

ZMOŽNOSTI ELEKTRONSKIH RAZDALJEMEROV PRI MERJENJU DOLŽIN BREZ UPORABE REFLEKTORJA

prof. dr. Dušan Kogoj *

Izveček

Prispevek obravnava testiranje elektronskega razdaljemera Leica Wild DIOR DI 3002 in razdaljemera tahimetra Leica TCR 307 pri merjenju dolžin brez uporabe reflektorjev. Preizkušeni so ločljivost obeh instrumentov, doseg in natančnost meritev glede na vrsto materiala in lego odbojne površine.

KLJUČNE BESEDE:
elektronski
razdaljermi, merjenje
dolžin brez uporabe
reflektorjev, ločljivost,
doseg, natančnost

Abstract

The aim of the present article is to test Leica Wild DIOR DI 3002 distance meter and the distance meter of Leica TCR 307 electronic tachymeter for distance measurement without the reflector use. The resolution of instruments, range and measurements accuracy have been tested in relation to the quality of material and reflective surface angle.

27

1. UVOD

V zadnjem času se predvsem pri specifičnih nalogah geodezije vse bolj uporabljajo elektronski razdaljermi, ki omogočajo merjenje dolžin tudi brez uporabe reflektorja. Ta možnost je še posebno dobrodošla v primerih, ko želimo izmeriti dolžine do točk, ki so težko dostopne ali celo nedostopne. Zmožnosti takih razdaljemero so odvisne predvsem od vrste in barve materiala, od katerega se žarek odbije, pa tudi od naklona ploskve vpada žarka, atmosferskih pogojev in drugih dejavnikov, ki učinkujejo pri meritvah.

KEY WORDS:
electronic
distancemeters, distance
measurements without
reflectors, range,
resolution, accuracy

Elektronske razdaljermere brez reflektorjev uporabljamo za merjenje dolžin pri določanju profilov v tunelih in jaških, pri polarnem snemanju fasad stavb, notranjosti stavb, težko dostopnih in nedostopnih točk naravnih objektov (kamnolomi, skalnati previsi), pri merjenju položaja in dimenzij nevarnih objektov (vročina, strupeni plini), za določanje velikosti premikov specifičnih objektov in še bi lahko naštevali. Pri običajnih meritvah je končna točka signalizirana z reflektorjem. Meritve so možne le, če je instrument usmerjen proti ciljni točki tako, da je količina odbitega žarka, ki se vrne k sprejemniku,

vsaj minimalna. V primeru direktnih meritev do poljubnih objektov pa se pojavljajo dodatni problemi, saj je odsev na difuznih objektih nezanesljiv. Zato so za ta način merjenja značilne velike spremembe odboja.

Tovrstne razdaljemere lahko razdelimo v dve skupini. V prvi so pravi »geodetski« razdaljemeri. Običajno so to samostojni instrumenti, ki jih lahko uporabljamo tudi v kombinaciji s teodolitom, ali pa so integralni del elektronskih tahimetrov. Pri meritvah vedno uporabljamo stativo, instrumente centriramo na točko. Ti razdaljemeri omogočajo tudi običajno merjenje dolžin s pomočjo reflektorjev, kar bistveno poveča doseg in natančnost meritve. Drugo skupino predstavljajo takoimenovani ročni elektronski razdaljemeri. Pri meritvah jih enostavno držimo v roki in z njimi opravljamo manj natančne meritve. Tudi te lahko kombiniramo s teodolitom (primer Leica Disto).

Raziskava na Katedri za geodezijo Oddelka za geodezijo FGG je v okviru dveh diplomskih nalog študentov geodezije vključevala določitev ločljivosti, dosega in natančnosti razdaljemerov za odboje od različnih materialov in pod različnimi koti odbojne površine. Izbrani so bili materiali, ki se najpogosteje pojavljajo v gradbeništvu in predstavljajo površine zgrajenih objektov, in sicer les, fini omet, grobi omet, pločevina in stiropor. Material je bil nanesen na posebne plošče. Le-te je bilo mogoče v dodatnem kovinskem okviru pritrditi s klasičnim trinožnikom na stativ. Pribor je omogočal postavitve ciljne točke na željeno oddaljenost in ustrezen zasuk odbojne površine. Velikost plošč je morala zagotoviti odboj celotnega snopa svetlobnega žarka elektronskega razdaljemera. Ob predpostavki, da maksimalni doseg ne bi presegel dolžine 350 m, in ob znani divergenci žarka velikost plošč 60 cm × 60 cm to omogoča.

