

UDK 528.482.4:624.9.072.24:621.396.67:006.44:523.98

Stručni članak

Kontrola vertikalnosti nosača antenskih sustava

Hrvoje BIONDIĆ¹ – Slavonski Brod

SAŽETAK. Prema važećim propisima sadržanim u Pravilniku o tehničkim normativima za nosive čelične konstrukcije (SL 1986) i Pravilniku o tehničkim normativima za održavanje antenskih stupova (SL 1984) odstupanje vrha stupa od vertikale u odnosu na podnožje ne smije biti veće od 1/1000. Kontrolu tih odstupanja provode geodetski stručnjaci tijekom montaže stupova te u sklopu redovitih godišnjih pregleda. U članku je opisan način izvođenja terenskih mjerenja i postupak računanja, te su navedena zapažanja o periodičnim promjenama odstupanja.

Ključne riječi: stup nosač antenskih sustava, vertikalnost, slijeganje, odstupanje, rezultanta, utjecaj Sunca.

1. Uvod

Pravilnik o tehničkim normativima za održavanje antenskih stupova (SL 1984) propisuje redovite preglede stupova nosača antenskih sustava svake godine ako je stup izveden kao čelična konstrukcija, a u razmacima od dvije godine ako je armiranobetonske konstrukcije.

Čelične konstrukcije mogu biti cilindrične (slika 1), rešetkaste (slika 2), okvirne ili pune, te slobodno stojeće ili sa zateznom užadi (SL 1986). U daljnjem tekstu bit će riječi pretežno o samostojećim četverostranim rešetkastim stupovima visine od 24 do 60 metara kakve najčešće koriste mobilni operateri.

2. Stalne geodetske točke

Među ostalim, Pravilnik svojim člankom 9. predviđa vođenje podataka o ugrađenim reperima i stalnim točkama za stupove više od 20 metara. Svrha je toga da sva mjerenja bez obzira na to tko ih izvodi budu provedena na jednak način, jer je to uvjet za uspoređivanje višegodišnjih rezultata (Janković 1981).

¹ Hrvoje Biondić, ing. geod., Naselje A. Hebranga 6/36, HR-35000 Slavonski Brod, e-mail: hbiondic@gmail.com.



Slika 1. Stup cilindrične konstrukcije.



Slika 2. Stup rešetkaste konstrukcije.

Točke za kontrolu slijeganja postavljaju se na dva načina – ugradnjom mjedenog repera u betonski temelj ili zavarivanjem metalnog repera na čeličnu konstrukciju. Katkad se kontrola visina obavlja niveliranjem sidrenih vijaka ili stopa nogu stupa.

Osim repera na stupu, kojih je najčešće onoliko koliko i nogu, postavlja se i kontrolni “multi” reper izvan zone slijeganja, po mogućnosti u kakav čvrst objekt.

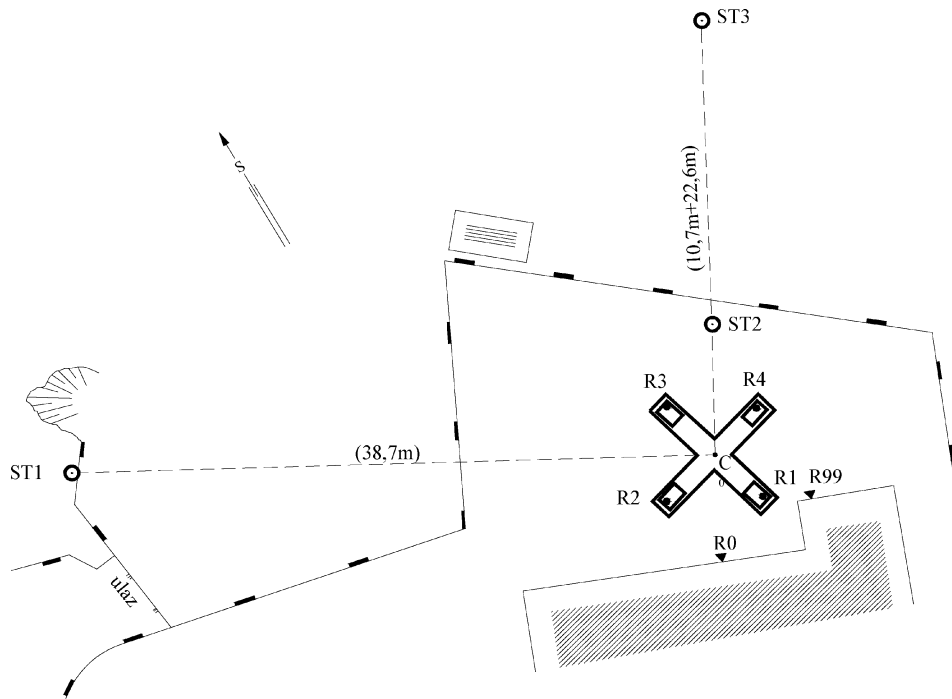
Pri određivanju položaja repera teži se tomu da se omogući opažanje s jednog mjesta, a ondje gdje to nije moguće nivelira se u zatvorenom nivelmanskom vlaklu.

