

Univerza
v Ljubljani
Fakulteta
*za gradbeništvo
in geodezijo*

*Janova 2
1000 Ljubljana, Slovenija
telefon (01) 47 68 500
faks (01) 42 50 681
fgg@fgg.uni-lj.si*



Visokošolski program geodezija,
Smer Geodezija v inženirstvu

Kandidat:

Peter Kovač

Določitev praktične natančnosti elektronskih tahimetrov - Sokkia SET 4000

Diplomska naloga št.: 195

Mentor:

izr. prof. dr. Dušan Kogoj

Ljubljana, 16. 6. 2006

IZJAVA O AVTORSTVU

Podpisani **PETER KOVAČ** izjavljam, da sem avtor diplomske naloge z naslovom:
**DOLOČITEV PRAKTIČNE NATANČNOSTI ELEKTRONSKEGA TAHIMETRA
SOKKIA SET 4010.**

Izjavljam, da se odpovedujem vsem materialnim pravicam iz dela za potrebe elektronske
separatoteke FGG.

Ljubljana, 2006

BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK**UDK:** 528.521.088.3**Avtor:** Peter Kovač**Mentor:** izr. prof. dr. Dušan Kogoj**Naslov:** Določitev praktične natančnosti elektronskega tahimetra SOKKIA SET 4010**Obseg in oprema:** 74 str., 2 tab., 23 sl.**Ključne besede:** elektronski tahimeter, razdaljemer, standard, praktična natančnost**Izvleček**

V prvem delu diplomske naloge sem predstavil lastnosti, delovanje in načine čitanja elektronskih teodolitov. Temu sledi opis razvoja, zgradbe in delovanja elektronskih razdaljemerov. V naslednjem delu sem podrobneje predstavil elektronski tahimeter SOKKIA SET 4010 – opis instrumenta, tehnični podatki, predstavitev menijev in rokovanje z instrumentom. V zadnjem delu naloge pa sem predstavil standarda za določitev praktične natančnosti geodetskih instrumentov DIN 18723 in ISO 17123, ter po njima tudi preizkusil opisani elektronski tahimeter SOKKIA SET 4010.

BIBLIOGRAPHIC – DOCUMENTALISTIC INFORMATION**UDC:** 528.521.088.3**Author:** Peter Kovač**Supervisor:** prof. dr. Dušan Kogoj**Title:** The determination of accuracy in use for electronic tacheometers
SOKKIA SET 4010**Notes:** 74 p., 2 tab., 23 fig.**Key words:** electronic tacheometers, distance meters, standard, practical
precision**Abstract**

In the first part of degree I represent properties, operation and method of reading of the electronic theodolites. Than I describe development, structure and operation of the electronic distance meters. In the second part of degree I represent in greater detail electronic tacheometer SOKKIA SET 4010 – description of instrument, technical data, represent the menu and handling with the instrument. In the last part I represent standards for testing geodetic and surveying instruments DIN 18723 and ISO 17123, and define practical precision for electronic tacheometer SOKKIA SET 4010.

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorju prof. dr. Dušanu Kogoju za pomoč in vodenje pri opravljanju diplomske naloge. Posebna zahvala gre staršem, ki so mi omogočili študij, me podpirali in stali ob strani.

KAZALO VSEBINE

1	UVOD.....	1
2	ELEKTRONSKI TEODOLITI	3
2.1	ELEKTRONSKI NAČINI DOLOČANJA ODČITKOV NA KROGIH.....	4
2.1.1	<i>Statična metoda</i>	5
2.1.2	<i>Dinamična metoda.....</i>	6
2.2	METODA DOLOČANJA ODČITKOV NA KROGIH PRI INSTRUMENTU SOKKIA SET 4010- INKREMENTALNI NAČIN	7
3	ELEKTRONSKI RAZDALJEMERI.....	9
3.1	PRINCIP DELOVANJA IN ZGRADBA RAZDALJEMEROV	9
3.2	IMPULZNI RAZDALJEMERI.....	12
3.3	INTERFERENČNI RAZDALJEMERI.....	13
3.4	FAZNI RAZDALJEMERI (NAČIN MERJENJA DOLŽIN PRI SOKKIA SET 4010).....	15
3.4.1	<i>Princip merjenja.....</i>	17
3.5	MERJENJE DOLŽIN BREZ UPORABE REFLEKTORJEV	21
4	ELEKTRONSKI TAHIMETER SOKKIA SET 4010.....	23
4.1	ZGRADBA – STRUKTURA INSTRUMENTA.....	23
4.2	TEHNIČNI PODATKI INSTRUMENTA	25
4.3	UPORABNIŠKI VMESNIK.....	27
4.3.1	<i>Tipkovnica</i>	27
4.3.2	<i>Spreminjanje parametrov instrumenta</i>	29
4.3.3	<i>Razumevanje strukture menijev</i>	30
4.4	PRAKTIČNI PRIMER IZVEDBE DELA – TOPOGRAFIJA	34
4.5	PREGLEDOVANJE IZMERJENIH PODATKOV	37
4.6	OPOZORILNA SPOROČILA	38
4.7	UPORABNOST INSTRUMENTA	39
5	PREIZKUS PRAKTIČNE NATANČNOSTI GEODETSKIH INSTRUMENTOV PO STANDARDIZIRANIH POSTOPKIH	40
5.1	STANDARDIZACIJA	40
5.2	NATANČNOST GEODETSKIH INSTRUMENTOV	42
5.3	PRAKTIČNA NATANČNOST GEODETSKIH INSTRUMENTOV PO DIN 18723 STANDARDU	44
5.3.1	<i>Praktična natančnost merjenja vertikalnih kotov – $S_{DIN18723-THEO-V}$.....</i>	44
5.3.2	<i>Praktična natančnost merjenja horizontalnih kotov – $S_{DIN18723-THEO-Hz}$.....</i>	50

5.3.3	<i>Praktična natančnost razdaljemerov kratkega dosega po DIN 18723-6</i>	55
5.4	PRAKTIČNA NATANČNOST GEODETSKIH INSTRUMENTOV PO ISO 17123 STANDARDU	57
5.4.1	<i>Določitev praktične natančnosti teodolitov po ISO 17123-3</i>	57
5.4.2	<i>Praktična natančnost elektro-optičnih razdaljemerov po ISO 17123-4</i>	60
5.4.3	<i>Praktična natančnost elektronskih tahimetrov po ISO 17123-5</i>	62
5.5	ANALIZA REZULTATOV	69
6	ZAKLJUČEK	71

KAZALO PREGLEDNIC

PREGLEDNICA 1: SPREMINJANJE PARAMETROV INSTRUMENTA	29
PREGLEDNICA 2: ANALIZA REZULTATOV	69

KAZALO SLIK

SLIKA 2.1: RAZVOJ ELEKTRONSKIH TAHIMETROV	3
SLIKA 2.2: STRUKTURA ELEKTRONSKIH TAHIMETROV	4
SLIKA 2.3: ODČITAVANJE KODNIH LINIJ	5
SLIKA 2.4: DINAMIČNI NAČIN ČITANJA.....	6
SLIKA 2.5: INKREMENTALNI NAČIN DOLOČANJA ODČITKOV NA KROGIH	7
SLIKA 2.6: SINUSNO MENJANJE JAKOSTI SVETLOBNEGA SIGNALA	8
SLIKA 3.1: MERJENJE DOLŽIN Z ELEKTRONSKIM RAZDALJEMEROM Z UPORABO REFLEKTORJEV	10
SLIKA 3.2: POT ELEKTROMAGNETNEGA VALOVANJA PRI MERJENJU DOLŽIN Z ELEKTRONSKIMI RAZDALJEMERI	11
SLIKA 3.3: OSNOVNI PRINCIP DELOVANJA IMPULZNIH RAZDALJEMEROV	12
SLIKA 3.4: DELOVANJE MICHELSONOVEGA INTERFEROMETRA.....	14
SLIKA 3.5: AMPLITUDNA IN FREKVENČNA MODULACIJA	16
SLIKA 3.6: FAZNI NAČIN MERJENJA DOLŽIN	17
SLIKA 3.7: DOLŽINA JE VSOTA VEČKRATNIKA ENOTE IN OSTANKA	18
SLIKA 3.8: DIGITALNI NAČIN DOLOČITVE FAZNE RAZLIKE	20
SLIKA 4.1 :SOKKIA SET 4010 POWERSET TOTAL STATION	24
SLIKA 4.2: IZGLED ALFANUMERIČNE TIPKOVNICE IN ZASLONA	27
SLIKA 5.1: DOLOČITEV PRAKTIČNE NATANČNOSTI MERJENJA VERTIKALNIH KOTOV PO DIN 18723 STANDARDU ..	44
SLIKA 5.2: DOLOČITEV PRAKTIČNE NATANČNOSTI MERJENJA HZ KOTOV PO DIN 18723 STANDARDU.....	50
SLIKA 5.3: DOLOČITEV PRAKTIČNE NATANČNOSTI RAZDALJEMEROV KRATKEGA DOSEGA PO DIN 18723-6 STANDARDU.....	55
SLIKA 5.4: DOLOČITEV PRAKTIČNE NATANČNOSTI MERJENJA HORIZONTALNIH KOTOV PO ISO 17123-3 STANDARDU.....	57
SLIKA 5.5: DOLOČITEV PRAKTIČNE NATANČNOSTI MERJENJA VERTIKALNIH KOTOV PO ISO 17123-3 STANDARDU	59
SLIKA 5.6: DOLOČITEV PRAKTIČNE NATANČNOSTI RAZDALJEMEROV KRATKEGA DOSEGA PO ISO 17123-4 STANDARDU.....	60
SLIKA 5.7: DOLOČITEV PRAKTIČNE NATANČNOSTI ELEKTRONSKIH TAHIMETROV PO ISO 17123-5 STANDARDU ...	62

1 UVOD

Začetki teodolitov segajo že v leto 1590, kjer zasledimo Habermelov teodolit. Prvi pravi teodolit, z lastnostmi današnjega enostavnega teodolita je izdelal angleški geodet Jaohn Sisson leta 1730, katerega pa je leta 1783 izpopolnil anglež Jesse Ramsden. Leta 1846 je bila v Jeni ustanovljena Zeissova optična delavnica, s katero se prične obdobje razvoja modernega optičnega merilnega instrumentarija. Vodeča podjetja v proizvodnji geodetskega instrumentarija so si prizadevala izboljšati in poenostaviti ravnanje okornega in nepriročnega instrumentarija, zmanjšati težo in obseg, ter povečati natančnost. Tako so geodetske teodolite dopolnjevali v merilni preciznosti do tolikšne mere, da razlikovanje med enostavnimi, inženirskimi ali geodetskimi, ter preciznimi teodoliti ni nič več posebnost.

Razvoj elektronskih razdaljemerov se je začel v 20. letih 20. stoletja. Predhodniki prvih elektronskih razdaljemerov, so bili instrumenti, ki so se uporabljali za vojaške potrebe – radar in sonar. Leta 1949 je bil skonstruiran prvi elektronski razdaljemer za geodetske namene, katerega uporaba pa je bila mogoča le v mraku in v temi, saj je uporabljal vidno svetlobo (geodimeter). Leta 1956 je anglež Wadly izdelal razdaljemer, s katerim so se lahko meritve izvajale tudi podnevi. Imenoval se je Tellurometer in je deloval na faznem principu, njegov doseg pa je bil do 80 km.

Leta 1969 zasledimo v Wildovi tovarni prvi elektronski razdaljemer, osem let kasneje pa že lahko govorimo o razvoju teodolitov z možnostjo shranjevanja izmerjenih podatkov. Instrumenti so bili robustni, v primerjavi z današnjimi počasni in okorni, vendar so bili to predhodniki današnjih elektronskih geodetskih instrumentov.

Potrebe po avtomatizaciji delovnih procesov in visoki natančnosti meritev in rezultatov so zahtevale nadgraditev klasičnega geodetskega instrumentarija s povezavo kotnih in dolžinskih meritev v samostojen delovni proces. Tako so se z vgrajevanjem elektro-optičnih razdaljemerov v elektronske teodolite razvili elektronski tahimetri. Od začetka devetdesetih let so se na trgu začeli pojavljati tahimetri najrazličnejših proizvajalcev, vendar je osnovni način delovanja tahimetra pri vseh proizvajalcih enak. Potrebe po čim enostavnejšem delu s tahimetri, ki bi bili manjših dimenzij in večje natančnosti, so pripeljale do močne konkurence med posameznimi proizvajalci, s tem pa tudi do boljše kvalitete. Eden takšnih instrumentov je

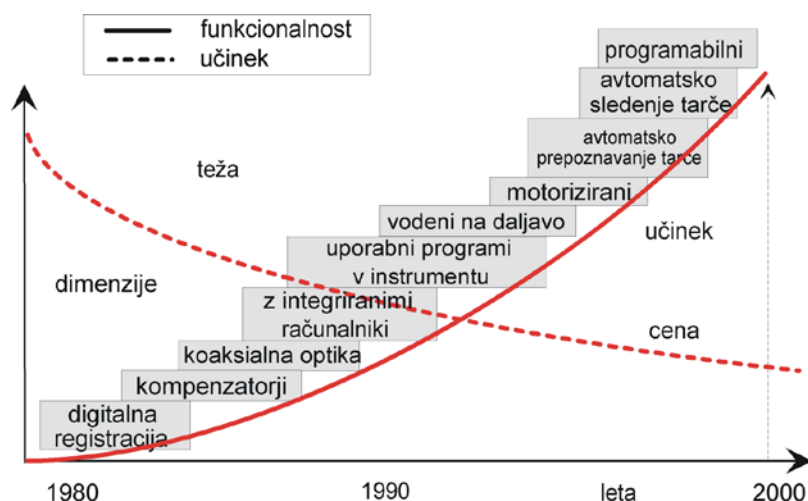
tudi elektronski tahimeter japonskega proizvajalca SOKKIA SET 4010, katerega sem predstavil v diplomski nalogi in določil njegovo praktično natančnost po standardiziranem postopku.

Z vedno večjimi zmogljivostmi merskih senzorjev in programske opreme se je uporaba terestičnega geodetskega instrumentarija razširila na zajem kinematičnih procesov in izvajanje kontinuiranih meritev. Najsodobnejši elektronski tahimetri tako podpirajo samostojne procese, kot so avtomatska kompenzacija vertikalnosti Z-osi, samodejno prepoznavanje in sledenje reflektorja, natančno viziranje, samodejno izvajanje kotnih in dolžinskih meritev, dvostransko komunikacijo z zunanjimi aplikacijami. Vhod in izhod podatkov poteka preko tipkovnice in zaslona, zaporednega vmesnika in modula za povezavo z zunanjim računalnikom. Merske vrednosti, uporabniški programi in vhodni podatki so shranjeni na pomnilniških karticah ali na zunanjem računalniku. Pripadajoči programski paketi omogočajo obdelavo podatkov in pridobitev rezultatov v skoraj realnem času. Z razvojem algoritmov, obdelave slike in možnostjo sledenja cilja ter nadgraditvijo ustrezne strojne in programske opreme pa so instrumenti pridobili široko področje uporabe.

2 ELEKTRONSKI TEODOLITI

Za merjenje horizontalnih in vertikalnih kotov oziroma zenitnih razdalj, danes uporabljamo praktični le še elektronske teodolite, ki so najpogosteje kombinirani z elektronskimi razdaljemerji. Govorimo o elektronskih tahimetrih.

Elektronski teodoliti so optični, mehanični in elektronski inštrumenti za merjenje kotov, pri katerih preberemo odčitek horizontalnega in vertikalnega kroga na displayu, hkrati pa rezultate tudi avtomatsko registrira. Pri avtomatski registraciji podatkov se odpravi napaka napačnega zapisovanja v tahimetrični zapisnik, delo je bistveno hitrejše in udobnejše, saj lahko z določeno programsko opremo, ki jo imamo vgrajeno v teodolit, dobimo rezultate meritev – koordinate, razdalje, smerne kote itd.