V članku, ki je bil v podobnem obsegu objavljen na mednarodnem znanstvenem simpoziju v Sofiji (glej Literaturo), so predstavljeni rezultati testiranja dveh razdaljemerov Leica, in sicer instrumenta DIOR 3002S ter razdaljemera elektronskega tahimetra TCR 307. Oba uvrščamo v skupino geodetskih razdaljemerov. S testiranjem smo v tabeli 1 preverili nekatere deklarirane karakteristike instrumentov (ločljivost, doseg in natančnost), ki jih navaja proizvajalec (Kogoj D., 2000).

| <i>Tehnični podatki</i> | LEICA AG Wild DIOR 3002 S | Razdaljemer tahimetra Leica TCR 307 |
|------------------------------------------------|-----------------------------------------------|------------------------------------------------|
| <i>Svetilo</i> | laserska dioda | IR dioda laserska dioda |
| <i>Nosilno valovanje</i> | 0,860 μm | 0,780 μm 0,670 μm^* |
| <i>Divergenca žarka</i> | 7'13" 2,1 m na 1 km | 1,8 mrad 0,15 x 0,35 mrad |
| <i>Način merjenja</i> | impulzni | fazni |
| <i>Merska frekvenca</i> | 15 MHz | 50 MHz / 3 m |
| <i>Referenčni pogoji:</i> n_0 | 1,0002815 | 1,0002815 |
| p_0 | 1013,25 hPa | 1013,25 hPa |
| t_0 | 12 °C | 12 °C |
| <i>Najkrajša dolžina</i> | 0,2 m 0,8 m* | 1,5 m* |
| <i>Doseg</i> | 6 km / 1 prizma 8 km / 11 prizem 350 m* | 1,8 km / 1 prizma 5 km / 3 prizme 80 m* |
| <i>Čas meritve</i> | 0,8 - 3,5 s | 0,3 - 1 s 0,3 - 3 s* |
| <i>Standardni odklon</i> a [mm] b [ppm] | 3 - 5 mm; 1 ppm 5 - 10 mm* | 2 - 5 mm; 2 ppm 3-10 mm; 2 ppm* |
| <i>Masa</i> | 1,7 kg | 4,46** kg |
| <i>Cena cca.</i> | 20 600.- CHF | **2.130.000.- SIT |

Tabela 1: Testirana razdaljemera z glavnimi tehničnimi podatki - primerjava (merjenje brez reflektorjev, ** masa in cena tahimetra)*