Stajališta za kontrolu vertikalnosti postavljaju se tako da vizure s njih prema stupu zatvaraju pravi kut čime je pojednostavnjeno računanje rezultante odstupanja (potrebno je samo izmjeriti udaljenosti do mjernih mjesta). Ako konfiguracija terena to ne omogućava, a i kod stupova oblika trostrane prizme gdje se kontroliraju sve tri noge, razvija se mikro-triangulacijska mreža, a odstupanja se računaju presijecanjem vanjskih vizura.

Točke stajališta stabiliziraju se na uobičajene načine, a najčešće bolcnom, plastičnom poligonskom oznakom ili klesanjem križa u čvrstoj stijeni.

3. Terenska mjerenja

Pri dolasku na lokaciju potrebno je (uvažavajući vrstu stupa, konfiguraciju terena, raslinje, izgrađene objekte, privatno vlasništvo, promet i dr.) ugraditi repere i odrediti stajališta te ih stabilizirati, izraditi položajne opise i situacijsku skicu (slika 3), (Janković 1966, Macarol 1977).



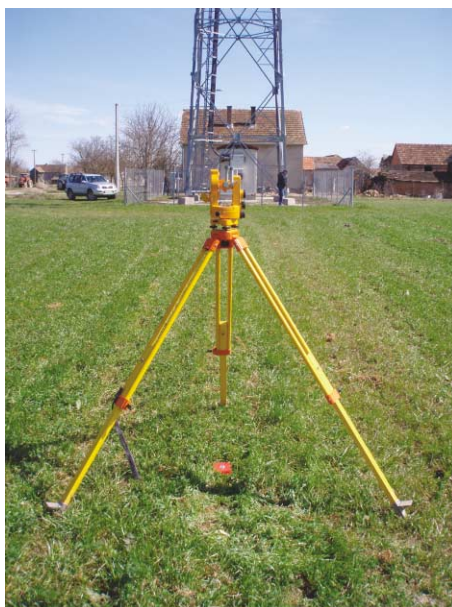
Slika 3. Situacijska skica.

Na toj se skici prikazuju stup, objekt s uređajima, ograde, pristupni put, ostali objekti, karakteristike terena i sl., te obvezatno položaj stajališta i repera.

U idealnim uvjetima udaljenost stajališta treba biti približno jednaka visini stupa, ali ako to zbog konfiguracije terena nije moguće, onda treba nastojati da udaljenost stajališta do stupa bude jednaka petini visine antene, tj. $D = H/5$.

Sama mjerenja izvode se sekundnim teodolitom (slika 4), pri čemu posebnu pozornost treba posvetiti horizontiranju teodolita (libele), (Solarić i dr. 2007). Ako je stup jako visok ili stajalište preblizu, mjerenja je gotovo nemoguće provesti bez kutnog okulara.

Za određivanje visina repera koristi se autoredukcijski nivelir i mjerna letva s milimetarskom podjelom.



Slika 4. Stajalište instrumenta.