Slika 2.1: Razvoj elektronskih tahimetrov

Osnova elektronskih teodolitov je klasični optični teodolit z elektronskimi dodatki in izboljšavami, kot so:

- elektronski način določanja odčitkov na krogih,
- elektronski dodatek kompenzatorju, ki omogoča, da inštrument sam ugotovi nagnjenost vertikalne osi,
- digitalni zapis merskih vrednosti (shranjevanje, prenos),
- avtomatsko določitev mesta indeksa pri merjenju vertikalnih kotov
- notranji procesor, ki omogoča takojšnjo obdelavo merskih vrednosti

- lasersko grezilo
- pri sodobnejših inštrumentih pa je z dodano CCD kamero in servomotorji viziranje avtomatsko.



Slika 2.2: Struktura elektronskih tahimetrov

Kljub navidezni popolnosti, se pri elektronskih teodolitih prav tako pojavljajo instrumentalni pogoški, ki omejujejo natančnost meritev. Nujen je nadzor nad pravilnim delovanjem instrumenta. Ob njihovih ekstremnih vrednostih je vpliv na mersko vrednost lahko kritičen. Nadzor oz. kontrola instrumentalnih pogoškov je mogoča s periodičnim preizkusom instrumenta. Za teodolit v normalni situaciji zadostuje letni preizkus. S preizkusi določimo vrednosti pogoškov, z elektronskim justiranjem pa instrumentu ukažemo, da na osnovi teh vrednosti korigira merske vrednosti

2.1 Elektronski načini določanja odčitkov na krogih

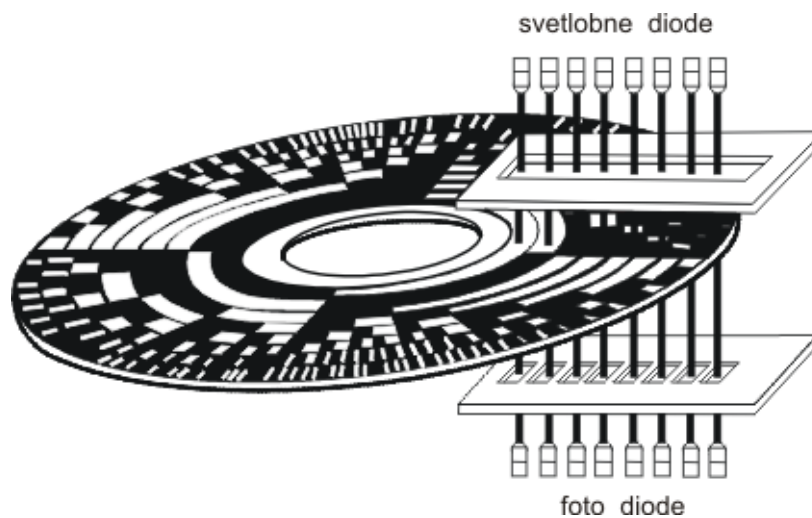
Pri elektronskem načinu določanja odčitkov na krogih ločimo naslednje načine čitavanja:

- statična metoda: kodirni način
 inkrementalni način
- dinamična metoda.

2.1.1 Statična metoda

2.1.1.1 Kodirni način

Pri kodirnem načinu klasično numerično razdelbo zamenja kodirna razdelba. Odčitka na krogih sestavljajo kode, ki so sestavljene iz kodnih linij. Potrebno je definirati mesto čitanja, ki je definirano s položajem niza fotocelic. Fotocelica je kombinacija luminiscenčne diode in fotodiode. Od števila kod zavisi natančnost odčitkov, število kod pa je odvisno od števila kodnih linij. Za instrument z natančnostjo 3", bi potrebovali približno 19 kodnih linij, oz. 400000 različnih kod, kar pa tehnično ni mogoče izdelati. Zato so se različni proizvajalci posluževali dodatnih interpolacij, s katerimi so dosegli natančnejše odčitke.



Slika 2.3: Odčitavanje kodnih linij

Tako poznamo:

1. Interpolacija z elektronskim mikrometrom s planparalelno ploščo:

Imamo steklen krog s črtnim rastrom, skozi katerega prehaja svetloba, ki jo oddaja luminiscenčna dioda.

2. Interpolacija s pomočjo Moirejevih črt:

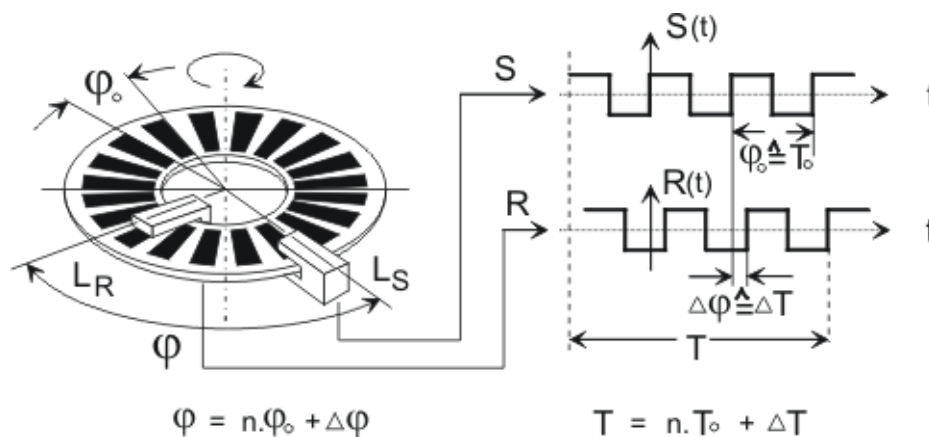
Moirejeve črte se pojavljajo pri združevanju slik. Sama interpolacija temelji na povečavi slike osnovnega intervala s pomočjo Moirejevega efekta, ki je lahko tudi do dvesto kratna. Interpolacijo s pomočjo Moirejevega efekta se lahko izvede na dva načina:

- na osnovi zasuka
- na osnovi spremembe merila.

2.1.2 Dinamična metoda

Dinamična metoda temelji na določanju kotne vrednosti na osnovi merjenja časa. Osnovni del naprave je rotirajoča plošča z režo, ki omogoča prehod svetlobnega žarka. Plošča se vrti s kotno hitrostjo ω in preteče dve značilni mesti, ki sta določeni z dvema fotocelicama. Prva fotocelica predstavlja ničelno smer, ki je definirana s položajem A in je pritrjena na spodnji sestav teodolita, druga pa je definirana z opazovano smerjo – fotocelica B, ki je vrtljiva. Rezultat je čas kota $\varphi(T\varphi)$.

$$\varphi = \omega * T\varphi$$



Slika 2.4: Dinamični način čitanja

Za dovolj natančne meritve je potrebno zagotoviti :

- natančno merjenje časa
- stalno kotno hitrost.

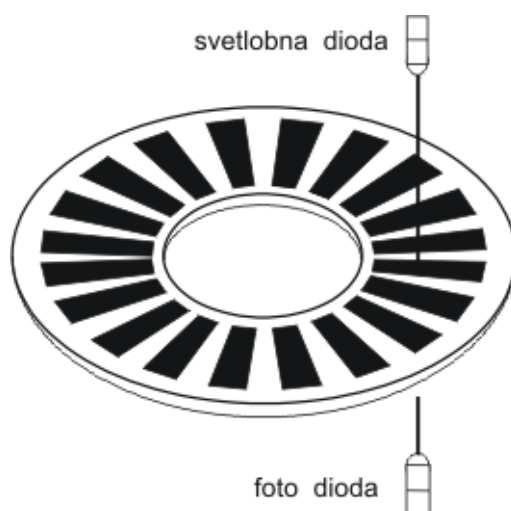
Za dovolj natančno merjenje časa se uporabljajo precizne ure od 15 do 50 MHz. V sekundi se plošča z režo zavrti par stokrat.

2.2 Metoda določanja odčitkov na krogih pri instrumentu SOKKIA SET 4010-inkrementalni način

SOKKIA SET 4010 vsebuje osnove navadnih optično-mehanskih teodolitov z elektronsko povezavo za določanje odčitkov na krogih in komunikacijo med operaterjem, procesorjem in zapisovalnikom. V principu se pri SET 4010 uporablja statična metoda in sicer inkrementalni način čitanja.

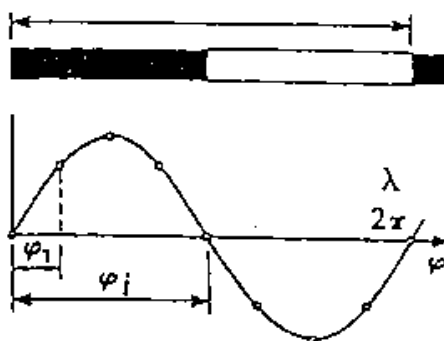
Pri inkrementalnem načinu ničla na krogu ni fiksna. Določa se ob vsaki vključitvi elektronskega teodolita posebej in sicer je pri vsakem vklopu instrumenta nič. Pri vertikalnem krogu je vsakič potrebno določiti mesto indeksa.

Razdelbo na krogih predstavljajo enako široka svetla in temna polja - inkrementi. Za odčitek na 1 mgon natančno, mora imeti krog 200.000 temnih in 200.000 svetlih polj, skupaj 400.000, zato mora biti označba zelo fina.



Slika 2.5: Inkrementalni način določanja odčitkov na krogih

Definirati je potrebno osnovno enoto – to je interval, ki pomeni kombinacijo svetlo temnega polja. Sistem za detekcijo deluje na principu štetja svetlih in temnih polj na krogu, s pomočjo svetlobnega izvora, ki je na eni strani kroga in sveti skozi razdelbo na fotodiodo, ki spremlja svetlobni signal. Ta signal se z vrtenjem alhidade spreminja sinusno.



Slika 2.6: Sinusno menjanje jakosti svetlobnega signala

Vsaka perioda sinusne krivulje odgovarja premiku alhidade za eno polje oz. inkrement. Sinusne signale pretvorimo v pravokotne, te pa uporabimo kot elektronski števec. Rezultat lahko prikažemo na ekranu ali pa ga shranimo v pomnilnik.

Vsako merjenje se prične v začetnem položaju, ki ima vrednost 0, zato moramo pri merjenju zenitnih razdalj najprej določiti mesto indeksa vertikalnega kroga. To opravimo z zasukom daljnogleda preko osi y v drugo krožno lego.

Zenitne razdalje lahko merimo s tremi nitmi ali s samo eno – srednjo nitjo. Pri merjenju s tremi nitmi, dobimo več odčitkov iz katerih nato izračunamo pravo vrednost zenitne razdalje, s tem pa dobimo tudi kontrolo meritev.

Pri odčitavanju na eno samo nit, dobimo le po en odčitek v vsaki krožni legi in nimamo kontrole merjenja. Pri tem se lahko pojavijo razlike merjenih zenitnih razdalj, saj je ta način merjenja odvisen od sistematičnega pogreška viziranja operaterja.

Vsaka izmerjena zenitna razdalja se pri merjenju shrani skupaj z izmerjeno dolžino in horizontalno smerjo v notranji pomnilnik.

3 ELEKTRONSKI RAZDALJEMERI

Elektronske instrumente za merjenje dolžin z uporabo elektromagnetnega valovanja imenujemo elektronski razdaljemerji.

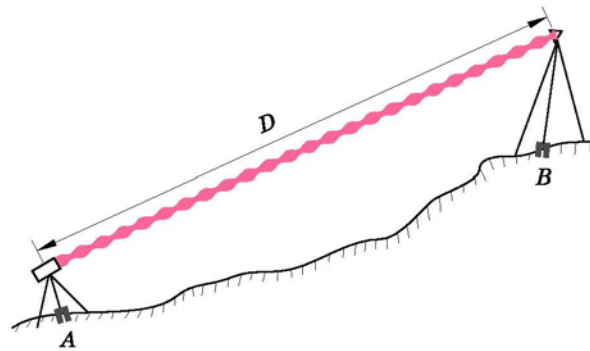
S pojavom prvih elektronskih razdaljemerov, je postalo merjenje dolžin hitrejše, bolj ekonomično in bolj učinkovito. V petdesetih letih razvoja je prišlo do veliko sprememb oziroma izboljšav, od katerih so najpomembnejše naslednje:

- Bistveno se je zmanjšala masa in velikost instrumentov.
- Povečal se je doseg predvsem elektrooptičnih razdaljemerov.
- Klasičnih terestičnih mikrovalovnih razdaljemerov ne izdelujejo več.
- Povečala se je natančnost razdaljemerov.
- Izdelani so bili prototipi razdaljemerov, ki delujejo po principu dvobarvne metode merjenja dolžin.
- Uveljavil se je tudi impulzni način merjenja dolžin.
- Nekateri razdaljemerji omogočajo tako imenovano dinamično merjenje dolžin. V kratkem časovnem intervalu instrument izvede zelo veliko število meritev.
- Elektronski razdaljemerji se kombinirajo z elektronskimi teodoliti. Rezultat so elektronski tahimetri.

3.1 Princip delovanja in zgradba razdaljemerov

Osnovni princip merjenja dolžin z elektronskimi razdaljemerji je določitev velikosti dolžine na osnovi izmerjenega časovnega intervala potovanja elektromagnetnega valovanja med začetno in končno točko.

Na eno krajno točko postavimo instrument, na drugo pa reflektor. Sodobni elektronski razdaljemerji so predvsem elektrooptični. Instrument je izvor elektromagnetnega valovanja. Valovanje preko oddajne optike instrumenta usmerimo proti reflektorju, kjer se elektromagnetni valovi odbijejo in valovanje še enkrat prepotuje merjeno dolžino v obratni smeri in pade na sprejemno optiko instrumenta.



Slika 3.1: Merjenje dolžin z elektronskim razdaljmerom z uporabo reflektorjev

Predpostavimo, da poznamo trenutek, ko valovanje zapusti instrument in trenutek, ko se isto valovanje ponovno vrne – čas potovanja valovanja, na osnovi katerega bomo izračunali dolžino, je v tem primeru poznan:

$$\Delta t = t_M - t_R,$$

ker je t_R – trenutek oddaje signala (referenčni signal)

t_M – trenutek sprejema signala (merski signal).

Instrument dejansko ta čas določi direktno ali indirektno s primerjavo tako imenovanega referenčnega signala in merskega signala oziroma s primerjavo notranje in zunanje poti elektromagnetnega vala. Ko je časovni interval Δt določen, dolžino izračunamo po teoretično enostavni enačbi:

$$D = \frac{c * \Delta t}{2},$$

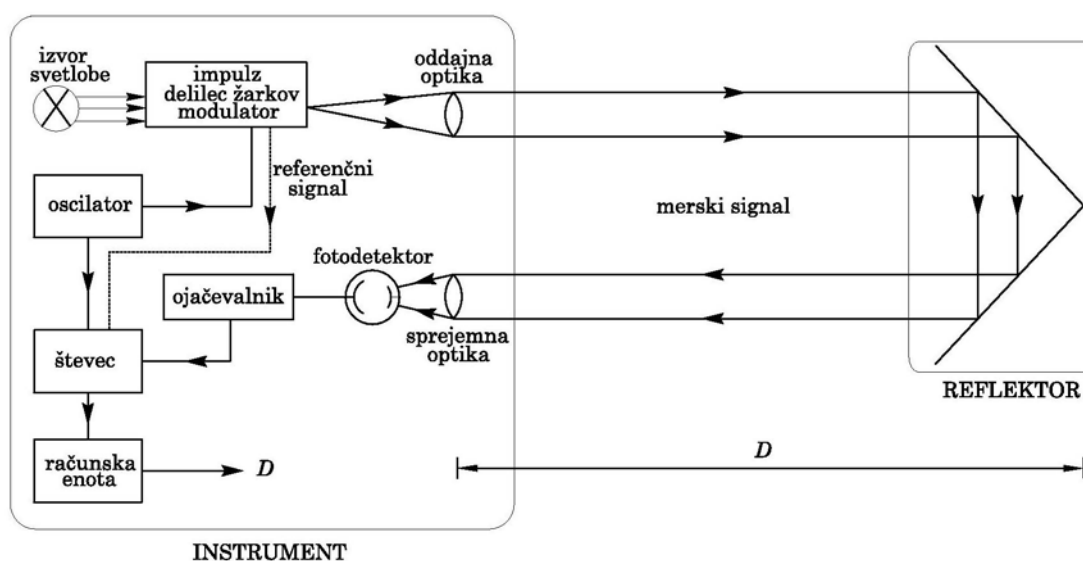
kjer je D – dolžina med točkama

c – hitrost elektromagnetnega valovanja

Δt – čas, ki ga valovanje potrebuje, da dvakrat prepotuje merjeno razdaljo.