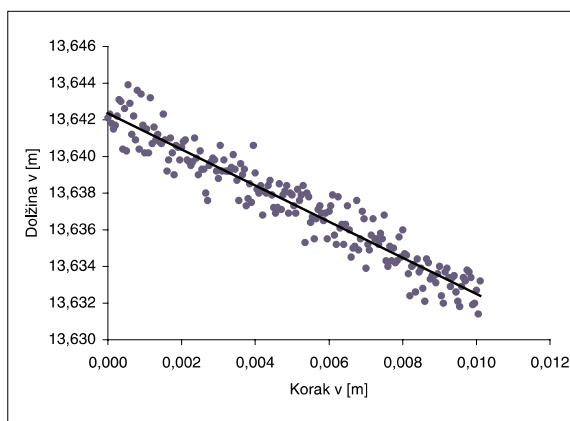
2. LOČLJIVOST

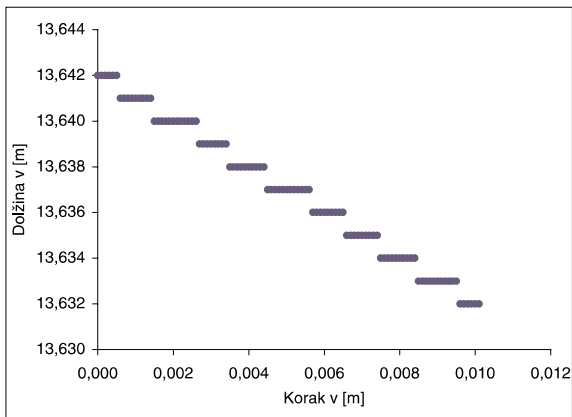
V smislu industrijske merske tehnike pod pojmom »ločljivost« razumemo zmožnost instrumenta, da dve med seboj zelo podobni merski vrednosti spozna za različni. Določali smo ločljivost testiranih razdaljemerov pri meritvah dolžin brez in z uporabo reflektorja. Prepričati smo se namreč hoteli, ali neuporaba reflektorja poslabša ločljivost.

Osnovni princip preizkusa je primerjava pravih vrednosti spremembe dolžine z izmerjenimi vrednostmi preizkušenega instrumenta. Dolžino optimalne velikosti običajno merimo v laboratoriju, predvsem zato, da zagotovimo konstantnost meteoroloških pogojev. Mikrometerske spremembe dolžine smo zagotovili s posebno mikrometrsko ploščo. Na ploščo smo postavili reflektor oziroma odbojno površino (bel list papirja). Glede na ekransko ločljivost je bil izbran korak premika in sicer 0,05 mm za DIOR 3002S in 0,2 mm za TCR 307. Skupni premik je znašal 1 cm. Pri vsakem poskusu (skupno štiri za vsak instrument) je bilo opravljenih 200 oziroma 50 meritev, skupno torej 1000 meritev.

Za vsako merjenje v katerikoli smeri smo izračunali funkcijsko povezavo med merjenimi in dejanskimi premiki. Najboljši je grafični način prikaza primerjave. Poglejmo si po en primer za vsak instrument (Kogoj D., 2000).

Graf 1: Ločljivost Leica
Wild DIOR 3002S





Graf 2: Ločljivost razdaljemera Leica TCR 307

Iz porazdelitve vrednosti posameznih meritev je razvidno, da je ločljivost instrumenta pri razdaljemeru DIOR 3002S bistveno slabša od ekranske ločljivosti (0,1 mm). Rezultati so drugačni pri instrumentu TCR 307. Tu je na osnovi stopničaste razporeditve jasno, da je dejanska ločljivost razdaljemera boljše od ekranske ločljivosti instrumenta (1 mm). Za vsako merjenje je bila ločljivost ocenjena iz odstopanj od izravnalne premice oz. odstopanj od stopničaste funkcije (tabela 2).

| Način meritev | Ločljivost [mm] | |
|------------------|-----------------|------------|
| | DIOR 3002 S | TCR 307 |
| Brez reflektorja | 0,9 | 0,4 |
| | 1,1 | 0,3 |
| Z reflektorjem | 0,9 | 0,3 |
| | 0,8 | 0,3 |
| Povprečje | 0,9 | 0,3 |

Tabela 2: Ločljivost testiranih razdaljemerov

Za nobenega od obeh instrumentov ne moremo z gotovostjo trditi, da uporaba reflektorjev izboljša ločljivost instrumenta. Dejstvo pa je, da predvsem pri instrumentu DIOR 3002S ekranska ločljivost ni usklajena z dejansko ločljivostjo. Instrument ima možnost izbire prikaza merjenih vrednosti na zaslonu. Na osnovi rezultatov testiranja lahko zaključimo, da je izbira prikaza (last digit) mm optimalna možnost.

3. DOSEG

Instrumenta sta bila testirana časovno ločeno, vendar na istem terenu in v praktično istih vremenskih pogojih. Rezultati so predstavljeni ločeno za oba instrumenta. Vpliv zasuka na doseg je bil ugotovljen le pri treh materialih. Numerične vrednosti so zbrane v tabeli in dodatno prikazane na grafu.

