanja dalekovoda u okoliš.

Stup estetskog izgleda ovim je tekstom malo teže opisati u odnosu na sve elemente koji ga takvim čine. Činjenica je da se u praksi mogu vidjeti stupovi koji ostavljaju povoljan dojam svojom siluetom, proporcijama duljina konzola i širine trupa, gustoćom ispune i veličinom dijelova ispune, bojom u odnosu na okolne objekte itd., te stupovi koji izgledaju robusni, predimenzionirani, neskladni u svojim elementima koji upućuju na nedostatak dobre volje projektanta da tehničkom proizvodu da i lijepu formu.

Prema općem mišljenju na estetski izgled stupova utječe njihova ukupna visina, odnosno širina i visina pojedinih elemenata, prozirnost i oblici ispune. Ne može se dati jedinstvena uputa kako uskladiti sve navedeno, jer to ovisi o ostalim okolnostima, a svaki zahvat uzrokuje dodatne efekte.

Tko je, na primjer, visoki stup uočljiv u prostoru, no veća visina stupa znači i manji broj stupova u vidnom polju. Postoji empirijski odnos kolika, na primjer, mora biti duljina konzola za određenu širinu trupa, što opet zavisi od tipa stupa, opterećenja konstrukcije, broja sistema vodiča itd. Na prozirnost konstrukcije utječe potrebna ispuna i konstruktivna rješenja u odnosu na upotrijebljeni materijal.

Uz navedeno, na estetiku stupa utječe i simetričnost i boja konstrukcije. Veoma povoljni rezultati dobivaju se bojenjem stupova zelenom bojom, na prolazima kroz parkove, šume i turistička područja.

Izolatorski lanci na stupu mogu pridonijeti ukupnoj estetici stupa. Tako npr. stakleni izolatorski članci u određenim okolnostima djeluju na stupu povoljnije nego porculanski, dok silikonski ili kompozitivni, kao što je već navedeno svojim dimenzijama i bojom smanjuju uočavanje.

Promjena oblika i materijala stupova, u odnosu na dosada primjenjivane za visokonaponske vodove, na koje su ljudi navikli, dobila je pozitivne ocjene javnog mišljenja. Tako je dobro prihvaćena uporaba cijevnih stupova na prolazu dalekovoda kroz urbanizirane zone i naselja.

U usporedbi s čeličnorešetkastim stupovima, čelični cijevni poligonalni stupovi zauzimaju manju tlocrtnu

površinu tla, uz nešto veće mase. Takve stupove primjenjene s manjim rasponima, a koji "prate" raspoloživi koridor, cestu ili želj. prugu, s primjenom odgovarajuće oblikovanosti konzola, ili čak izolacijskih konzola sa silikonskim izolatorima, svakako je uputno predložiti za izgradnju u ili uz naselja odnosno pri ulazu u gradove. Ovi stupovi su relativno niski pa se dobro uklapaju u visinske nivoe ostalih objekata u naselju. Bojenjem površine cijevi u skladu s okolnim objektima može se izbjeći napadna uočljivost stupova. Kod nas su sve češći zahtjevi investitora za primjenu takvih stupova u navedenim okolnostima, pa je u tom smislu proširen asortiman proizvodnje.

Upotrebljavaju se i stupovi kojima su konzole od izolacijskog materijala. U tom je slučaju stezaljka za učvršćivanje vodiča na vrhu konzole i nije potrebna montaža izolatorskih lanaca, što ostavlja dojam jednostavnog rješenja i nenametljivosti u prostoru.

"Dalekovod" Zagreb je prije više od 30 godina započeo projektirati, proizvoditi i graditi cijevne stupove za rasvjetu, reflektorske stupove, stupove za cestovnu signalizaciju i tramvajsku mrežu, te stupove za niskonaponsku mrežu i visokonaponske vodove. Prvi katalog rasvjetnih stupova (KORS) "Dalekovod" Zagreb izdao je 1973. godine. Rasvjetni, reflektorski, signalizacijski, tramvajski i niskonaponski stupovi, koji se pretežito koriste u urbanim sredinama i uz prometnice, traže se i kontinuirano se proizvode. Cijevni stupovi za visokonaponske vodove, zbog još uvijek manje potražnje proizvode se povremeno i po posebnim zahtjevima. Svi cijevni čelični stupovi zaštićuju se od korozije vrućim cinčanjem, a po potrebi se i dodatno liče zaštitnim premazima. Izbor boje ovisi o lokaciji za montažu i želju investitora.

"Dalekovod" je do sada projektirao i izradio cijevne, limene, usadno-nasadne stupove za vodove 10(20) kV (Ploče-Gradac), 66 kV (Lagos, Nigerija) i 220 kV (Bin Qasim, Pakistan).