Princip merjenja je na prvi pogled enostaven, zahtevne pa so tehnične rešitve v instrumentu. Iz enačbe vidimo, da moramo zelo natančno poznati dve količini, hitrost valovanja c in časovni interval Δt .

Danes uporabljamo za terestične meritve predvsem elektrooptične razdaljemere, ki pri svojem delovanju uporabljajo vidno svetlobo ali infrardečo svetlobo. Čeprav ti instrumenti na različne načine določijo časovni interval Δt , je njihova osnovna zgradba podobna.



Slika 3.2: Pot elektromagnetnega valovanja pri merjenju dolžin z elektronskimi razdaljemerji

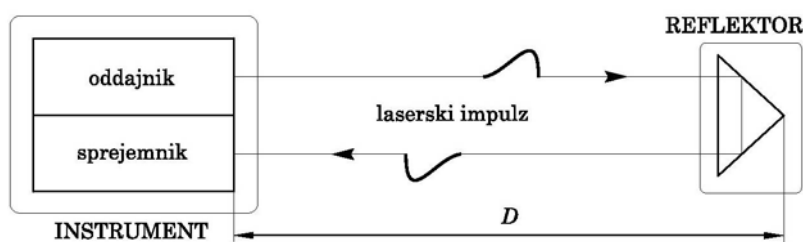
Merjenje dolžin z elektronskimi razdaljemerji je na prvi pogled zelo enostavno in hitro, vendar je od direktne merske vrednosti do iskane vrednosti dolžine pogosto še dolga pot.

Poznamo različne delitve elektronskih razdaljemerov, najpogosteje jih delimo glede na način delovanja:

- impulzni razdaljemerji
- interferenčni razdaljemerji
- fazni razdaljemerji.

3.2 Impulzni razdaljemer

Impulzni razdaljemerji so svoje ime dobili po obliki svetlobnega žarka, s pomočjo katerega merijo dolžino. Svetilo v instrumentu generira prekinjeno svetlobno valovanje v obliki svetlobnih impulzov. Svetlobni impulz je kratek svetlobni sunek pravokotne ali trikotne oblike. Čas trajanja impulza je približno 10ns, kar pomeni, da je njegova dolžina približno 10m.



Slika 3.3: Osnovni princip delovanja impulznih razdaljemerov

Osnovni princip merjenja z impulznimi razdaljemerji je od vseh načinov merjenja najbolj enostaven. Temelji na direktnem merjenju časa, ki ga svetlobni impulz potrebuje, da prepotuje razdaljo od razdaljemera do reflektorja in nazaj. Svetlobni impulz zato da dvakrat preteče merjeno pot, potrebuje čas Δt . Instrument ta čas izmeri direktno. Ob poznani hitrosti svetlobe je izračun dolžine enostaven.

$$D = \frac{c * \Delta t}{2}.$$

Pojavi se problem, kako dovolj natančno določiti tako majhen časovni interval. Zanima nas, s kakšno natančnostjo je potrebno določiti vrednost Δt . Iz enačbe za izračun dolžine izrazimo Δt :

$$\Delta t = \frac{2D}{c}.$$

Standardni odklon merjenja časovnega intervala bo:

$$\sigma_{\Delta t} = \frac{2}{c} \cdot \sigma_D.$$

Iz enačbe vidimo, da zahtevana natančnost določitve časovnega intervala ni odvisna od velikosti dolžine, ampak le od tega, kako natančno hočemo določiti dolžino. Komercialna tehnologija dolgo ni omogočala dovolj velike natančnosti. Zaradi nezadostne natančnosti merjenja časovnega intervala Δt , se impulzni razdaljemerji dolgo niso uporabljali za geodetske namene. Uveljavili so se šele v devedesetih letih.

Prednosti impulznih razdaljemerov pred interferenčnim in faznimi so:

- impulzni razdaljemerji dosegajo isto natančnost kot fazni, imajo pa krajši čas merjenja, ker grobo merjenje odpade,
- merimo lahko daljše razdalje (do 15 km), ker so impulzni sunki kratki in zelo močni,
- impulzni način omogoča enolične rezultate izmerjenih dolžin in visoko ločljivost,
- imajo enostavnejšo konstrukcijo kot frekvenčni elektrooptični razdaljemerji in so lažji,
- zaradi močne svetlobne jakosti impulzov je mogoče pri krajših razdaljah meriti brez reflektorjev (tudi do 300 m),
- odpadejo nekateri sistematični pogreški, značilni za fazne razdaljemere.

Slabosti impulznih razdaljemerov:

- natančnost se zmanjša, če merimo brez reflektorjev,
- deformacija svetlobnega impulza zaradi atmosferskih vplivov slabša natančnost meritev,
- zaradi varnosti ni mogoče neomejeno povečevati jakost impulza.

3.3 Interferenčni razdaljemerji

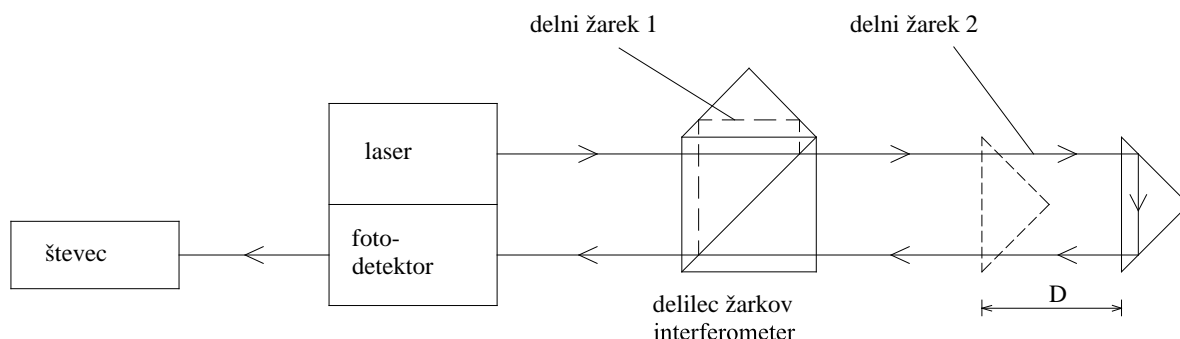
Interferenčni razdaljemerji izkoriščajo fizikalni pojav interference svetlobe, odtod tudi njihovo ime. Dva koherentna svetlobna žarka združimo s čimer nastane interferenčna slika. Oblika interferenčne slike je odvisna od fazne razlike med žarkoma.

Žarka sta koherentna, kadar imata enaki frekvenci, valovni dolžini in stalno fazno razliko. Koherentnost žarkov zagotovimo z laserjem kot izvorom svetlobe in delilcem žarka. Najpogosteje se uporablja helij-neonov laser ($\text{He-Ne } \lambda=0.632 \mu\text{m}$). Delilec razdeli laserski žarek na referenčni žarek, ki ima na fotodetektorju stalno fazo, in na merskega, katerega faza se s spreminjanjem položaja merske prizme spreminja.

Princip delovanja interferenčnih razdaljemerov pa si pogledjmo na primeru Michelsonovega interferometra.

Michelsonov interferometer

Preko nepomične referenčne prizme se delni referenčni žarek 1 usmeri proti fotodetektorju. Delni merski žarek 2 pa gre preko pol propustnega zrcala proti merski prizmi, se odbije in v obratni smeri vrne. Njegova faza na fotodetektorju je odvisna od položaja merske prizme. S spremembo položaja merske prizme v smeri žarka se faza le tega spreminja.



Slika 3.4: Delovanje Michelsonovega interferometra

Če premaknemo mersko prizmo za četrtno valovne dolžine svetlobe laserskega žarka, se spremeni faza merskega žarka na fotodetektorju za π . Ojačitev se spremeni v oslabitev ali obratno. Merjenje dolžine z Michelsonovim interferometrom pomeni štetje ojačitev oziroma oslabitev N pri premiku merske prizme. Premik mora biti tak, da je referenčna prizma vedno v osi merskega žarka, med meritvijo pa ne sme priti do prekinitve žarka. Celotna dolžina je enaka:

$$D = N \cdot \frac{\lambda}{2}$$

Ločljivost interferometra je odvisna od valovne dolžine λ svetlobe laserskega žarka in je teoretično $\lambda/2$. Pri uporabi He-Ne laserja to pomeni $0.316\mu\text{m}$. Ločljivost pa še ne pomeni natančnost razdaljema. Na natančnost interferenčnih razdaljemerov občutno vplivajo pogoji okolja. Relativna natančnost znaša približno $\pm 0.01\text{ppm}$ pri dolžinah do 0.1m ter $\pm 0.5\text{ppm}$ pri dolžinah do 50m . Daljših dolžin z interferometrom praktično ne merimo.

Prednosti interferenčnih razdaljemerov:

- to je najnatančnejši način merjenja dolžin,
- omogoča merjenje dolžin z največjo ločljivostjo.

Slabosti interferenčnih razdaljemerov:

- postopek meritev je zelo zahteven in zato potrebujemo drag instrumentarij in pribor,
- merjenje dolžin je mogoče le, če je zagotovljen kontinuiran premik merske prizme od začetne do končne točke,
- smiselno je meriti dolžine le do 50m , zato jih uporabljamo predvsem za laboratorijske meritve in merjenje deformacij.

3.4 Fazni razdaljermi (Način merjenja dolžin pri SOKKIA SET 4010)

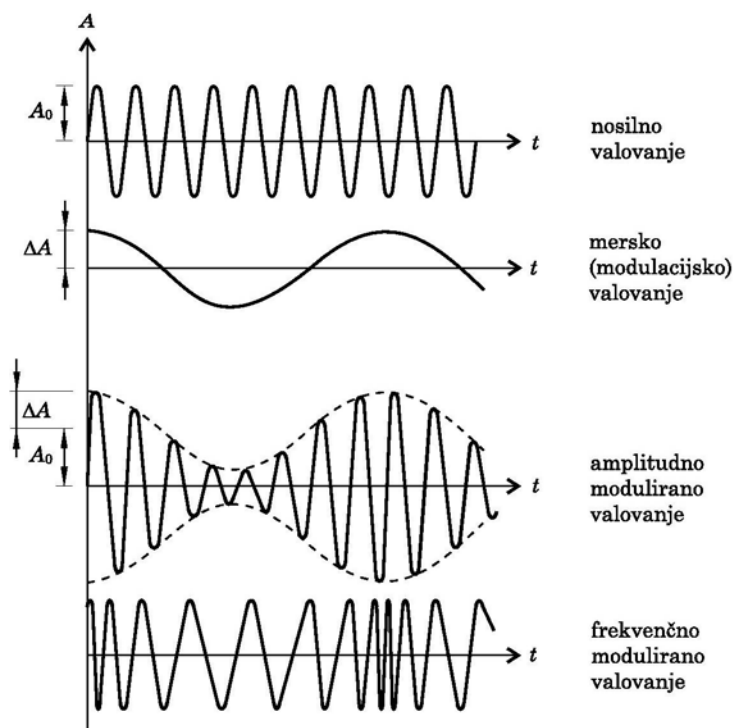
Elektronski tahimeter SOKKIA SET 4010 vsebuje elektronski razdaljemer, ki deluje v faznem načinu delovanja.

Delovanje faznih razdaljemerov temelji na moduliranem elektromagnetnem valovanju. Modulacija je združitev dveh ali več valovanj iste vrste. Združujemo dve elektromagnetni valovanji, ki se lahko ujemata v fazi ali frekvenci, lahko pa imata oba elementa različna. Modulacija pomeni spreminjanje parametrov valovanj v času in prostoru.

V primeru faznih razdaljemerov združujemo dve elektromagnetni valovanji in sicer:

Nosilno valovanje: Svetilo (luminiscenčna dioda, laser ali laserska dioda – včasih termična in plinska svetica) je izvor elektromagnetnega valovanja zelo visokih frekvenc (približno 10^5 GHz). To valovanje zagotavlja premočrnost razširjanja v atmosferi. Govorimo o nosilnem valovanju oziroma o nosilcu informacije faze.

Mersko valovanje: Nosilno valovanje je modulirano z merskim valovanjem, katerega izvor je kvarčni kristal. Kvarčni kristal generira modulacijsko oz. mersko frekvenco f_M , ki je bistveno nižja od frekvence nosilnega valovanja. Današnji razdaljemerji običajne natančnosti uporabljajo mersko frekvenco v intervalu od 15 MHz do 100 MHz, natančnejši pa tudi do 500 MHz. Modulacijska frekvenca nam zagotavlja dolžinsko mersko enoto. Velikost le te je odvisna od velikosti modulacijske frekvence in znaša od 10 m do 30 cm.



Slika 3.5: Amplitudna in frekvenčna modulacija

Vrsta modulacije je odvisna od parametra valovanja, ki se spreminja. Najpogostejši sta amplituda in frekvenčna modulacija, uporablja pa se tudi fazna modulacija. Nosilno valovanje je mogoče glede na vrsto svetila modulirati na dva načina. Poznamo direktno in indirektno modulacijo.

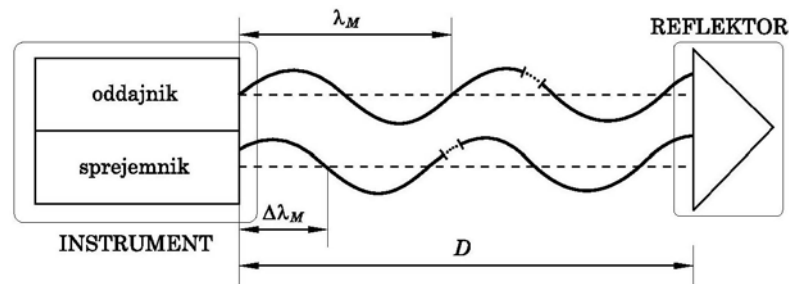
3.4.1 Princip merjenja

Valovna dolžina merskega vala (moduliranega valovanja) ja odvisna od modulacijske frekvence in sredstva, skozi katerega se valovanje širi.

$$\lambda_M = \frac{c}{f_M}$$

kjer je λ_M – valovna dolžina moduliranega valovanja
 f_M – modulacijska frekvenca
 c – hitrost nosilnega svetlobnega valovanja v sredstvu

Modulirano valovanje predstavimo z enostavno sinusoido.