A. Razdaljemer Leica Wild DIOR 3002S

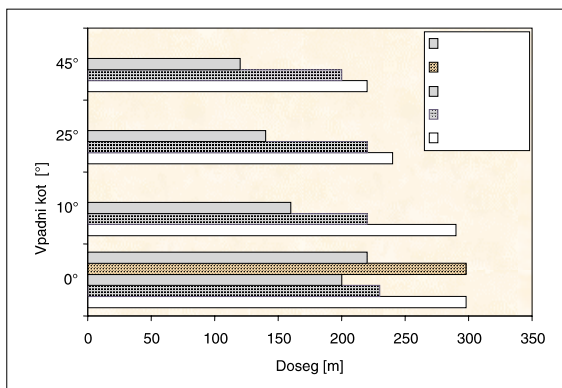
Tabela 3: Doseg razdaljemera Leica Wild DIOR 3002S

| Zasuk [°] | Dolžina [m] | | | | |
|-----------|-------------|------------|-----------|-----|-----------|
| | Stiropor | Grobi omet | Pločevina | Les | Fini omet |
| 0 | 298 | 230 | 200 | 298 | 220 |
| 10 | 290 | 220 | 160 | - | - |
| 25 | 240 | 220 | 140 | - | - |
| 45 | 220 | 200 | 120 | - | - |

V tabeli 3 vidimo, da vrsta materiala odbojne površine vpliva na doseg. Razlike so za različne materiale velike. Instrument zagotavlja največji doseg pri odboju žarka na plošči iz stiropora, najslabšega pa pri odboju na gladki površini pločevine. Iz tabele vidimo, da ima zasuk največji vpliv na doseg pri pločevini, kjer se ta od začetnih 200 m zmanjša na 120 m pri zasuku za 45° (40 % zmanjšanje). Podobno je pri stiroporu, kjer znaša razlika med maksimalnim in minimalnim dosegom 80 m (30 % dosega). Pri grobem ometu ima zasuk manjši vpliv, saj se doseg zmanjša za 40 m, kar je 17 % dosega (Marolt J., 1999).

32

Graf 3: Doseg razdaljemera Leica Wild DIOR 3002S



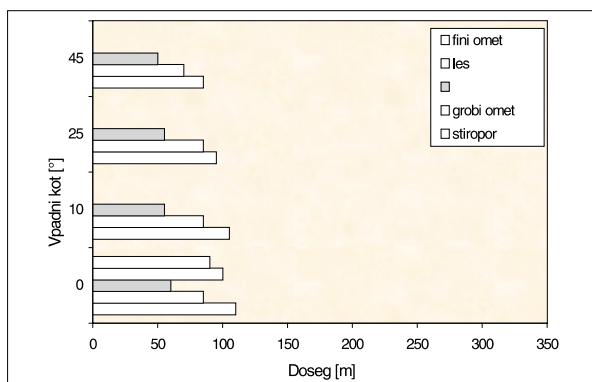
Jakost odboja je odvisna tudi od vpadnega kota žarka na odbojno ploskev. Odbojna površina signala se manjša s kosinusom vpadnega kota oziroma kota zasuka plošče. Teoretično naj bi se tudi jakost odbitega signala manjšala s kosinusom zasuka. Na osnovi rezultatov testiranja je dokazano, da je odboj pri stiroporu in pločevini slabši, pri grobem ometu pa boljši od pričakovanega. To je posledica hrapavosti materiala. Pri grobih materialih ima nepravokotnost odbojne površine manjši vpliv na zmanjšanje dosega kot pri gladkih materialih.

B. Razdaljemer tahimetra Leica TCR 307

| Zasuk [°] | Dolžina [m] | | | | |
|-----------|-------------|------------|-----------|-----|-----------|
| | Stiropor | Grobi omet | Pločevina | Les | Fini omet |
| 0 | 110 | 85 | 60 | 100 | 90 |
| 10 | 105 | 85 | 55 | - | - |
| 25 | 95 | 85 | 55 | - | - |
| 45 | 85 | 70 | 50 | - | - |