Tijekom proteklih godinu dana povećan je broj zahtjeva za davanjem ponuda za projektiranjem i izradom poligonalnih cijevnih stupova za dalekovode napona 2x132 kV odnosno 2x150 kV.

Na kraju, potrebno je naglasiti da sve navedeno o vizualnom utjecaju dalekovoda na okoliš treba shvatiti kao preporuke kojih se treba držati u onoj mjeri koliko je to u danoj situaciji realno moguće.

4. ELEKTRIČKI EFEKTI

Električni efekti visokonaponskih nadzemnih vodova mogu se grupirati u dvije osnovne kategorije:

- utjecaj uslijed prisustva električkog polja i
- utjecaj uslijed magnetskog polja.

O ovim efektima postoji odgovarajuća zakonska regulativa ili preporuke koje treba primijeniti pri projektiranju, pa se uobičajeno elaborira utjecaj dalekovoda

na vodove elektrovezova, plinovoda, naftovoda ili druge instalacije na kojima može doći do nepoželjnih induciranih napona, odnosno smetnji ili opasnosti u pogonu.

U konkretnom slučaju ovi utjecaji se u svom negativnom obliku javljaju i kao korona, radiosmetnje ili buka. Smanjenje ovih utjecaja samo svojom posrednošću može utjecati na vizualni dojam (potreba viših stupova, primjena opreme kojom se smanjuju efekti korone i radio smetnje). Primijećeno je davno kroz brojna laboratorijska ispitivanja da vrlo jako elektromagnetsko polje uzrokuje određene efekte na biološke sustave općenito.

Mada više od 70 godina razvoja prijenosnih sustava u svijetu nije dalo neposredne osnove za zaključak da elektromagnetsko polje vodova i visokonaponskih postrojenja može negativno utjecati na zdravlje čovjeka, ovo je i nadalje jedno od najkontroverznijih pitanja utjecaja dalekovoda na okoliš.

Izvršena su mnoga ispitivanja, kako u laboratoriju, tako i u prirodi pod neposrednim utjecajem polja dalekovoda vrlo visokog napona:

- što se tiče dugoročnih epidemioloških studija u svezi s izlaganjem električnim poljima, promatranje osoblja na visokonaponskim postrojenjima i dalekovodima nije dalo nikakav nepovoljniji efekt,
- nije poznat nikakav mehanizam djelovanja putem kojeg bi polja industrijske frekvencije mogla izazvati direktne efekte na žive organizme,
- do sada nije otkriven nikakav specifičan simptom na ljudskim bićima kao posljedica izlaganja ovim poljima,
- električna i magnetska polja koja izazivaju dalekovodi, do napona 420 kV ne predstavljaju opasnost za ljudsko zdravlje,
- na osnovi postojećeg iskustva može se predvidjeti da će isto biti za dalekovode 800 kV, pa i više.

Novija istraživanja, budući da se u većini zemalja došlo do čvrstog zaključka da nema štetnog utjecaja na zdravlje čovjeka, okrenula su se studiranju mogućeg štetnog utjecaja na životinje i poljoprivredne kulture u trasi voda.

Nisu primijećeni nikakvi značajniji štetni efekti iako je bilo više primjera farmi u koridorima trasa vodova do napona reda veličine 750 kV.

Ovaj zaključak navodimo zbog toga što se i u našoj praksi privremeno javljaju dosta kategorične tvrdnje o "dokazanom" štetnom utjecaju elektromagnetskog polja dalekovoda, što onda u praksi stvara dosta problema.

5. UTJECAJ GRAĐENJA I ODRŽAVANJA

Specifičnost organizacije građenja dalekovoda je u činjenici da se radi o objektu redovno velike duljine, pa se svi nužni zahvati pri građenju odvijaju na relativno velikom prostoru. Zbog toga eventualan nemaran odnos prema okolišu može bitno umanjiti sve napore koji se u

tom smislu ulažu prilikom planiranja i projektiranja voda. Izrada pristupnih putova, organizacija građenja na svakom pojedinom stupnom mjestu, smještaj mehanizacije, alata i opreme, razvlačenje užadi itd., su u direktnoj funkciji temeljitosti i pažljivosti razrade priprema i vođenja građenja. Praktično, u onoj mjeri u kojoj su solidno izvršene pripreme za sve faze na gradilištu, u toj će mjeri i efekti zaštite od nepotrebnog uništavanja okoliša biti pozitivni.