Slika 3.6: Fazni način merjenja dolžin

Celotno pot merskega žarka (dvakrat pretečeno dolžino od razdaljemera do reflektorja) zapišemo v enotah modulacijskih valovnih dolžin. Dolžina med začetno in končno točko je:

$$2D = N \cdot \lambda_M + \Delta\lambda_M$$

in je

$$D = N \frac{\lambda_M}{2} + \frac{\Delta\lambda_M}{2}$$

kjer je

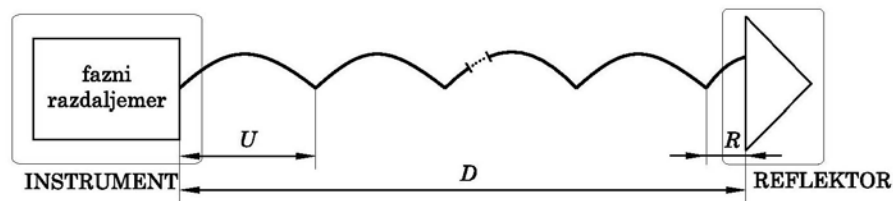
N – število polovičnih valovnih dolžin na merjeni poti

$\Delta\lambda_M$ – del modulacijske valovne dolžine ali ostanek

Izmeriti dolžino pomeni določiti število merskih enot (U) in velikost ostanka (R). Torej:

$$\frac{\lambda_M}{2} = U \quad \text{in} \quad \frac{\Delta\lambda_M}{2} = R \quad \text{potem je}$$

$$D = N \cdot U + R$$



Slika 3.7: Dolžina je vsota večkratnika enote in ostanka

Bistvo celotnega postopka meritev je ugotavljanje fazne razlike med primerjanima žarkoma.

Poznamo naslednje načine določanja faznih razlik oz. ostanka:

- analogni način
- kompenzacijski način s podaljševanjem optične poti žarka
- kompenzacijski način s spreminjanjem merske frekvence
- digitalni način.

a. Analogni način

Analogni način je najstarejši in se v sodobnih instrumentih ne uporablja več. Obravnavamo ga kot eno od zanimivih tehničnih rešitev, ki je bila v določenem trenutku tehnološkega razvoja edini možni direktni način določanja fazne razlike med referenčnim in merskim žarkom.

Fazi merskega in referenčnega žarka se primerjata v tako imenovanem razstavljavcu faze oziroma resolverju. Na osnovi velikosti zasuka ene od treh tuljav dosežemo, da referenčni in merski signal nihata v fazi (fazna razlika je enaka 0). Velikost zasuka tuljav je merilo za izračun fazne razlike. Kot zasuka je sorazmeren fazni razliki:

$$\alpha \sim \Delta\varphi$$

b. Kompenzacijski način s podaljševanjem optične poti žarka

Razdaljemeru je dodan mehansko optični sistem, preko katerega umetno (ročno s posebnim vijakom) spreminjamo optično pot žarka. S skrajšanjem sli podaljšanjem optične poti enega od obeh primerjanih žarkov (običajno merski), dosežemo, da je na celotni merjeni dolžini celo število polovičnih valovnih dolžin. Merski in referenčni žarek nihata v fazi. Ostanek R je torej enak 0. Dolžina bo:

$$D = N \cdot U$$

Kompenzacijski način s spreminjanjem dolžine optične poti ne zahteva spreminjanje merske frekvence za določitev fazne razlike. Uporaben je pri instrumentih z visoko modulacijsko frekvenco – kratko modulacijsko valovno dolžino, kar je običajno za najnatančnejše razdaljemere.

c. Kompenzacijski način s spreminjanjem merske frekvence

Instrument ima možnost zveznega spreminjanja merske frekvence in s tem velikosti modulacijske valovne dolžine oz. enote. S pomočjo sintetizatorja se frekvenca zvezno spreminja toliko časa, da je na celotni merjeni dolžini celo število polovičnih valovnih dolžin, oziroma, da je ostanek enak 0. Referenčni in merski žarek nihata v fazi. Rezultat je torej enak pri prvem načinu, le da je tu teoretično pri vsaki ničli ($R=0$) vrednost modulacijske frekvence in s tem velikost enote različna.

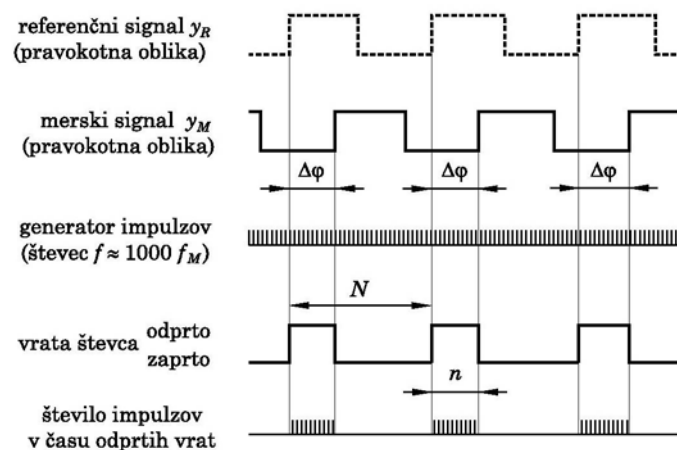
Podobno kot pri prejšnjem načinu je tudi kompenzacijski način s spreminjanjem merske frekvence uporaben le pri instrumentih z visoko modulacijsko frekvenco. Modulacijska frekvenca ima določen interval spreminjanja (običajno 20 do 30 MHz). Posledica tega je navzdol in navzgor omejena velikost dolžine, ki jo lahko izmerimo. Problem je mogoče rešiti programsko predvsem z podajanjem približne vrednosti dolžine, ki jo merimo.

d. Digitalni način

Najpogosteje uporabljeni način za določitev fazne razlike med referenčnim in merskim žarkom je digitalni način. Obe valovanji, ki ju najbolje predstavimo s sinusoido (spreminjanje jakosti signala v času) je potrebno za lažjo primerjavo pretvoriti v pravokotno obliko – signala digitaliziramo (določenemu intervalu jakosti signala-napetosti na sprejemnem sistemu pripada izbrana digitalna vrednost – v izbranem primeru le dve možnosti 0 in 1).

Primerjamo torej dve pravokotni valovanji. Fazno razliko se izračuna na osnovi določitve časovnega zamika obeh valovanj. Instrument torej meri čas dela cikla (iskana fazna razlika) in ga primerja s časom celotnega cikla (en interval fazne razlike 2π).

Problem se torej reducira na merjenja časa podobno kot pri impulznih razdaljemernih. Tudi rešitev je podobna. Potrebujemo valovanje zelo visoke frekvence, ki predstavlja števec oz. lahko bi rekli štoparico. Frekvenca števca je tudi do 1000 krat višja od modulatorske frekvence razdaljemera. Začetek cikla referenčnega valovanja odpre vrata števca – merjenje časa se prične, začetek cikla merskega valovanja ustavi merjenje časa.



Slika 3.8: Digitalni način določitve fazne razlike

Na osnovi števila taktov je mogoče določiti fazno razliko med obema valovanjima.

$$\Delta\varphi = \frac{2\pi}{N} n$$

Kjer je N – število taktov v enem ciklu
 n – število taktov v delu cikla, ki je sorazmeren iskani fazni razliki

Na ta način lahko teoretično določimo fazno razliko oz. ostanek R z natančnostjo 1/1000 enote (primer $f_M=15$ MHz $\rightarrow U=10$ m, ločljivost za R je 1 cm). Postopek meritev se ponovi ob vsakem ciklu. V kratkem časovnem intervalu je mogoče opraviti zelo veliko število ponovitev meritev dolžine. S tem se poveča natančnost končne merske vrednosti dolžine.

Prednosti faznih razdaljemerov:

- najbolj preizkušen postopek merjenja dolžin z elektrooptičnimi razdaljemerji, instrumenti so zelo kompaktni in v splošnem cenejši
- meritev je neobčutljiva na kratkočasovno prekinitve signala
- novejši fazni razdaljemerji omogočajo merjenje krajših dolžin brez uporabe reflektorja.

Slabosti faznih razdaljemerov:

- daljši čas merjenja, čeprav se je z novimi modeli bistveno skrajšal
- pojavljanje specifičnih cikličnih pogreškov faze
- daljše dolžine je potrebno meriti z več modulacijskimi frekvencami, kar lahko slabša natančnost meritev
- v primerjavi z impulznim načinom potrebujejo fazni razdaljemerji veliko bolj zapleteno optiko ter učinkovitejši izvor električne napetosti.

3.5 Merjenje dolžin brez uporabe reflektorjev

Pri običajnih meritvah dolžin z elektronskimi razdaljemerji je končna točka signalizirana z reflektorjem. Že nekaj let pa so na tržišču razdaljemerji, ki omogočajo merjenje dolžin tudi brez uporabe reflektorja. Prvotno je to omogočal le impulzni način merjenja, danes pa merjenje brez reflektorja omogočajo tudi fazni razdaljemerji. Svetlobni žarek se odbije na naravni ali umetni površini. Meritve so možne, če je količina odbitega žarka, ki se vrne na sprejemnik, vsaj minimalna.

Razdaljemere, ki omogočajo ta način merjenja, delimo v dve skupini. V prvi so pravi geodetski razdaljemerji. Običajno so to samostojni instrumenti, ki jih lahko uporabljamo tudi v

kombinaciji s teodolitom ali pa so integralni del elektronskih tahimetrov. Ti razdaljemerji omogočajo tudi običajno merjenje dolžin s pomočjo reflektorjev, kar bistveno poveča doseg in natančnost meritev. Drugo skupino predstavljajo tako imenovani ročni elektronski razdaljemerji. Pri meritvah jih enostavno držimo v roki in z njimi opravljamo z geodetskega stališča manj natančne meritve.

Največji doseg razdaljemerov pri takem načinu merjenja je 350 m, običajni doseg pa 100 m. Natančnost meritev je do desetkrat slabša kot pri merjenju z uporabo reflektorjev. Sta pa doseg in natančnost odvisna predvsem od vrste podlage in barve materiala, od katerega se žarek odbije ter od vpadnega kota žarka. Pri gladkih površinah predstavlja vpadni kot žarka večji problem, saj se proti instrumentu odbije veliko manjša količina svetlobnega signala kot pri grobih površinah.

Pri merjenju dolžin brez uporabe reflektorjev se pojavljajo specifični problemi. Odsev na difuznih površinah je nezanesljiv, značilne so velike spremembe jakosti in smeri odboja žarka, kar slabša natančnost meritev. Položaj posnete točke pogosto ni enolično določljiv, saj se polarna elementa izmere, kot in dolžina, ne nanašata na identično ciljno točko. Elektronski razdaljemerji, s katerimi merimo dolžine brez reflektorjev, zahtevajo tudi dodatne specifične postopke kalibracije.

4 ELEKTRONSKI TAHIMETER SOKKIA SET 4010

Že ime SOKKIA SET 4010 TOTAL STATION nam pove da gre za univerzalni geodetski instrument, katerega je skonstruiralo podjetje SOKKIA iz Japonske. SOKKIA SET 4010 je elektronski tahimeter z možnostjo digitalnega čitanja kotov in dolžin ter avtomatskega registriranja oz. shranjevanja merskih vrednosti. Z njim lahko merimo vse potrebne podatke za klasično terestično izmero in sicer horizontalne kote, vertikalne kote, poševne dolžine, horizontalne dolžine in višinske razlike.

Vse te podatke lahko preberemo digitalno z zaslona na instrumentu, jih shranimo v notranjem pomnilniku ali na pomnilniško kartico, jim dodamo razne kode, lahko pa jih tudi prenesemo na osebni računalnik.

4.1 Zgradba – struktura instrumenta

Elektronski tahimeter SOKKIA SET 4010 vsebuje:

Kot vsak drug instrument vsebuje podnožje(1) s tremi vznožnimi vijaki(2), s katerimi fino horizontiramo instrument. Spodaj podnožja se nahaja srčni navoj(3), preko katerega pritrdimo instrument na stativ s srčnim vijakom, na vrhu podnožja pa se nahaja dozna libela(4) za grobo horizontiranje.

Nad podnožjem se nahaja repeticijski vijak(5), za premikanje horizontalnega kroga, z vgrajeno zaščito, ki služi, da se horizontalni krog na premakne med merjenjem. Tukaj pa se nahaja tudi priključek za prenos podatkov v ali iz instrumenta in priključek za direktno napajanje 6V(6).

V obeh krožnih legah se nahaja 8 vrstični display(7), kar je dovolj da lahko hkrati prikazuje vse zajete merske vrednosti. Na desni strani displaya se nahaja tipkovnica s 37 tipkami(8). Pod zaslonom se nahajajo 4 funkcijske tipke(9), nad zaslonom pa tipka za vklop in tipka za lučko(10). Nad zaslonom se nahaja tudi cevna libela(11).



Slika 4.1 :SOKKIA SET 4010 POWERSET TOTAL STATION

Na vrhu instrumenta imamo vrtljiv daljnogled s 30-kratno povečavo objektiva(12). Daljnogled ima na obeh straneh pritrjen diopter, preko katerega lahko grobo viziramo v posamezni krožni legi s pogledom preko spodnjega(13) ali zgornjega dioptra(14).

Na desni strani ob daljnogledu se nahaja vertikalni mikrometrski vijak s privojnim vijakom, na desni ob tipkovnici pa se nahaja horizontalni mikrometrski vijak s privojnim vijakom.

Na levi strani instrumenta se nahaja 6V Ni-MH baterija(15), nad baterijo pa je odprtina za vstavljanje pomnilniške kartice(16) za shranjevanje podatkov, ki je lahko različnih velikosti pomnilnika. Ta odprtina ima tudi zaščitni pokrovček, ki preprečuje izpad kartice in vstop umazanije.

Nad daljnogledom instrumenta se nahaja še ročaj za prenašanje instrumenta(17), katerega se da tudi odstraniti s pritrdilnimi vijaki(18).

K instrumentu spada še ostali pribor in sicer:

- dve polnilni bateriji BDC35 in pripadajoči polnilec baterij CDC40
- spominska kartica SDC5
- kabli za prenos podatkov iz instrumenta v računalnik in obratno
- tubularni kompas CP7
- senčnik za objektiv
- grezilo na vrvici
- majhna ščetka, izvijač, justirne igle in krpica za čiščenje instrumenta
- kovček.

4.2 Tehnični podatki instrumenta

Daljnogled		
dimenzije		D165 x Š62 x V80 mm
premer objektiva		45 mm
povečava		30 x
zorno polje		1°30" (26m/1000m)
najkrajša fokusirna razdalja		1.0 m
Merjenje kotov		
enote		360° / 400gon / deli kvadranta
ločljivost zaslona		5"/1mgon, 10"/2mgon
standardni odklon po DIN18723		5" (1.5 mgon)
čas merjenja		manj kot 0.5 s
avtomatski kompentator		ON/OFF izbira ±3', opozarjanje na zaslonu
Merjenje dolžin		
doseg razdaljemera:	nalepka	80 m
	ena prizma	1600m / 1800m
	tri prizme	2100m / 2400m
	devet prizem	2500m / 2900m
enote		metri / čevlji
ločljivost zaslona:	Fine	0.001 m (0.01 ft.)
	Rapid	0.001 m (0.01 ft.)
	Tracking	0.01 m (0.1 ft.)
natančnost:	Fine	±(2 + 2ppm x D) mm
	Rapid	±(5 + 5ppm x D) mm
čas merjenja:	Fine	vsaki 2.0 s
	Rapid	vsake 0.9 s
	Tracking	vsake 0.4 s

atmosferske korekcije:	vnos temperature vnos zračnega tlaka vnos ppm vnos vlažnosti zraka	°C / °F (korak 0.01°C/0.01°F) hPa / mmHg / inchHg od -499ppm do +499ppm od 0% do 100% (korak 1%)
korekcija konstante prizme		od -99 mm do +99 mm
korekcija refrakcije in ukrivljenosti Zemlje		ON (K=0.14 / K=0.20) / OFF
Računalnik in prenos podatkov		
CPU		V25 (10 MHz)
operacijski sistem		kompatibilen z MS-DOS
RAM		640KB
System ROM		128KB
ROMDISK		1MB FLASHROM
RAMDISK		512KB
notranji spomin		512KB SRAM (5000 točk)
spominska kartica		SDC5 (128KB), SDC6 (256KB), SDC8 (512KB)
Splošni podatki		
zaslon		alfanumerični / grafični LCD (20 znakov x 8 vrstic) v obeh krožnih legah, z osvetlitvijo
tipkovnica		43 gumijastih tipk v vsaki krožni legi
občutljivost libel:	cevna dozna	30" / 2mm 10' / 2 mm
optično grezilo		povečava: 3x, min. fokusirna razdalja: 0.5 m
delovna temperatura		od -20°C do +50°C (-4°F do +122°F)
vodo odpornost		zaščiten pred dežnimi kaplicami
dimenzije z ročajem in baterijo		Š188 x D165 x V345 mm
teža z ročajem, baterijo in kartico		5.4 kg
teža delov		baterija BDC35 : 240g, ročaj: 100g, kovček: 3.7 kg
Napajanje		
delovna napetost		6V DC
prikaz stanja baterije		4 stopnje z zvočnim opozorilom
baterije BDC35:		Ni-MH baterije, 2 kosa
kotno in dolžinsko merjenje		4.5 ur (500 točk)
samo kotno merjenje		7 ur
čas polnjenja		70 minut
baterija BDC12 zunanja:		
kotno in dolžinsko merjenje		14 ur (1600 točk)
samo kotno merjenje		23 ur
čas polnjenja		14 ur

4.3 Uporabniški vmesnik

4.3.1 Tipkovnica

POWERSET ima 43 tipk, razdeljenih na štiri skupine: tipka za vklop instrumenta in osvetlitve(2), operacijske tipke(11), alfanumerične tipke(26) in tako imenovane mehke oziroma funkcijske tipke(4).