Tabela 4: Doseg razdaljemera tahimetra Leica TCR 307

Iz tabele 4 vidimo, da so maksimalne dolžine, ki jih lahko merimo s tem razdaljemerom, bistveno krajše od dolžin, ki jih lahko merimo z DIOR 3002S. Razlika pa je tudi ta, da so bile najdaljše dolžine, ki smo jih še lahko merili, daljše od vrednosti, ki jih navaja proizvajalec. Vrsta odbojne površine tudi pri tem razdaljemeru vpliva na doseg. Razlike v dosegu so pri različnih materialih relativno velike. Doseg je ob pravokotnem vpadnem žarku pri plošči iz stiropora 110 m, pri plošči iz pločevine pa le 60 m. Največji doseg dosežemo z merjenjem do plošč iz lesa in stiropora. Pri največjem zasuku 45° ima največji doseg pri stiroporu. Vidimo, da najslabše rezultate tudi tokrat dobimo pri pločevini. Če primerjamo odboj na lesu in ometu s tehničnimi podatki iz navodil za uporabo instrumenta, vidimo, da se rezultati ujemajo. V splošnem pa zasuk malo vpliva na zmanjšanje dosega instrumenta. Pri stiroporu je razlika med največjim in najmanjšim dosegom 25 m (8 % dosega), pri grobem ometu 15 m (6 % dosega), pri pločevini pa le 10 m ali 5 % dosega (Ambrožič M., 2000).



Graf 4: Doseg razdaljemera tahimetra Leica TCR 307

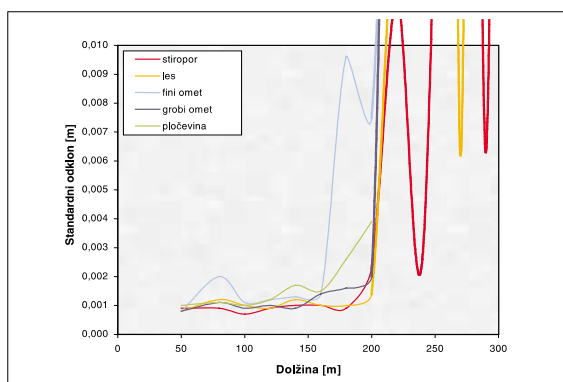
4. NATANČNOST

Natančnost merjenja dolžin je ocenjena na osnovi niza meritev odstopanj od aritmetične sredine. Ugotovljena je torej notranja natančnost pri različnih oddaljenostih in zasukih odbojne površine. Izmerjenih vrednosti nismo primerjali s pravimi vrednostmi dolžin. Določena je bila torej notranja natančnost. Izračunan je bil standardni odklon merjene dolžine po znani enačbi.

4.1 Natančnost glede na vrsto materiala

A. Razdaljemer Leica Wild DIOR 3002S

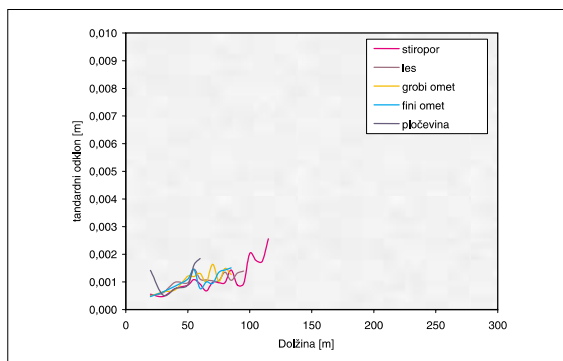
Graf 5: Standardni odklon dolžine, merjene z razdaljemerom Leica Wild DIOR 3002S pri zasuku 0° za vse materiale (5)



Linije grafa 5 kažejo, da je natančnost do dolžine 170 m odlična, saj standardni odklon merjene dolžine ne presega 2 mm. Natančnost je skoraj enaka za vse vrste materialov odbojne površine, z izjemo finega ometa. Posebne razlage za bistveno slabšo natančnost pri tem materialu za oddaljenosti od 160 m do 200 m nimamo. Pri dolžinah, daljših od 200 m, pa natančnost za vse materiale nepričakovano strmo pade. Standardni odklon merjene dolžine dosega vrednost celo 2 cm in več. Natančnost je zelo neenakomerna, zaradi skokov je nemogoče dobro določiti trend (Marolt J., 1999).