Kontrola vertikalnosti provodi se na tri razine – u podnožju i na vrhu stupa kako je propisano, a u središnjem dijelu konstrukcije mjere se odstupanja radi kontrole dobivenih rezultata. Kako bi se opažanja obavljala uvijek na ista mjesta, bojenjem se postavljaju mjerne oznake u obliku trokuta kojega jedan vrh pokazuje rub noge na koji se očitava kut.

Mjerenja se odvijaju tako da se sa svakog stajališta očitavaju pravci lijevo i desno na tri razine u dva girusa, pri čemu dvostruka kolimacijska pogreška raste kako vizura postaje strmija, ali na istoj razini se ne smije razlikovati više od 10" (što pri uobičajenoj udaljenosti stajališta od 20 do 40 m iznosi 1 do 2 mm). Za tako zahtjevna mjerenja potrebno je koristiti mjerne stanice s dvoosnim kompenzatorom kako bi se osigurala potrebna točnost (Solarić i dr. 2007).

Visine repera određuju se u najmanje dva navrata zatvorenim nivelmanskim vlakom ili s jednog stajališta u dva očitavanja. Konačne visine računaju se kao aritmetička sredina.

4. Računanje odstupanja

Za računanje odstupanja osi stupa od vertikale iz terenskih podataka, sastavljena je jednostavna tablica u excelu u koju se unose (tablica 1):

Tablica 1. *Postupak računanja odstupanja.*

Kontrola uspravnosti antenskog stupa : *Orebić* 08.09.2009.

Mjereni podaci :

Stajalište br. 1

Dužine: D11 = 13,67 m D12 = 13,89 m

Pravci :

Pravac br.	I polugirus					II polugirus					
	°	'	"	'	"	°	'	"	'	"	2K (")
0L	2	-	41	-	50	2	-	41	-	41	-9
0D	19	-	43	-	7	19	-	43	-	1	-6
1L	6	-	39	-	5	6	-	40	-	21	76
1D	15	-	32	-	6	15	-	33	-	6	60
2L	7	-	50	-	38	7	-	52	-	40	122
2D	14	-	7	-	28	14	-	9	-	39	131

pravac 10 = 11 - 12 - 25

pravac 11 = 11 - 6 - 9

pravac 12 = 11 - 0 - 6

ODSTUPANJE :

O11 = -25 mm

O12 = -50 mm

Mjereni podaci :

Stajalište br. 2

Dužine : D21 = 15,84 m D22 = 16,06 m

Pravci :

Pravac br.	I polugirus					II polugirus					
	°	'	"	"	"	°	'	"	"	2K (")	
0L	1	-	53	-	28	1	-	53	-	18	-10
0D	12	-	32	-	0	12	-	31	-	51	-9
1L	4	-	29	-	18	4	-	30	-	5	47
1D	10	-	9	-	18	10	-	10	-	9	51
2L	5	-	23	-	11	5	-	24	-	17	66
2D	9	-	24	-	24	9	-	25	-	31	67

pravac 20 = 7 - 12 - 39

pravac 21 = 7 - 19 - 43

pravac 22 = 7 - 24 - 21

ODSTUPANJE :

O 21 = 33 mm

O 22 = 55 mm

REZULTANTE :

R1 = 41 mm

R2 = 74 mm

- udaljenosti instrumenta od stupa (D), koje se s jednog stajališta razlikuju za 1/2 razlike presjeka stupa na pojedinoj razini
- očitani pravci u oba polugirusa na sve tri razine stupa s oba stajališta.

Nakon unošenja mjerenih podataka dobiva se dvostruka kolimacijska pogreška koja omogućuje kontrolu i usporedbu s terenskim podacima.

Konačni pravci k osi stupa dobivaju se kao aritmetička sredina iz pravaca L i D, a odstupanje se dobije iz umnoška tangensa razlike pravaca i dužine između stupa i stajališta:

$$O_{11} = \tan(\text{pravac } 11 - \text{pravac } 10) \cdot D_{11}$$

$$O_{12} = \tan(\text{pravac } 12 - \text{pravac } 10) \cdot D_{12}$$

$$O_{21} = \tan(\text{pravac } 21 - \text{pravac } 20) \cdot D_{21}$$

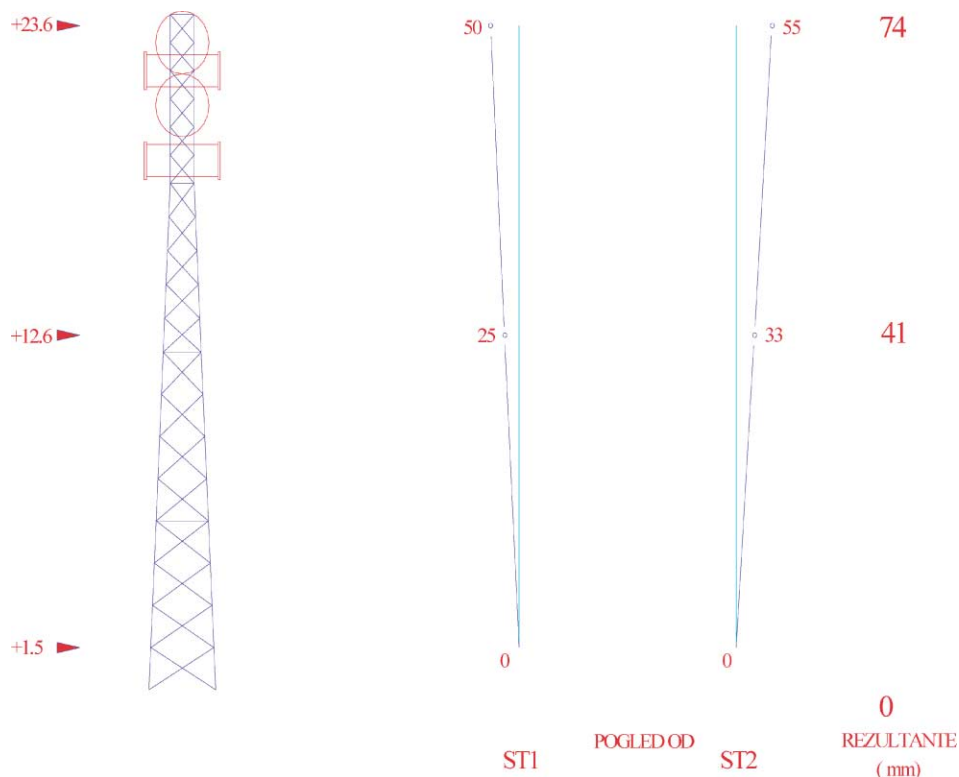
$$O_{22} = \tan(\text{pravac } 22 - \text{pravac } 20) \cdot D_{22}$$

Kako smjerovi opažanja zatvaraju pravi kut, rezultanta odstupanja računa se kao drugi korijen iz zbroja kvadrata odstupanja iz oba smjera za tu razinu:

$$R_1 = \sqrt{O_{11}^2 + O_{21}^2}$$

$$R_2 = \sqrt{O_{12}^2 + O_{22}^2}$$

Grafički prikaz rezultanta odstupanja prikazan je na slici 5.



Slika 5. Grafički prikaz odstupanja od vertikale.

5. Promjene odstupanja

5.1. Rešetkaste konstrukcije

Prigodom prvog mjerenja odstupanja od vertikale novog stupa kontrolira se točnost postupka montaže konstrukcije, odnosno ugradnje stopa nogu u armiranobetonski temelj. Kako je odnos raspona nogu i visine stupa približno 1:10, to se pogreška u horizontiranju temeljnih ploča deseterostruko odražava na vertikalnost stupa.

Ako je tehnološki moguće obaviti korekciju visine stupa (pomoću temeljnih vijaka), ona se obavlja uz geodetski nadzor. Međutim, ako su donji segmenti zaliveni betonom ili na drugi način fiksirani pa se korekcije ne mogu izvesti, daljnje kontrole vertikalnosti svode se na praćenje promjena odstupanja.

One smiju biti u granicama točnosti mjerenja, a ako su veće i imaju tendenciju rasta u istom smjeru, što svjedoči o naginjanju stupa, potrebno je učvrstiti konstrukcije zateznom užadi.

Naginjanje stupa rijetka je pojava, a najčešće je uzrokovana neadekvatnim nosivim tlom (klizišta, podzemne vode i sl.).