Slika 4.2: Izgled alfanumerične tipkovnice in zaslona

Tipka za vklop

Ko je instrument centriran in popolnoma horizontiran, je pripravljen za vklop. Instrument vklopimo z rdečo tipko ON, ki se nahaja v obeh krožnih legah nad zaslonom. Na zaslonu se prikaže napis H 0 set, V 0 set, kar pomeni da moramo instrument zavrteti okrog vertikalne osi, da sprožimo merjenje horizontalnih smeri in da moramo daljnogled preobrtni preko zenita, da določimo mesto indeksa vertikalnega kroga. Tako je instrument pripravljen na merjenje smeri in dolžin.

Mehke (funkcijske) tipke

Na spodnji strani zaslona se nahajajo štiri mehke (funkcijske) tipke F1, F2, F3, F4. Funkcijske tipke so programsko definirane tako, da imajo tako funkcijo, kot je izpisana v zadnji vrstici na

zaslonu nad posamezno tipko. Z uporabo tipk od F1 do F4 tako izbiramo funkcije izpisane na zaslonu nad tipko.

Za primer vzamemo funkcije tipk v osnovnem začetnem meniju katere so:

- <READ> izmeri dolžino
- <PPM> nastavljanje atmosferske korekcije
- <CNFG> prehod v meni nastavitvev
- <REC> prehod v REC meni.

Operacijske tipke:

- <ESC> Prehod iz REC v osnovni MEAS meni. Prehod v prejšnji meni (izhod iz vsakega menija). Postavi podatke na 0.
- <FNC> Prikaz drugih funkcij
- <SFT> Preklop med velikimi in malimi črkami
- <BS> Brisanje zadnje črke-številke
- <SP> Presledek
- <↑><↓> Kurzorske puščice – premik navzgor ali navzdol
- <←><→> Izbira druge možnosti
- <ENTER> Na splošno potrdimo in shranimo podatke
- <ALPHA> Preklop na črkovno tipkovnico
- <Num> Preklop na številčno tipkovnico
- <Meas> Prehod iz REC menija v MEAS meni
- <View> Pregled merjenih podatkov v deloviščni datoteki (Job)
- <Note> Vnos zapiska-zabeležke

Simboli na zaslonu

Simboli kateri se pojavljajo v MEAS meniju:

- P.C.mm Konstanta prizme
- ppm Atmosferska korekcija
- H.obs Horizontalni kot (orientacija kroga v desno)
- HAL Horizontalni kot (orientacija kroga v levo)
- V.obs Vertikalni kot

VA	Vertikalni kot (horizontalno = 0)
S.dist	Poševna dolžina
H.dist	Horizontalna dolžina
V.dist	Višinska razlika
N	Številčni vnos
A	Črkovni vnos
L+	Vključen avtomatski kompenzator naklona

Pomen simbolov za kontrolo baterijske napetosti:

(BDC35, temperatura = 25°C, delujoč razdaljemer)

3	90 do 100%
2	50 do 90%
1	10 do 50%
0	0 do 10%

4.3.2 Spreminjanje parametrov instrumenta

Parametri v instrumentu se lahko spreminjajo s funkcijskimi tipkami v meniju nastavitvev – konfiguracije. Izbrane nastavitve so shranjene v spominu toliko časa dokler jih ne spremenimo.

Preglednica 1: Spreminjanje parametrov instrumenta

št.	Parameter	Opcija
1	Izbira vrste merjene dolžine	poševna dolžina*
		horizontalna dolžina
		višinska razlika
2	Format horizontalnega kota	desno*
		levo
3	Format vertikalnega kota	0 v zenitu*
		0 v horizontali
4	Način meritve dolžin	fina*
		groba
		hitra ponavljajoča
5	Način meritve dolžin	ponavljajoča
		enojna*
6	Tip reflektorja	prizma*
		nalepka

7	Konstanta prizme	-30mm* (-99 do 99mm)
8	Korekcija naklona	Hz & V kot DA*
		brez korekcije
		samo V kot
9	Korekcija kolimacije	DA*
		NE
10	Indeksiranje HZ kroga	avtomatsko: z rotacijo zgornjega dela*
		ročno: 0° ob vklopu
11	Indeksiranje V kroga	avtomatsko: z rotacijo teleskopa*
		ročno: z opazovanjem točke v I in II legi
12	Osvetlitev nitnega križa	svetlo*
		zatemnjeno

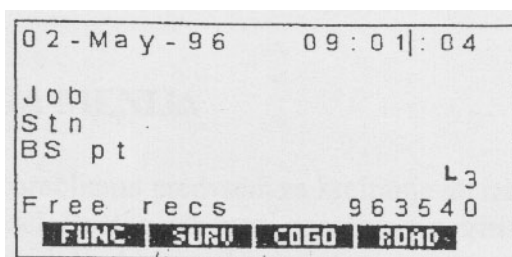
* tovarniške nastavitve

Približno en teden po zadnjem zagonu instrumenta ali po toplem resetiranju (držimo tipko ALPHA in tipko ON) se parametri pod številkami 1,2,3,5 in 12 postavijo na tovarniške nastavitve, med tem ko ostali ostanejo nespremenjeni.

Po hladnem resetiranju (držimo tipke F4, ALPHA, I in L ter pritisnemo ON – vsi merjeni podatki se izgubijo) se avtomatsko vsi parametri postavijo na tovarniške nastavitve.

4.3.3 Razumevanje strukture menijev

Meni vsebuje listo PowerSET operacij ali izbirnikov. Za vstop v menije uporabljamo mehke (funkcijske) štiri tipke na spodnjem levem delu tipkovnice v povezavi z napisi na spodnjem delu zaslona.



PowerSET ima štiri glavne menije:

FUNC (**Funkcije**) se uporablja za nastavitve, za odpiranje in kreiranje delovišč, za povezavo med računalnikom in spominsko kartico – prenos podatkov, breisanje delovišč itd.

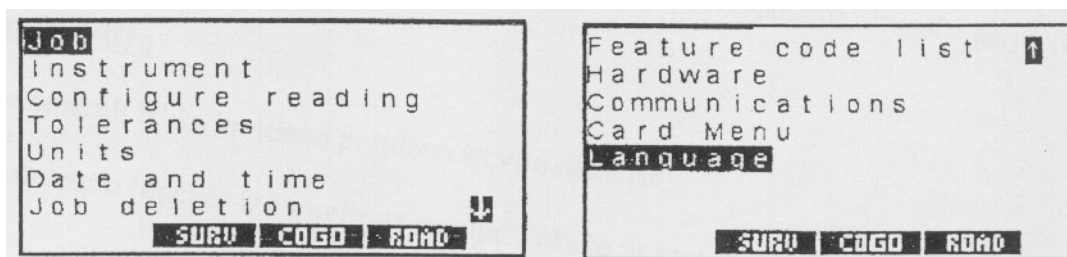
- SURV** (Osnovna geodezija) programi katere na terenu največ uporabljamo za snemanje in shranjevanje podatkov.
- COGO** (Koordinatna geometrija) delo s koordinatami za geometrične izračune in zakoličbe.
- ROAD** (Cestni programi) programi za izračun in zakoličbo cest.

Vsak meni ima tudi podfunkcije – programe, kateri so organizirani po njihovi specifičnosti. Kateri programi so v vsakem glavnem meniju prikazuje naslednja razpredelnica:

FUNC	SURV	COGO	ROAD
Delovišče	Topografija	Zakoličba projektiranih koordinat	Izbira ceste
Inštrument	Poligon	Zakoličba linije	Zakoličba ceste
Nastavitve delovišča	Presek (urez)	Zakoličba loka	Zakoličba površine ceste
Nastavitve čitanja	Skupno zbiranje podatkov	Presek (urez)	Topografija ceste
Odstopanja	Pregled zbranih podatkov	Inverzija	Merjenje posameznih delov ceste
Enote	Snemanje pročelij	Izračun in parcelacija površine	Definiranje ceste
Datum in ura	zgradb	Presek naprej	Pregled cest
Brisanje delovišč	Kolimacija	Projekcija točke	Definiranje podlage
Kodne liste	Naklon	Merjenje s trakom iz osnovne linije	Pregled podlage
Hardware	Merjenje nedosegljive višine	Transformacije	
Komunikacije	Vnos preko tipkovnice	Vnos preko tipkovnice	
Meni spominske kartice			
Izbira jezika			

MENI FUNC (FUNKCIJE):

Pristop v funkcijski meni dosežemo s pritiskom na mehko tipko <FUNC>. Funkcijski meni uporabljamo za vsak začetek geodetskih del. Vse nastavitve, ki jih nastavimo v tem meniju veljajo tudi v ostalih treh glavnih menijih.



- Job (Delovišče):

Za začetek vsakega dela z instrumentom, moramo vedno odpreti novo delovišče (JOB), ali pa izbrati enega od že obstoječih delovišč. PowerSET deluje vedno samo v enem delovišču na enkrat, razen če je kakšno drugo delovišče izbrano kot kontrolno delovišče. Tako imamo lahko v različnih deloviščih ista imena znotraj delovišča oziroma enake številke točk. V samem spominu imamo omejeno število delovišč glede na samo velikost spomina, drugače pa je številčno neomejeno. V meniju Job lahko tudi preimenujemo delovišče, ali pa si ogledujemo njihovo statistiko (ime, velikost, zasedenost, datum, ura).

- Instrument (Inštrument):

V tem meniju je naveden tip in model instrumenta ki ga koristimo, njegova serijska številka, tip reflektorja, konstanta prizme v milimetrih..

- Job settings (Nastavitve delovišča):

Za posamezno delovišče lahko nastavimo meteorološke popravke (temperatura, zračni tlak), in popravke zaradi ukrivljenosti Zemlje, ki jih nato instrument avtomatsko upošteva pri meritvah.

- Configure reading (Nastavitve čitanja):

Nastavimo avtomatsko štetje snemanih točk, izberemo merjenje v eni ali obeh krožnih legah, izberemo način merjenja dolžine (Fine, Coarse, Track), nastavimo število ponovitev meritev, aktiviramo kodno listo, aktiviramo recipročni izračun.

- Tolerances (Odstopanja):

Instrument preverja odčitke ali so v mejah nastavljenega odstopanja. Nastavimo vrednost odstopanja za horizontalni in vertikalni kot (v ") in za merjeno dolžino (v mm). Vrednost 0 za odstopanje ni dovoljeno. V kolikor instrument ugotovi, da je odstopanje večje od nastavljene vrednosti to opozori s prikazom na zaslon in zvočnim signalom. Odstopanja se upoštevajo pri orientaciji in pri merjenju v obeh krožnih legah. Pri pregledu podatkov, bodo vsi odčitki, ki presegajo odstopanje označeni z zvezdico.

- Units (Enote):

Nastavimo merske enote:

- koti (stopinje, goni, deli kvadranta)
- dolžine (metri, čevlji)
- tlak (mmHg, Inch Hg, milibari)
- temperatura (stopinje Celzija, stopinje Fahrenheit)
- koordinata (N-E-Elv, E-N-Elv)
- naklon (v razmerju 1:, v odstotkih %)
- število decimalnih mest (2,3,4).

- Date and time (Datum in ura):

Nastavimo način prikaza datuma (DDMMYY ali MMDDYY), datum in uro.

Tukaj nastavimo tudi Time out to je čas po katerem se instrument avtomatsko izklopi v kolikor se v tem času tipkovnice ne dotaknemo. Najmanjša vrednost, ki jo lahko nastavimo je ena minuta. Nastavimo pa lahko tudi Time stamp – po preteku nastavljenega časa se v zapisnik avtomatsko zapiše trenutni čas.

- Job deletion (Brisanje delovišč):

V tem izboru lahko izbrišemo shranjene podatke. Izrišemo lahko posamezno delovišče, ceste ali pa celotne podatke. Podatke pa lahko izbrišemo samo v primeru, da je bil predhodno izvršen prenos podatkov. Na ta način se zavarujemo pred neželjeno izgubo podatkov.

- Feature code list (Kodne liste):

Za hitrejši in lažji način dela si lahko definiramo listo kod, ki se shranjujejo z ostalimi podatki.

- Hardware (Hardware):

V tem izboru je prikazan izvor napajanja, stanje baterije, kontrast zaslona, jakost zvoka tipk. Prikazana je tudi verzija programske opreme.

- Communications (Komunikacije):

Ta izbor služi za prenašanje podatkov v in iz instrumenta. Nastaviti moramo parametre prenosa in sicer kateri podatki se bodo prenašali (Current view, OBS view, MC view, RED

view, POS view), preko katerega vhoda, s kakšno hitrostjo (38400 / 19200 / 9600 / 4800 / 2400 / 1200 b/s). Izberemo lahko tudi posebej katero delovišče se bo prenašalo.

- Card menu (Meni spominske kartice):

Tukaj se nahajajo vsi podatki o spominski kartici za shranjevanje podatkov. Tukaj lahko podatke shranjujemo na kartico, kopiramo podatke iz kartice v instrument ali pa brišemo podatke iz kartice. Spominske kartice so lahko različnih formatov pomnilnika in sicer SDC5 (128KB), SDC6 (256KB), SDC8 (512KB).

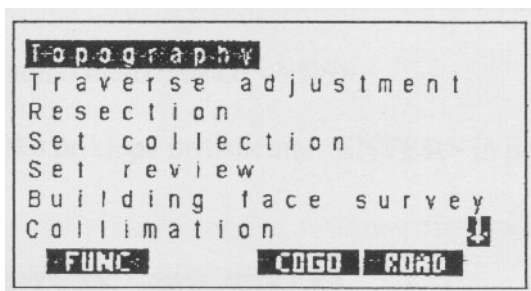
- Language (Izbira jezika):

V tem izboru lahko izbiramo v katerem jeziku se naj prikazujejo meniji. V našem primeru omamo na voljo samo angleški jezik, imamo pa možnost nadgradnje drugih jezikov.

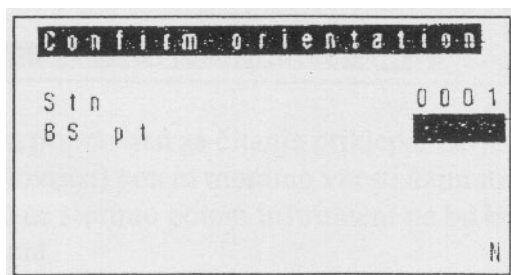
4.4 Praktični primer izvedbe dela – topografija

Topografija je osnovni program, s strani uporabnikov največkrat in najbolj izkoriščen, za merjenje – snemanje točk in shranjevanje izmerjenih podatkov v spomin.