Postoje pri tom razne specifične okolnosti ovisno o tome da li se radi o dalekovodu na gusto naseljenom ili nenaseljenom području, u urbaniziranoj zoni, na poljoprivrednoj površini, na prijelazu preko komunikacija itd.

Razrada detaljnog plana rada zadatak je stručnog osoblja koje vodi izgradnju, a njegov sadržaj toliko ovisi o specifičnim lokalnim prilikama da bi bilo suvišno ulaziti u detalje.

U novije se vrijeme u praksi pojedinih zemalja sve više afirmiraju tehnike građenja kojim se, između ostaloga, bitno smanjuju štetni zahvati na okolnom terenu prilikom građenja dalekovoda. Takvi primjeri su: uporaba helikoptera, specijalnih vozila za polaganje, metalne mreže za zaštitu površinskog sloja zemljišta, privremene stabilizacije terena, pokretne skele za montažu vodova na prijelazima preko cesta i sl.

U normalnim okolnostima mogući štetni efekti za okolni teren prilikom održavanja dalekovoda su zanemarivi, posebno i zbog toga što se za redovne preglede sve više koriste metode vizualnog pregleda i termovizijskog snimanja iz helikoptera.

U slučaju većih zahvata pri održavanju, pristup organizaciji posla u osnovi bi morao biti isti kao i pri građenju.

6. ZAKLJUČAK

Najuočljiviji element dalekovoda je stup pa bi, neovisno o trenutku promatranja i o promatranom položaju, trebalo razmotriti:

- što se bolje uklapa u okoliš, jednostavna ili složena konstrukcija?
- da li su dosadašnji primijenjeni oblici konstrukcije dovoljni ili treba potražiti nove?
- koliko bi promjena postojećih oblika konstrukcija povećala investicije?
- koliko smo spremni podnijeti ekonomski teret novih oblika?
- da li uporabiti visoke ili niske stupove?
- da li skrivati konstrukcije ili ih izložiti oku promatrača?
- koja je objektivna udaljenost promatrača od građevine?
- koje kriterije moraju zadovoljiti postojeći oblici, visine i boje konstrukcija?

- tko i kako će odrediti opće kriterije uklapanja u netaknuti okoliš i u urbanizirane dijelove (naselja, ceste i druge građevine)?
- uklapanje u mikro okoliš neovisno o uklapanju cijele trase u makro okoliš
- kojem obliku konstrukcije prednost?
- da li su cijevni stupovi "ljepši" od rešetkastih stupova?
- da li će ekonomičnost investicije prevagnuti nad oblikovanjem?

Na postavljena pitanja i dvojbe ne očekuju se ni potpuni, niti jednoznačni odgovori. U interesu oblikovanja objektivnih kriterija zadane ekonomičnosti i postavljenih estetskih kriterija za primijenjene elemente građenja u određenoj sredini, trebat će pomiriti različite prosudbe, želje i težnje. Pitamo se da li ovom problemu treba pridavati veće značenje?

Polazna namjera autora bila je da se uklapanje u okoliš razmotri s tehničkog aspekta. Obradujući ovu temu uočeno je da postoje mnoga pitanja općeg karaktera na koje nema pravih odgovora. To je iniciralo postavljanje pitanja i iznošenje dvojbi.

LITERATURA

- [1] Studija, projekt tipizacije 110 kV visokonaponskih nadzemnih vodova, Dalekovod, Zagreb, 1985. g.

TRANSMISSION LINES AND ENVIRONMENT

On a higher level of economic and urban standard, the community requires that transmission lines be positioned and constructed as to be in harmony with the environment in urban areas, alongside seas and lakes, in nature parks, woods and fields as well as with all other areas.

In the papers, authors discuss the environmentally friendly criteria, the accompanying legal framework, route choice, and the design and construction of transmission lines.

FERNLEITUNGEN UND UMWELT

Bei wirtschaftlich und städtebaumäßig höherer Lebensstufe verlangt die Sozialgemeinschaft in städtebaulich erschlossenen Gebieten an Meer- und Seeufern, in Naturschutzgebieten, beim Durchqueren der Wälder und Wiesen, sowie eigentlich überall, die Verlegung und die Errichtung die Fernleitungen im Einklang mit der Umwelt.

Im Bericht schauen die Autoren bei der Einverleibung in die Umwelt, auf entscheidende Merkmale, auf hiesige begleitende Gesetzgebung, auf Trassenauswahl, und auf Projektierung sowie Errichtung der Fernleitung zurück.

Naslov pisaca:

Antun Fišer, dipl. ing.
Predrag Helman, dipl. ing.
Dalekovod Zagreb
Ulica grada Vukovara 37
10000 Zagreb, Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
 2000-02-10.