5.2. Cilindrične konstrukcije

Na području Republike Hrvatske postoji sedam antenskih stupova cilindrične čelične konstrukcije, tzv. *rakete*, koje nose antenske sustave HRT-a.

Na većini njih geodetska mjerenja provode se od početka sedamdesetih godina s prekidom za vrijeme Domovinskog rata. Nakon prvih nekoliko kontrola vertikalnosti uočene su promjene odstupanja koje nisu mogle biti pripisane nestabilnosti stupa, nego su tumačene kao “efekt bimetala”.

Opažanja obavljena u različita doba dana ili u različitim vremenskim uvjetima davala su oprečne rezultate kao posljedicu utjecaja Sunca i zagrijavanja osunčane strane zatvorenih čeličnih konstrukcija.

Tijekom noći cijela konstrukcija preuzima temperaturu zraka, a nakon izlaska Sunca istočna se strana počinje zagrijavati znatno brže od dijela stupa koji se nalazi u sjeni. Zbog toplinskog širenja čelika koje je veće na osunčanom dijelu, dolazi do otklona cilindra stupa prema hladnijoj strani, a kako se položaj Sunca i temperatura mijenjaju tako se mijenjaju i smjer i veličina otklona. Nakon zalaska Sunca te plastične deformacije postupno nestaju i stup se hlađenjem vraća u svoj prvobitni položaj.

Kao dokaz navedene pojave mogu poslužiti rezultati mjerenja na antenskom stupu Srđ koja su provedena u pet navrata 9. rujna 2009. godine s razmacima od 3 do 4 sata između dva mjerenja (tablica 2). Vrijeme je bilo sunčano, a temperatura zraka 20–26 °C.

Opažanja su izvedena teodolitom Zeiss Theo 010 (slika 3) s dva stajališta (ST1-sjeverozapad i ST2-sjeveroistok) na tri razine stupa.

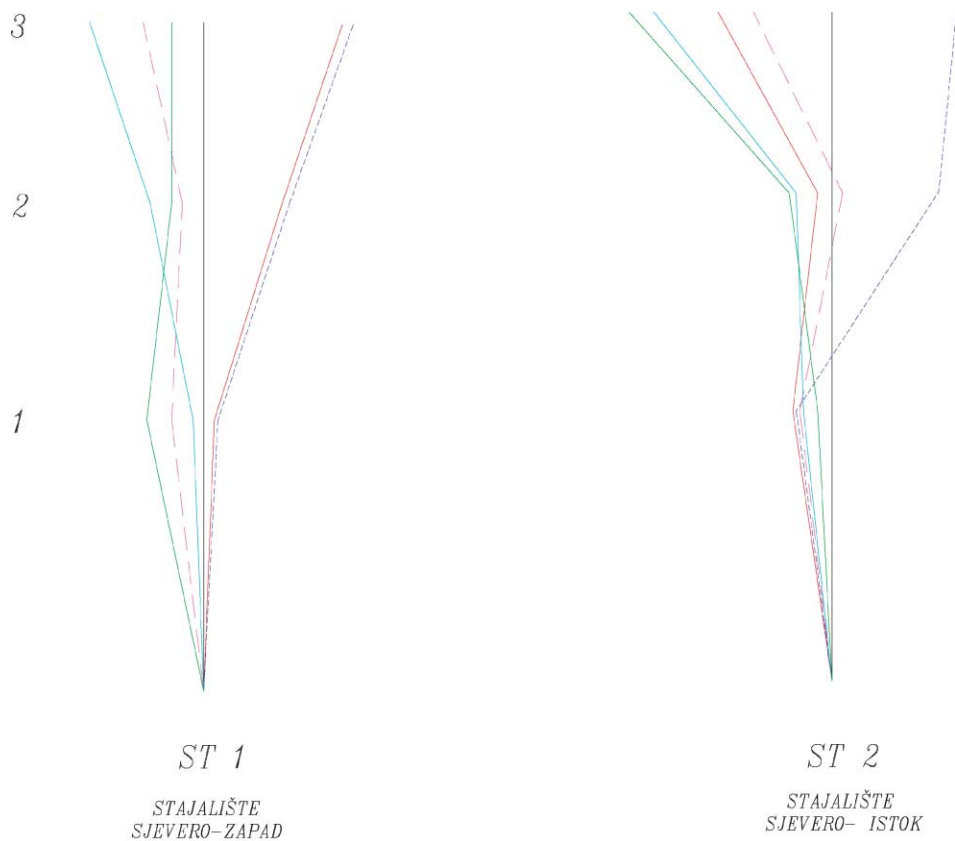
Iz tablice 2 razvidno je da se vrh stupa tijekom dana gledano iz smjera ST1 pomicao unutar 74 mm, a iz smjera stajališta 2 čak 92 mm. Utjecaj Sunca vidljiv je i na