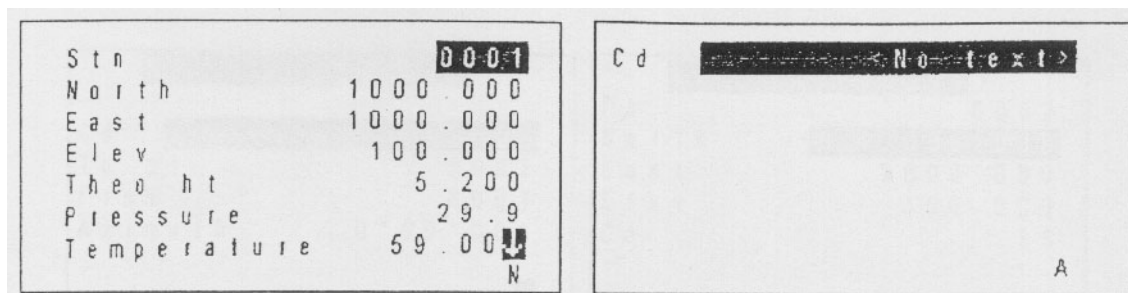
Vsak začetek dela na terenu se začne z izbiro delovišča. Po kreiranju novega delovišča ali izbiri obstoječega delovišča izberemo iz menija **Survey** program **Topography**.



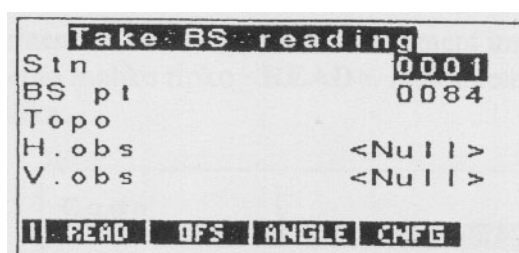
Pokaže se sledeča slika na zaslonu:



V polje Stn (do polj se premikamo s puščicami) vnesemo številko stojišča (npr. 1), v polje BS pt pa številko točke za orientacijo oziroma priklepa (npr 84). Če je stojišče neznano potem se za vnosom številke stojišča pojavi slika, kjer vnesemo podatke o stojišču (višina instrumenta in koordinate stojišča, lahko pa tudi kodo oziroma zaznamek, temperaturo, pritisk).



Po vnosu številke priklepa pritisnemo ENTER in pojavi se sledeča slika:

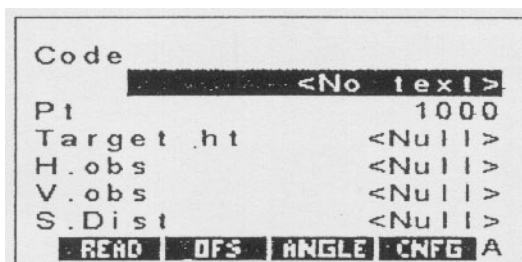


To pomeni, da je instrument pripravljen za čitanje priklepa. Če je točka priklepa neznaná potem moramo vnesti azimutni kot ali pa kar koordinate priklepa. Če tega ne storimo, potem instrument ob podatkih dolžine in kotov ne bo beležil tudi koordinat.

Za čitanje dolžine in kotov točke priklepa pritisnemo mehko tipko READ, če pa želimo prečitati samo oba kota priklepa potem pritisnemo tipko ANGLE. Katero koli tipko od naštetih pritisnemo sprožimo meritev točke priklepa.

Na zaslonu dobimo izmerjene podatke o priklepu. S pritiskom na tipko ENTER merjen rezultat in s tem orientacijo shranimo v spomin in navezava je končana.

Sedaj naviziramo instrument na detajlno točko (instrument ima na zaslonu izpisano Take reading) in pritisnemo mehko tipko READ. Instrument začne z meritvijo in na ekran se pojavi sledeča slika:



V prva tri polja Cd, Pt, in Target ht vnesemo zahtevane podatke in sicer:

Cd vnos zaznamkov – uporabnih kod

Pt številka točke – avtomatsko začne s 1000 in nadaljuje 1001, 1002,...

Target ht višina tarče oziroma prizme (višino tarče vnesemo enkrat in jo instrument prevzame na naslednjo točko, zato je pomembno, če se višina spremeni, da jo popravimo).

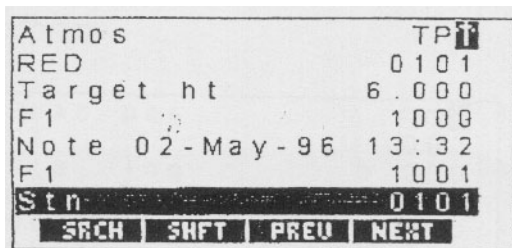
Podatke shranimo v spomin s pritiskom na tipko ENTER ali READ, po tem pa se na zaslon vrne napis Take reading in lahko nadaljujemo z novo meritvijo.

Ostale možnosti izbire, ki se pojavijo na ekranu poleg READ so še tri in sicer dostopne z mehкими tipkami:

- s pritiskom na mehko tipko OFS preidemo v podmeni za izbiro meritve odmika
- s pritiskom na mehko tipko ANGLE se sproži meritev brez meritve dolžine
- s pritiskom na mehko tipko CNFG pa preidemo v podmeni za določanje konfiguracije čitanja (številka točke, pogled shranjenih podatkov, kombinacija krožnih leg, način meritve dolžine itd.).

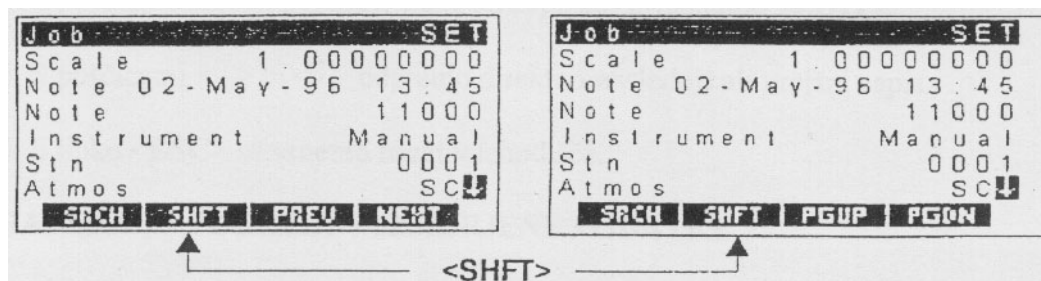
4.5 Pregledovanje izmerjenih podatkov

Vse podatke katere shranimo v spomin je možno vsak trenutek tudi videti in jih pregledovati. To nam omogoča meni, kateri je dosegljiv s pritiskom na tipko VIEW. Pojavi se sledeča slika:



Vsaka vrstica na ekranu odgovarja enemu zapisu v spominu. Novi zapisi se dodajajo na koncu tako, da je vrstni red zapisov vedno kronološki.

S pomočjo mehkih tipk se premikamo po zapisu v odgovarjajočem delovišču in pregledujemo podatke.



Ko smo prvič pristopili v meni pregledovanja je vedno osvetljen zadnji zapis. Premikamo se s pomočjo kurzorskih puščic ↑ in ↓. Na voljo nam je tudi nekaj funkcijskih tipk za lažje pregledovanje zapisov:

- <SRCH> omogoča iskanje določene točke ali kode naprej in nazaj
- <SHFT> zamenja funkcije tipk <PREV> in <NEXT> v <PGUP> in <PGDN>
- <PREV> funkcija nam omogoča preskok na prejšnji zapis. Na primer če pregledujemo stojišče nas pritisk na <PREV> premakne na prejšnjo stojišče.
- <NEXT> podobno kot <PREV>, samo da se s funkcijo pomikamo naprej

- <PGUP> premaknemo se za cel ekran navzgor
- <PGDN> premaknemo se za cel ekran navzdol.

S pritiskom na tipko <ESC> zapustimo meni pregledovanj in se vrnemo v tisti meni ali izbiro, v kateri smo bili pred vstopom v meni pregledovanj.

4.6 Opozorilna sporočila

Bad condition

Vizura na prizmo-reflektor je slaba. Viziraj ponovno, lahko tudi preverite povratni signal na drugi strani menija MEAS s funkcijo AIM.

P.c. too large

Vnos konstanta prizme je izven območja nastavljalivosti -99 do 99 mm.

Re 0 set

Pri setiranju-indeksiranju vertikalnega ali horizontalnega kota je prišlo do napake. Ponovno setiraj-indeksiraj. (Če se teleskop ali instrument obrne hitreje kot 4x v sekundi, potem se pojavi ta napaka).

Signal off

Pri začetku meritve je bil odbiti signal moten ali napačen. Nameri na prizmo še enkrat in preveri povratni signal (AIM).

Tilt out of range

Naklonski senzor je zaznal napako – instrument ni dobro horizontiran. Libele odstopajo več kot $\pm 3'$. Horizontiraj instrument.

Time out

Včasih se to sporočilo izpiše po neuspešni komunikaciji med SET in PC. Preveri vse nastavitve in kable ter poizkušaj z manjšo hitrostjo prenosa podatkov.

Time out se lahko pojavi tudi med meritvijo dolžin zaradi motenj signala do prizme. Zato ponovno dobro naviziraj in preveri povratni signal (AIM).

4.7 Uporabnost instrumenta

Elektronski tahimeter SOKKIA SET 4010 odlikuje izredno majhna teža, saj skupaj z podnožjem, baterijo in ročajem tehta le 5.4 kg. Prav tako ga odlikuje tudi kompakten in zelo majhen teleskop s 30 kratno povečavo in z napredno optiko, ki omogoča uporabo odbojnih nalepk za še večjo fleksibilnost na terenu.

Sam instrument je skonstruiran tako, da je delo z njim maksimalno poenostavljeno – tipkovnica in zaslon v obeh krožnih legah, 8 vrstični zaslon za prikaz vseh merjenih vrednosti, prav tako pa so enostavni za uporabo tudi vsi programi v instrumentu. SET 4010 vsebuje vrsto programov, ki nam poenostavijo delo na terenu in s tem prihranijo veliko časa.

Instrument odlikuje tudi razdaljemer s kratkim časom merjenja in z velikim dosegom – s povečanjem števila prizem tudi do 2900m.

SET 4010 napajata v kompletu dve Ni-MH bateriji, katerih življenjska doba je za 30% daljša od običajnih Ni-Cd baterij. Polna baterija zdrži 4.5 ure dela na terenu ali 500 meritev. Obe bateriji tako zadostujeta za 9 ur dela, kar je več kot dovolj za povprečno dnevno delo. Čas polnjenja baterij pa je manj kot 60 minut.

Instrument shranjuje podatke v notranjem spominu velikosti 512 KB in lahko operira z več delovišči. Prav tako pa lahko podatke shranjujemo tudi na spominsko kartico, katere so vodoodporne in različnih velikosti spomina. Tudi prenos podatkov lahko poteka preko spominske kartice ali preko posebnega kabla.

Zaradi vseh teh odličnih lastnosti in veliko vgrajenih programov za koordinatno geometrijo je instrument še posebej uporaben v inženirski geodeziji za zakoličevanje vseh vrst objektov, merjenje posnetkov za projektiranje, za projekte izvedenih del, merjenje vzdolžnih in prečnih profilov, ...

5 PREIZKUS PRAKTIČNE NATANČNOSTI GEODETSKIH INSTRUMENTOV PO STANDARDIZIRANIH POSTOPKIH

5.1 Standardizacija

Standardizacija je postopek razvoja in uporabe niza pravil in dogovorov s čim večjim možnim številom potencialnih uporabnikov, zato da bi ustvarili jasnost in enotnost tam, kjer je različnost nezaželena.

Standardizacija je torej proces opredelitve, formalnega sprejema in uveljavitve standarda, od katerega imajo neposredne gospodarske koristi tako uporabniki kakor tudi njegovi izdelovalci. V tehničnem smislu je standard enotna, ustaljena, običajna, splošno uveljavljena ali uzakonjena mera ali norma. Vse kar je v skladu z uveljavljenimi standardi, ima večjo tržno in hkrati tudi uporabno vrednost za vse ekonomske akterje.

Vsebino standarda sestavljajo dokumentirana soglasja, ki vsebujejo tehnične specifikacije ali druga natančna merila za dosledno uporabo v smislu pravil, navodil, značilnosti in definicij. Namen standarda je zagotoviti, da so materiali, proizvodi in storitve usklajeni s svojo namembnostjo. Standardi prispevajo k poenostavitvi življenja, s tem, da povečujejo zanesljivost in učinkovitost proizvodov in storitev, ki jih uporabljamo (ISO opredelitev).

Najpomembnejše organizacije za standardizacijo na mednarodni, regionalni in nacionalni ravni so predvsem naslednje:

ISO (International Standardisation Organisation) s sedežem v Ženevi (svetovna raven),

IEC (International Electrotechnical Commission) s sedežem v Ženevi (svetovna raven),

CEN (Comité Européen de Normalisation) s sedežem v Parizu (evropska raven),

CENELEC (Comité Européen de Normalisation Electrotechnique) s sedežem v Parizu (evropska raven: EU, EFTA itd.),

SMIS (Standards and Metrology Institute of Slovenia) s sedežem v Ljubljani (slovenska nacionalna raven) ali, v slovenščini, USM (Urad za standarde in meroslovje).

DIN standard je nemški standard v okviru katerega deluje 70 samostojnih izdajateljev standardov, med katerimi je največji Na Bau (Normenausschuss Bauwesen) in Na Fou. Na Bau sestavlja 13 strokovnih področij v katere je vključena tudi geodezija.

DIN standardi, kateri se nanašajo na geodetski instrumentarij:

- DIN 6403: Jekleni merski trakovi;
- DIN 18700: Opis cifer za vizualno odčitavanje iz geodetskih instrumentov;
- DIN 18701: Kalibriranje jeklenih merskih trakov;
- DIN 18703: Nivelirne late;
- DIN 18708: Merjenje relativnih višin;
- DIN 18709: Okrajšave in simboli v geodeziji;
- DIN 18716: Fotogrametrija in daljinsko zaznavanje;
- DIN 18717: Natančnost nivelirnih lat;
- DIN 18723: Terenski postopki za določitev natančnosti geodetskih instrumentov;
- DIN 18724: Natančnost nivelirjev in teodolitov iz tehničnih podatkov;
- DIN 18725: Geodetski instrumenti: daljnogledi;
- DIN 18726: Stativi za geodetske instrumente.

Po standardu DIN 18723 sem opravil preizkus instrumenta SOKKIA SET 4010, saj se proizvajalec glede natančnosti sklicuje ravno na ta standard.

ISO (International Standardisation Organisation) je organizacija za mednarodno standardiziranje s sedežem v Ženevi. V prvotno organizacijo ISO so bile vključene po večini le evropske države, danes pa so vključene v to organizacijo, države iz celotnega sveta. Za uvajanje ISO standardov v prakso, so se povezali z ostalimi internacionalnimi organizacijami. Tako so tudi ostali prišli do spoznanja, da so mednarodni standardi osnova za boljšo in uspešnejšo prihodnost.

ISO standardi, kateri se nanašajo na geodetski instrumentarij:

- ISO 17123: Terenski postopki za testiranje geodetskih instrumentov:
- ISO 17123-1 Teorija,
- ISO 17123-2 Nivelirji,
- ISO 17123-3 Teodoliti,

- ISO 17123-4 Elektro-optični razdaljemerji,
- ISO 17123-5 Elektronski tahimetri,
- ISO 17123-6 Vrtljivi laserji,
- ISO 17123-7 Optično grezilni instrumenti.

5.2 Natančnost geodetskih instrumentov

Podatek o natančnosti instrumenta je eden od pomembnejših podatkov instrumenta. Pri ugotavljanju natančnosti instrumenta moramo ločevati med ločljivostjo instrumenta in natančnostjo meritev, ki jo instrument omogoča.