B. Razdaljemer tahimetra Leica TCR 307

Graf 6: Standardni odklon dolžine, merjene z razdaljemerom tahimetra Leica TCR 307 pri zasuku 0° za vse materiale (5)

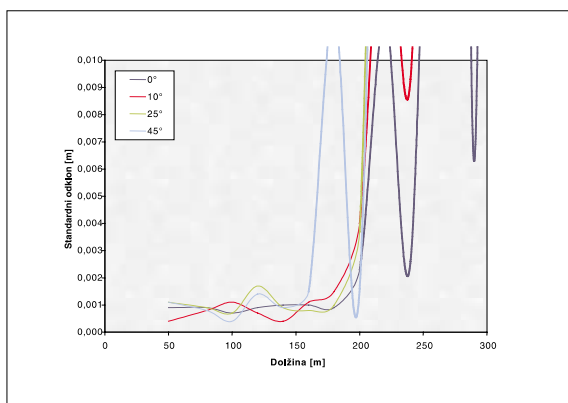


Iz grafa 6 in numeričnih izračunov je razvidno, da je standardni odklon pri vseh materialih, ne glede na dolžino, enak. Natančnost je relativno visoka, saj je vrednost standardnega odklona na intervalu od 0,5 mm do 1,5 mm. Izjema je stiropor, kjer ta vrednost doseže 2 mm, kar je še vedno dobro (Ambrožič M., 2000). Ta natančnost, praktično tudi neodvisna od vrste materiala, za reševanje večine praktičnih nalog več kot zadošča.

4.2 Natančnost glede na zasuk

Ugotavljali smo odvisnost natančnosti meritev od zasuka odbojne površine (vpadnega kota žarka) in sicer za tri materiale: stiropor, grobi omet in pločevino.

A. Razdaljemer Leica Wild DIOR 3002S

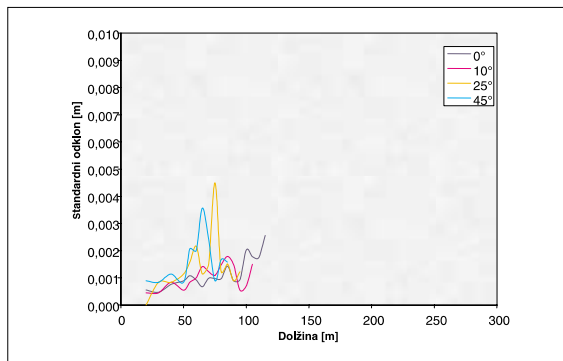


Graf 7: Standardni odklon dolžine, merjene z razdaljemerom Leica Wild DIOR 3002S pri stiroporu in zasukih 0°, 10°, 25° in 45°

Graf 7 prikazuje padanje natančnosti glede na zasuk le pri stiroporu. Na enak način sta bila testirana še grobi omet in pločevina. Pri grobem ometu in stiroporu zasuk odbojne ploskve pri dolžinah do 160 m ne vpliva bistveno na natančnost. Standardni odkloni ne presežejo vrednosti 1,7 mm. Pri večjih razdaljah pa natančnost prične strmo padati. Pri pločevini se natančnost glede na ostala dva materiala hitreje slabša, vendar pa do dolžine 100 m zasuk nanjo nima večjega vpliva (Marolt J., 1999).

B. Razdaljemer tahimetra Leica TCR 307

Graf 8: Standardni odklon dolžine, merjene z razdaljemerom tahimetra Leica TCR 307 pri stiroporu in zasukih 0°, 10°, 25° in 45°



Pri nobenem izmed treh materialov zasuk nima bistvenega vpliva na natančnost do dolžine približno 50 m, kjer znaša vrednost standardnega odklona 1,3 mm (graf 8). Pri daljših dolžinah pa se z naraščanjem kota zasuka odbojne površine natančnost zmanjšuje (Ambrožič M., 2000).