Tablica 2. Rezultati mjerenja odstupanja od vertikale (odstupanja su u milimetrima).

Vrijeme	8.00			11.00			13.00			15.00			18.00		
Mjerno mjesto	ST1	ST2	R	ST1	ST2	R	ST1	ST2	R	ST1	ST2	R	ST1	ST2	R
3	+39	-32	50	+42	+35	55	-17	-22	28	-32	-50	59	-9	-57	58
2	+22	-4	22	+24	+30	38	-6	+3	7	-15	-10	18	-9	-12	15
1	+3	-11	11	+4	-10	11	-9	-9	13	-3	-8	8	-16	-4	16

slici 6, gdje na primjer u 11 sati, kada je ono jugoistočno od stupa on ima maksimalan odklon ka sjeverozapadu (pogled sa stajališta 2).

Stoga je mjerenja na cilindričnim konstrukcijama uputno provoditi rano ujutro ili po oblačnu vremenu!



$M=1:1000/2$

Slika 6. Odstupanja od vertikale iz dva smjera.

6. Zaključak

Nazočnost geodeta pri montaži stupova uobičajena je pojava, no treba imati na umu da su geodetska mjerenja u svrhu kontrole vertikalnosti stupova nosača antenskih sustava sastavni dio obveznih periodičnih pregleda, ali i izvor važnih podataka o njihovu stanju.

Na osnovi nalaza geodetskog stručnjaka pristupa se sanacijama stupova stabilnost kojih je ugrožena, a kako su u pitanju znatne investicije, mjerenjima treba pristupati odgovorno i stručno.

Svjedoci smo svakodnevnog povećanja broja antenskih stupova mobilnih operatera, pa ako se njihovi vlasnici budu pridržavali propisa, otvorit će se velika mogućnost zapošljavanja u toj grani geodetske struke.

Literatura

Janković, M. (1966): Inženjerska geodezija I, Tehnička knjiga, Zagreb.

Janković, M. (1981): Inženjerska geodezija II, Sveučilišna naklada Liber, Zagreb.

Macarol, S. (1977): Praktična geodezija, Tehnička knjiga, Zagreb.

Narodne novine (2007): Zakon o prostornom uređenju i gradnji, 76.

Službeni list (1984): Pravilnik o tehničkim normativima za održavanje antenskih stupova, 65.

Službeni list (1986): Pravilniku o tehničkim normativima za nosive čelične konstrukcije, 61.

Solarić, N., Benčić, D., Barković, Đ., Zrinjski, M. (2007): Očitavanje i registracija pravaca elektroničkim teodolitima i elektroničkim tahimetrima Leica, Kartografija i Geoinformacije, Vol. 6, Izvanredni broj, 246–253.

Verticality Inspection of Antenna Systems

ABSTRACT. In accordance with the Regulations of the Rulebook on technical standards related to base support constructions (SL 1986) and the Rulebook on technical standards concerning the maintenance of antenna posts (SL 1984), the aberration of the peak of a post from its vertical position in relation to the footing must not be higher than 1/1000. The inspection of the discrepancies is done by land surveying experts, during the mounting of the posts as well as during regular annual check-ups. This article provides not only the way in which field measurements and calculation procedures are conducted, but also the observations on periodic changes in the discrepancies.

Keywords: base support of an antenna system, verticality, land subsidence, discrepancy, resultant, influence of the sun.

Prihvaćeno: 2010-05-17