Pri ločljivosti ločimo mersko ločljivost in ločljivost na zaslonu. Merska ločljivost pove, v katerem primeru se še razločujejo podrobnosti pri opazovanjih skozi optično pripravo. Ločljivost je tista najmanjša sprememba velikosti merjene količine, ki jo instrument s pomočjo mehanskih, optičnih in elektronskih priprav še lahko zazna.

Ločljivost na zaslonu – prikazovalniku pa je najmanjša merska vrednost, ki jo instrument prikaže na zaslonu – last digit.

Obstajati mora smiselna povezava med mersko ločljivostjo in ločljivostjo zaslona – smiselnost prikaza. Čim večja je ločljivost, tem natančnejši je instrument.

Natančnost meritev pa je odvisna od: uporabljenega instrumentarija, metode dela (objektivni komponenti), izvežbanosti opazovalca in pogojev dela (subjektivni komponenti).

Ko govorimo o natančnosti geodetskih instrumentov, ločimo:

- standardizirana osnovna natančnost (notranja natančnost)
- praktična natančnost (zunanja natančnost).

Standardizirana osnovna natančnost se določi na osnovi treh skupnih parametrov:

- tehničnih podatkov posameznih delov instrumenta,
- sposobnosti normalnega opazovalca,
- normalnih pogojev okolja, kjer se izvaja meritev.

Vsaka meritev je kombinacija delnih procesov meritev: horizontiranje, viziranje, koencidiranje. Standardizirana natančnost se določi na osnovi predhodne natančnosti delnih procesov meritev in poznavanja vplivov ter procesov na končno natančnost. Osnova za izračun so tehnični podatki instrumenta.

Natančnost teodolita po standardu DIN 18724 je za merjenje horizontalnega kota izračunana po enečbi:

$$\sigma_H = \sqrt{\frac{1}{2} \cdot (\sigma_Z^2 + \sigma_K^2 + \sigma_S^2)}$$

Natančnost teodolita po standardu DIN 18724 je za merjenje vertikalnega kota izračunana po enečbi:

$$\sigma_V = \sqrt{\frac{1}{2} \cdot (\sigma_Z^2 + \sigma_K^2 + \sigma_S^2 + \sigma_W^2)}$$

Kjer je:

- σ_Z^2 natančnost viziranja
- σ_K^2 natančnost koencidiranja
- σ_S^2 natančnost razdelbe
- σ_W^2 natančnost mesta indeksa za merjenje vertikalnega kota.

Praktična natančnost predstavlja natančnost praktičnih terenskih meritev. Od standardizirane osnovne natančnosti se razlikuje zaradi:

- pomanjkljivosti instrumenta,
- spremenjenih pogojev meritev,
- različnih sposobnosti opazovalca.

Standardna deviacija, ki opisuje natančnost instrumenta v tehničnih podatkih, je določena na osnovi praktičnih terenskih meritev, ki so točno predpisane. Standardiziran je postopek meritev in izračuna, na podlagi katerega se definira natančnost instrumenta. Ta podatek je empirični standardni odklon merjene količine in predstavlja nek vzorec.

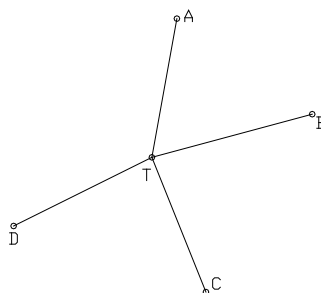
5.3 Praktična natančnost geodetskih instrumentov po DIN 18723 standardu

Praktična natančnost teodolita $S_{DIN18723-THEO-Hz}$, $S_{DIN18723-THEO-V}$ je določena s standardnim odklonom ene v obeh krožnih legah opazovane horizontalne smeri, oziroma enega, v obeh krožnih legah opazovanega vertikalnega kota.

Praktična natančnost razdaljemera $S_{DIN18723-EDM}$ je določena s standardnim odklonom ene n -krat merjene dolžine.

5.3.1 Praktična natančnost merjenja vertikalnih kotov – $S_{DIN18723-THEO-V}$

Meritve:



Slika 5.1: Določitev praktične natančnosti merjenja vertikalnih kotov po DIN 18723 standardu

Postavimo si mrežo petih točk, od katerih je eno stojišče. Oddaljenost točk od stojišča naj bo do 100 m. Točke naj ležijo na različnih nivojih (zenitna razdalja od 50 do 100 gonov). Točke naj bodo signalizirane z vizirnimi tarčami.

Meritve se izvajajo v štirih serijah ob različnih, vendar ne ekstremnih pogojih okolja. Ena serija meritev obsega opazovanje na posamezno točko na srednji niti v obeh krožnih legah. Meritve se opravijo v treh serijah. Celotno število meritev je tako 48.

Izračun (po DIN 18723-3):

rezultat meritev v seriji k ($k=1, \dots, 4$) – zenitna razdalja z_{ij} , kjer je $i=1, \dots, 4$ število točk (s), $j=1, \dots, 3$ število ponovitev (n)

$v_{ij} = \bar{z}_j - z_{ij}$ odstopanja vrednosti zenitnih razdalj z_{ij} od aritmetične sredine \bar{z}_j (v seriji k)

$$S_k = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^3 \sum_{i=1}^5 v_{ij}^2}{s \cdot (n-1)}} \quad \text{empirični standardni odklon zenitne razdalje v seriji } k$$

$$S_{DIN18723-THEO-V} = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^4 S_k^2}{4}} \quad \text{empirični standardni odklon zenitnih razdalj v vseh serijah}$$

5.3.1.1 Določitev praktične natančnosti merjenja vertikalnih kotov instrumenta SOKKIA SET 4010 po standardu DIN 18723-3

Merjenje vertikalnih kotov						Merska serija: 1			
Mesto preizkusa: Celje						Datum: 04.02.2006			
Tip instrumenta: SOKKIA SET 4010						Vreme: oblačno			
Številka instrumenta: 15781						Opazovalec: Peter Kovač			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
stojišče	vizura	I. krožna lega gon	II. krožna lega gon	I.+II. gon	I.+400-II. gon	$Z=(I.+(400-II.))/2$ gon	sredine opazovanj gon	v	vv
S	1	100.0460	299.9510	399.9970	200.0950	100.0475	100.0480	5	25
	2	100.0400	299.9580	399.9980	200.0820	100.0410	100.0398	-12	144
	3	99.5450	300.4530	399.9980	199.0920	99.5460	99.5460	0	0
	4	100.0080	299.9880	399.9960	200.0200	100.0100	100.0100	0	0
S	1	100.0470	299.9500	399.9970	200.0970	100.0485		-5	25
	2	100.0380	299.9600	399.9980	200.0780	100.0390		8	64
	3	99.5450	300.4520	399.9970	199.0930	99.5465		-5	25
	4	100.0090	299.9900	399.9990	200.0190	100.0095		5	25
S	1	100.0470	299.9510	399.9980	200.0960	100.0480		0	0
	2	100.0380	299.9590	399.9970	200.0790	100.0395		3	9
	3	99.5450	300.4540	399.9990	199.0910	99.5455		5	25
	4	100.0090	299.9880	399.9970	200.0210	100.0105		-5	25
									367

$$\Sigma v_1 = 0$$

$$\Sigma v_2 = -1$$

$$\Sigma v_3 = 0$$

$$\Sigma v_4 = 0$$

$$S_1 = \sqrt{\frac{[vv_1]}{f}} = \sqrt{\frac{367}{8}} \cdot 10^{-4} \text{ gon} = 6.8 \cdot 10^{-4} \text{ gon} = 0.7 \text{ mgon}$$

Merjenje vertikalnih kotov						Merska serija: 2			
Mesto preizkusa: Celje						Datum: 04.02.2006			
Tip instrumenta: SOKKIA SET 4010						Vreme: oblačno			
Številka instrumenta: 15781						Opazovalec: Peter Kovač			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
stojišče	vizura	I. krožna lega gon	II. krožna lega gon	I.+II. gon	I.+400-II. gon	Z=(I.+(400- II.))/2 gon	sredine opazovanj gon	v	vv
S	1	100.0480	299.9490	399.9970	200.0990	100.0495	100.0497	2	4
	2	100.0400	299.9580	399.9980	200.0820	100.0410	100.0402	-8	64
	3	99.5450	300.4540	399.9990	199.0910	99.5455	99.5462	7	49
	4	100.0090	299.9880	399.9970	200.0210	100.0105	100.0097	-8	64
S	1	100.0480	299.9490	399.9970	200.0990	100.0495		2	4
	2	100.0390	299.9600	399.9990	200.0790	100.0395		7	49
	3	99.5440	300.4500	399.9940	199.0940	99.5470		-8	64
	4	100.0090	299.9900	399.9990	200.0190	100.0095		2	4
S	1	100.0500	299.9500	400.0000	200.1000	100.0500		-3	9
	2	100.0380	299.9580	399.9960	200.0800	100.0400		2	4
	3	99.5440	300.4520	399.9960	199.0920	99.5460		2	4
	4	100.0080	299.9900	399.9980	200.0180	100.0090		7	49
									368

$$\Sigma v_1 = 1$$

$$\Sigma v_2 = 1$$

$$\Sigma v_3 = 1$$

$$\Sigma v_4 = 1$$

$$S_2 = \sqrt{\frac{[vv_2]}{f}} = \sqrt{\frac{368}{8}} \cdot 10^{-4} \text{ gon} = 6.8 \cdot 10^{-4} \text{ gon} = 0.7 \text{ mgon}$$

Merjenje vertikalnih kotov						Merska serija: 3			
Mesto preizkusa: Celje						Datum: 04.02.2006			
Tip instrumenta: SOKKIA SET 4010						Vreme: oblačno			
Številka instrumenta: 15781						Opazovalec: Peter Kovač			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
stojišče	vizura	I. krožna lega gon	II. krožna lega gon	I.+II. gon	I.+400-II. gon	$Z=(I.+(400-II.))/2$ gon	sredine opazovanj gon	v	vv
S	1	100.0480	299.9490	399.9970	200.0990	100.0495	100.0502	7	49
	2	100.0390	299.9570	399.9960	200.0820	100.0410	100.0407	-3	9
	3	99.5420	300.4530	399.9950	199.0890	99.5445	99.5447	2	4
	4	100.0070	299.9900	399.9970	200.0170	100.0085	100.0090	5	25
S	1	100.0490	299.9490	399.9980	200.1000	100.0500		2	4
	2	100.0400	299.9580	399.9980	200.0820	100.0410		-3	9
	3	99.5450	300.4540	399.9990	199.0910	99.5455		-8	64
	4	100.0080	299.9890	399.9970	200.0190	100.0095		-5	25
S	1	100.0500	299.9480	399.9980	200.1020	100.0510		-8	64
	2	100.0390	299.9590	399.9980	200.0800	100.0400		7	49
	3	99.5420	300.4540	399.9960	199.0880	99.5440		7	49
	4	100.0080	299.9900	399.9980	200.0180	100.0090		0	0
									351

$$\Sigma v_1 = 1$$

$$\Sigma v_2 = 1$$

$$\Sigma v_3 = 1$$

$$\Sigma v_4 = 0$$

$$S_3 = \sqrt{\frac{[vv_3]}{f}} = \sqrt{\frac{351}{8}} \cdot 10^{-4} \text{ gon} = 6.6 \cdot 10^{-4} \text{ gon} = 0.7 \text{ mgon}$$

Merjenje vertikalnih kotov					Merska serija: 4				
Mesto preizkusa: Celje					Datum: 04.02.2006				
Tip instrumenta: SOKKIA SET 4010					Vreme: oblačno				
Številka instrumenta: 15781					Opazovalec: Peter Kovač				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
stojišče	vizura	I. krožna lega gon	II. krožna lega gon	I.+II. gon	I.+400-II. gon	Z=(I.+(400- II.))/2 gon	sredine opazovanj gon	v	vv
S	1	100.0480	299.9510	399.9990	200.0970	100.0485	100.0493	8	64
	2	100.0390	299.9560	399.9950	200.0830	100.0415	100.0415	0	0
	3	99.5440	300.4530	399.9970	199.0910	99.5455	99.5457	2	4
	4	100.0070	299.9900	399.9970	200.0170	100.0085	100.0083	-2	4
S	1	100.0500	299.9500	400.0000	200.1000	100.0500		-7	49
	2	100.0400	299.9570	399.9970	200.0830	100.0415		0	0
	3	99.5440	300.4520	399.9960	199.0920	99.5460		-3	9
	4	100.0060	299.9890	399.9950	200.0170	100.0085		-2	4
S	1	100.0490	299.9500	399.9990	200.0990	100.0495		-2	4
	2	100.0400	299.9570	399.9970	200.0830	100.0415		0	0
	3	99.5450	300.4540	399.9990	199.0910	99.5455		2	4
	4	100.0070	299.9910	399.9980	200.0160	100.0080		3	9
									151

$$\Sigma v_1 = -1$$

$$\Sigma v_2 = 0$$

$$\Sigma v_3 = 1$$

$$\Sigma v_4 = -1$$

$$S_4 = \sqrt{\frac{[vv_4]}{f}} = \sqrt{\frac{151}{8}} \cdot 10^{-4} \text{ gon} = 4.3 \cdot 10^{-4} \text{ gon} = 0.4 \text{ mgon}$$

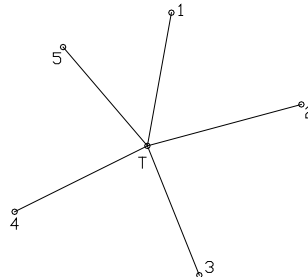
Empirični standardni odklon zenitnih razdalj v vseh štirih serijah znaša:

$$S_{DIN18723-THEO-V} = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^4 S_k^2}{4}} = 0.6 \text{ mgon}$$

Meritve zenitnih razdalj sem opravil v štirih serijah. Rezultati posameznih serij se med sabo bistveno ne razlikujejo.

5.3.2 Praktična natančnost merjenja horizontalnih kotov – $S_{DIN18723-THEO-Hz}$

Meritve:



Slika 5.2: Določitev praktične natančnosti merjenja Hz kotov po DIN 18723 standardu

Na približno horizontalnem terenu si stabiliziramo 6 točk, od katerih je ena stojišče instrumenta. Ostalih 5 točk naj bo razporejenih približno enakomerno po horizontu. Te točke signaliziramo z vizirnimi tarčami. Oddaljenost točk od stojišča instrumenta naj bo od 100 do 200 m. Opravimo 4 serije meritev ob različnih, vendar ne ekstremnih vremenskih pogojih. Ena serija vsebuje opazovanje 5 smeri v 3 girusih v obeh krožnih legah. Med posameznimi girusi moramo zamikati limb. Skupno število meritev je tako 60.