5. ZAKLJUČEK

Rezultati testiranja potrjujejo, da izbrana testna razdaljemera težko primerjamo po zmogljivostih. Največja razlika je veliko večji doseg, ki nam ga omogoča DIOR 3002S. S tem instrumentom lahko merimo tudi dolžine preko 300 m brez uporabe reflektorja. Rezultati so pokazali, da je bil doseg v srednjih oz. dobrih pogojih okolja ob testiranju manjši, kot ga navaja proizvajalec. Razdaljemer instrumenta Leica TCR 307 nam omogoča merjenje dolžin brez reflektorjev tudi do 120 m, kar pa je bistveno več kot navaja proizvajalec. Ločljivost obeh instrumentov se pri merjenju dolžin brez reflektorjev ne poslabša.

Testiranja so pokazala tudi podobno odvisnost dosega od vrste materiala in zasuka odbojne površine. Pri merjenju brez reflektorjev je namreč zelo pomembno, na kakšnem materialu se žarek odbije ter pod kakšnim kotom pade signal na odbojno površino. Pri grobih materialih se jakost odboja z oddaljevanjem počasneje zmanjšuje. Zasuk je problematičen pri gladkih površinah, saj se proti instrumentu odbije veliko manjša količina vpadnega signala kot pri grobih materialih. Na zasuk odbojne površine je bolj občutljiv DIOR 3002S, saj je povprečno zmanjšanje dosega pri kotu 45° pri tem instrumentu približno 30 %, pri razdaljemeru tahimetra TCR 307 pa le 6 % maksimalnega dosega instrumenta.

Natančnost je pri razdaljemeru tahimetra Leica TCR 307 praktično neodvisna od vrste materiala in oddaljenosti, občutljiva pa je na zasuke.

Razdaljemer Leica Wild DIOR 3002S pa omogoča dovolj natančno merjenje dolžin brez uporabe reflektorjev do oddaljenosti 150 m do 200 m, ne glede na material in zasak odbojne površine. Natančnost je pri njem boljša, kot jo navaja proizvajalec. Pri daljših dolžinah pa je lahko natančnost merjenih dolžin problematična.

Ocenjeno je torej, kako natančno lahko s testiranima instrumentoma izmerimo dolžino brez uporabe reflektorja. Ali pa je ta natančno izmerjena dolžina tudi točna? Dodatno je potrebno upoštevati še meteorološke, instrumentalne in predvsem specifične geometrične popravke. To pa je že druga zgodba.

Literatura

Ambrožič M., Testiranje razdaljemera elektronskega tahimetra Leica TCR 307 pri merjenju dolžin brez uporabe reflektorja, diplomska naloga, mentor D.Kogoj, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Oddelek za geodezijo, Ljubljana, 2000

Joekl R., Stober M., Elektronische Entfernungs- und Richtungsmessung, Verlag Konrad Wittwer GmbH, Stuttgart, 1989

Kogoj D., Merjenje dolžin z elektronskimi razdaljemerji, FGC, Oddelek za geodezijo, Ljubljana, 2000

Marolt J., Merjenje dolžin z elektronskimi razdaljemerji brez uporabe reflektorjev, diplomska naloga, mentor D.Kogoj, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Oddelek za geodezijo, Ljubljana, 1999

Moser M., Distanzmessungen in Nahbereich, Zeitschrift für Vermessungswesen, 11/2000, str.377-381

Vodopivec F., Kogoj D., Die Geometriebestimmung des Kühlturms 4 des Wärmekraftwerkes Šoštanj, Vermessungswesen und Raumordnung, Bonn, 2000, 62. Jahrgang, Heft 1, str. 51-58

Vodopivec F., Kogoj D., The Use of Impulse Distancemeter for Determination of High Buildings, 1st International Conference of Engineering Surveying, Proceedings, Bratislava (Department of Surveying, Faculty of Civil Engineering, Slovak University of Technology Bratislava), 1998, str.159-165

Vodopivec F., Kogoj D., Leica Wild DIOR DI 3002S distance meter and distance meter of Leica TCR 307 electronic tachymeter for distance measurement without reflector application, Application of geodetic and information technologies in the physical planning of the territories, zbornik predavanj. Sofia: Union of Surveyors and Land Managers in Bulgaria, 2000, str. 264-274

Priročnik o instrumentu Leica TCR 307

Priročnik o instrumentu Leica Wild DIOR 3002S

Recenzija: Sandi Berk
Damjan Kvas

Prispelo v objavo: 2000-01-12