Izračun (po DIN 18723-3):

rezultat meritev v seriji k ($k=1, \dots, 4$) – reducirana smer α_{ij} , kjer je

$i=1, \dots, 5$ število smeri (s)

$j=1, \dots, 3$ število girusov (n)

$d_{ij} = \overline{\alpha_j} - \alpha_{ij}$ odstopanja vrednosti smeri α_{ij} od aritmetične sredine $\overline{\alpha_j}$ (v seriji k)

$$S_k = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^3 \sum_{i=1}^5 (d_{ij} - \overline{d_j})^2}{(n-1) \cdot (s-1)}} \quad \text{empirični standardni odklon smeri v seriji } k$$

$$S_{DIN18723-THEO-Hz} = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^4 S_k^2}{4}} \quad \text{empirični standardni odklon smeri v vseh serijah}$$

5.3.2.1 Določitev praktične natančnosti merjenja horizontalnih kotov instrumenta SOKKIA SET 4010 po standardu DIN 1723-3

Merjenje horizontalnih kotov							Merska serija: 1		
Mesto preizkusa: Celje							Datum: 04.02.2006		
Tip instrumenta: SOKKIA SET 4010							Vreme: oblačno		
Številka instrumenta: 15781							Opazovalec: Peter Kovač		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
stojišče	vizura	I. krožna lega gon	II. krožna lega gon	sredina I.+II. gon	reducirane smeri gon	sredina girusov gon	d 10 ⁻⁴ gon	v 10 ⁻⁴ gon	vv
S	1	0.0980	200.0950	0.0965	0.0000	0.0000	0	-18	324
	2	47.7120	247.7090	47.7105	47.6140	47.6148	8	-10	100
	3	115.6860	315.6850	115.6855	115.5890	115.5892	2	-16	256
	4	194.6990	394.7020	194.7005	194.6040	194.6043	3	-15	225
	5	276.5650	76.5670	276.5660	276.4695	276.4700	5	-13	169
							d= 18	-72	
S	1	67.0420	267.0430	67.0425	0.0000		0	2	4
	2	114.6560	314.6590	114.6575	47.6150		-2	0	0
	3	182.6300	382.6330	182.6315	115.5890		2	4	16
	4	261.6450	61.6480	261.6465	194.6040		3	5	25
	5	343.5110	143.5150	343.5130	276.4705		-5	-3	9
							d= -2	8	
S	1	135.5400	335.5410	135.5405	0.0000		0	17	289
	2	183.1540	383.1580	183.1560	47.6155		-7	10	100
	3	251.1290	51.1310	251.1300	115.5895		-3	14	196
	4	330.1440	130.1470	330.1455	194.6050		-7	10	100
	5	12.0090	212.0120	12.0105	276.4700		0	17	289
							d= -17	68	2102

$$S_1 = \sqrt{\frac{[vv_1]}{f}} = \sqrt{\frac{2102}{8}} \cdot 10^{-4} \text{ gon} = 16.2 \cdot 10^{-4} \text{ gon} = 1.6 \text{ mgon}$$

Merjenje horizontalnih kotov					Merska serija: 2				
Mesto preizkusa: Celje					Datum: 04.02.2006				
Tip instrumenta: SOKKIA SET 4010					Vreme: oblačno				
Številka instrumenta: 15781					Opazovalec: Peter Kovač				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
stojišče	vizura	I. krožna lega gon	II. krožna lega gon	sredina I.+II. gon	reducirane smeri gon	sredina girusov gon	d 10 ⁻⁴ gon	v 10 ⁻⁴ gon	vv
S	1	71.6320	271.6330	71.6325	0.0000	0.0000	0	-13	169
	2	119.2460	319.2490	119.2475	47.6150	47.6148	-2	-15	225
	3	187.2210	387.2220	187.2215	115.5890	115.5895	5	-8	64
	4	266.2350	66.2380	266.2365	194.6040	194.6043	3	-10	100
	5	348.1020	148.1030	348.1025	276.4700	276.4707	7	-6	36
							d= 13	-52	
S	1	134.9540	334.9560	134.9550	0.0000		0	17	289
	2	182.5690	382.5710	182.5700	47.6150		-2	15	225
	3	250.5440	50.5470	250.5455	115.5905		-10	7	49
	4	329.5580	129.5610	329.5595	194.6045		-2	15	225
	5	11.4250	211.4270	11.4260	276.4710		-3	14	196
							d= -17	68	
S	1	202.8700	2.8720	202.8710	0.0000		0	-3	9
	2	250.4840	50.4870	250.4855	47.6145		3	0	0
	3	318.4580	118.4620	318.4600	115.5890		5	2	4
	4	397.4740	197.4770	397.4755	194.6045		-2	-5	25
	5	79.3400	279.3440	79.3420	276.4710		-3	-6	36
							d= 3	-12	1652

$$S_2 = \sqrt{\frac{[vv_2]}{f}} = \sqrt{\frac{1652}{8}} \cdot 10^{-4} \text{ gon} = 14.4 \cdot 10^{-4} \text{ gon} = 1.4 \text{ mgon}$$

Merjenje horizontalnih kotov					Merska serija: 3				
Mesto preizkusa: Celje					Datum: 04.02.2006				
Tip instrumenta: SOKKIA SET 4010					Vreme: oblačno				
Številka instrumenta: 15781					Opazovalec: Peter Kovač				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
stojišče	vizura	I. krožna lega gon	II. krožna lega gon	sredina I.+II. gon	reducirane smeri gon	sredina girusov gon	d 10 ⁻⁴ gon	v 10 ⁻⁴ gon	vv
S	1	140.4360	340.4380	140.4370	0.0000	0.0000	0	18	324
	2	188.0510	388.0530	188.0520	47.6150	47.6147	-3	15	225
	3	256.0260	56.0290	256.0275	115.5905	115.5903	-2	16	256
	4	335.0410	135.0430	335.0420	194.6050	194.6040	-10	8	64
	5	16.9060	216.9090	16.9075	276.4705	276.4702	-3	15	225
							d=	-18	72
S	1	208.8740	8.8750	208.8745	0.0000		0	-12	144
	2	256.4880	56.4900	256.4890	47.6145		2	-10	100
	3	324.4640	124.4660	324.4650	115.5905		-2	-14	196
	4	3.4770	203.4790	3.4780	194.6035		5	-7	49
	5	85.3430	285.3450	85.3440	276.4695		7	-5	25
							d=	12	-48
S	1	276.3240	76.3270	276.3255	0.0000		0	-7	49
	2	323.9390	123.9410	323.9400	47.6145		2	-5	25
	3	391.9150	191.9160	391.9155	115.5900		3	-4	16
	4	70.9280	270.9300	70.9290	194.6035		5	-2	4
	5	152.7950	352.7970	152.7960	276.4705		-3	-10	100
							d=	7	-28
									1802

$$S_3 = \sqrt{\frac{[vv_3]}{f}} = \sqrt{\frac{1802}{8}} \cdot 10^{-4} \text{ gon} = 15.0 \cdot 10^{-4} \text{ gon} = 1.5 \text{ mgon}$$

Merjenje horizontalnih kotov					Merska serija: 4					
Mesto preizkusa: Celje					Datum: 04.02.2006					
Tip instrumenta: SOKKIA SET 4010					Vreme: oblačno					
Številka instrumenta: 15781					Opazovalec: Peter Kovač					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
stojišče	vizura	I. krožna lega gon	II. krožna lega gon	sredina I.+II. gon	reducirane smeri gon	sredina girusov gon	d 10 ⁻⁴ gon	v 10 ⁻⁴ gon	vv	
S	1	212.4830	12.4860	212.4845	0.0000	0.0000	0	11	121	
	2	260.0980	60.1000	260.0990	47.6145	47.6142	-3	8	64	
	3	328.0740	128.0760	328.0750	115.5905	115.5902	-3	8	64	
	4	7.0880	207.0900	7.0890	194.6045	194.6042	-3	8	64	
	5	88.9540	288.9560	88.9550	276.4705	276.4703	-2	9	81	
							d=	-11	44	
S	1	279.4760	79.4810	279.4785	0.0000		0	1	1	
	2	327.0910	127.0950	327.0930	47.6145		-3	-2	4	
	3	395.0670	195.0700	395.0685	115.5900		2	3	9	
	4	74.0820	274.0830	74.0825	194.6040		2	3	9	
	5	155.9480	355.9500	155.9490	276.4705		-2	-1	1	
							d=	-1	4	
S	1	347.2430	147.2440	347.2435	0.0000		0	-14	196	
	2	394.8550	194.8590	394.8570	47.6135		7	-7	49	
	3	62.8320	262.8350	62.8335	115.5900		2	-12	144	
	4	141.8470	341.8480	141.8475	194.6040		2	-12	144	
	5	223.7120	23.7150	223.7135	276.4700		3	-11	121	
							d=	14	-56	1072

$$S_4 = \sqrt{\frac{[vv_4]}{f}} = \sqrt{\frac{1072}{8}} \cdot 10^{-4} \text{ gon} = 11.6 \cdot 10^{-4} \text{ gon} = 1.2 \text{ mgon}$$

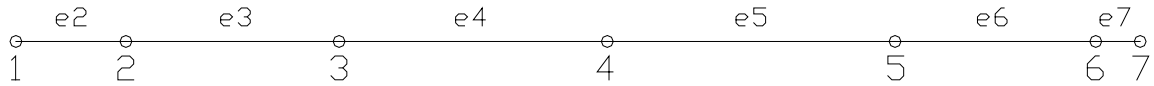
Empirični standardni odklon smeri v vseh štirih serijah znaša:

$$S_{DIN18723-THEO-Hz} = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^4 S_k^2}{4}} = 1.4 \text{ mgon}$$

Meritve horizontalnih smeri sem opravil v štirih serijah. Rezultati posameznih serij se med sabo bistveno ne razlikujejo.

5.3.3 Praktična natančnost razdaljemerov kratkega dosega po DIN 18723-6

Meritve:



Slika 5.3: Določitev praktične natančnosti razdaljemerov kratkega dosega po DIN 18723-6 standardu

Na približno horizontalnem terenu in stabilnem terenu si stabiliziramo komparatorско bazo e, dolžine od 500 do 600 m. Celotno bazo sestavlja 7 točk v liniji ($n = 7$). Te točke razdelijo bazo e na $((n-1) = 6)$ delnih dolžin e_j . Stabilizacija točk naj bo trajna in naj omogoča prisilno centriranje. Velikost delne dolžine je odvisna od dolžine celotne baze in karakteristik instrumenta – valovne dolžine λ_m .

Dolžine merimo v vseh kombinacijah in vedno z istim reflektorjem. Meritve izvedemo v enem dnevu pri normalnih vremenskih pogojih. Celotno število meritev je 21.

Izračun (po DIN 18723-6):

Empirični standardni odklon dobimo z izravnavo posrednih opazovanj. Pred tem je potrebno opraviti:

- predhodne meteorološke in geometrične korekcije,
- izločitev sistematičnih napak (različno DIN in ISO)
- izračun pomožnih količin c_i in r_i

$$c_i = \sum_{j=1}^{7-i} l_{j,j+1} - \sum_{j=1}^i l_{j,j+(7-i)} \quad \text{kjer je } i = 4, 5, 6$$

$$r_i = \frac{1}{7} r_i' = \frac{1}{7} \left(\sum_{j=i+1}^7 l_{i,j} - \sum_{j=1}^{i-1} l_{j,i} \right) \quad \text{kjer je } i = 1, 2, \dots, 7$$

$$dk_0 = \frac{1}{35} \sum_{i=4}^6 (2i-7) \cdot c_i \quad \text{popravek adicijske konstante (ničelne točke)}$$

$$l'_{ij} = l_{ij} + \frac{7-2(j-i)}{7} dk_0 \quad \text{kjer je } i = 1, \dots, 6 \text{ in } j = 2, \dots, 7$$

$$v_{ij} = (r_i - r_j) - l'_{ij} \quad \text{popravki merjenih vrednosti}$$

$$S_{DIN18723-EDM} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^6 \sum_{j=2}^7 v_{ij}^2}{21 - (6+1)}} \quad \text{empirični standardni odklon merjene dolžine.}$$

Za preizkus po tem standardu je potrebno zagotoviti komparatorsko bazo, ki bi izpolnjevala naslednje pogoje:

- Dolžine naj bodo enakomerno razporejene čez celotno območje dosega razdaljemera;
- Fazni ostanki naj bodo konstantni, velikost vmesnih dolžin naj bo celoštevilčni večkratnik finega merila;
- Teren naj bo čim bolj horizontalen;
- Na celotni bazi naj bodo zagotovljeni enakomerni meteorološki pogoji;
- Teren naj bo enakomerno zaraščen;
- Zagotovljena naj bo stabilnost merskih točk; in odmaknjenost od prometnih poti,...

Ker je takšno komparatorsko bazo težko zagotoviti, se v praksi za preizkušanje in umerjanje elektronskih razdaljemerov raje poslužujemo drugih postopkov in metod (merjenje dejanske vrednosti merske frekvence s frekvenčnimi merilniki), zato tudi sam preizkusa razdaljemera po standardu DIN 18723-6 nisem opravil. Prav tako pa je tudi sam doseg razdaljemera elektronskega tahimetra SET 4010 približno 1600m, kar ne spada več med razdaljemere kratkega dosega, kot to navaja omenjeni standard.

5.4 Praktična natančnost geodetskih instrumentov po ISO 17123 standardu

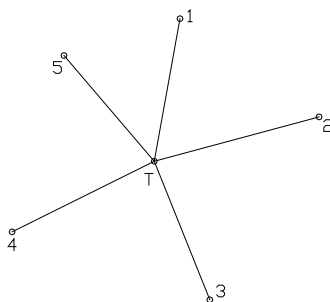
Praktično natančnost elektronskega tahimetra SOKKIA SET 4010 sem določil po standardu DIN18723, saj tudi proizvajalec navaja natančnost po tem standardu. Opisal pa sem tudi standard ISO17123 zaradi primerjave, saj tudi ta standard opisuje enako določitev praktične natančnosti. Kot bomo videli, je standard ISO17123 privzeti standard DIN 18723, le da imamo pri ISO standardu možnost izbire med enostavnim in popolnim postopkom preizkusa instrumenta. Prav tako pa imamo pri ISO standardu na koncu tudi možnost opraviti statistični test.

5.4.1 Določitev praktične natančnosti teodolitov po ISO 17123-3

Praktična natančnost teodolita $S_{ISO17123-3-THEO-Hz}$, $S_{ISO17123-3-THEO-V}$ je določena s standardnim odklonom ene v obeh krožnih legah opazovane horizontalne smeri, oziroma enega, v obeh krožnih legah opazovanega vertikalnega kota.

5.4.1.1 Praktična natančnost merjenja horizontalnih kotov po ISO 17123-3

Meritve:



Slika 5.4: Določitev praktične natančnosti merjenja horizontalnih kotov po ISO 17123-3 standardu

Določiti je potrebno 5 točk, ki so čim bolj enakomerno razporejene po horizontu. Točke signaliziramo z vizirnimi tarčami. Položaj tarč in instrumenta mora biti natančno določen na stabilnih lokacijah za celotno obdobje, ko se izvajajo testne meritve., in mora biti tak, da so

tarče dobro vidne s stojišča instrumenta. Tarče morajo od instrumenta biti oddaljene od 100 m do 250 m.

Opazovanja moramo opraviti v 4 serijah ($i=4$), v različnih, vendar ne ekstremnih vremenskih pogojih. Vsaka serija meritev (i) vsebuje 3 giruse (j) na 5 opazovanih točk (k). Točke opazujemo v obeh krožnih legah, in sicer v prvi krožni legi v smeri urinega kazalca, in v drugi krožni legi v nasprotni smeri urinega kazalca. Med posameznimi girusi zamikamo horizontalni krog za približno 60° (67 gon).

Izračun:

$d_{jk} = \bar{x}_k - x_{jk}$ odstopanja vrednosti smeri x_{jk} od aritmetične sredine \bar{x}_k (v seriji i)

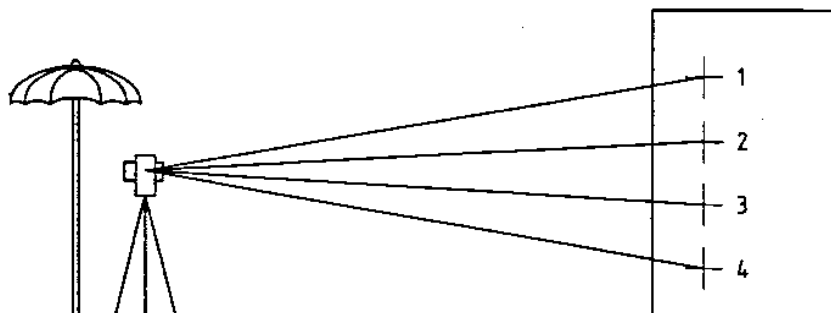
$$S_i = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^3 \sum_{k=1}^5 (d_{jk} - \bar{d}_j)^2}{(n-1) \cdot (s-1)}} \quad \text{empirični standardni odklon smeri v seriji } i$$

$$S_{ISO17123-3-THEO-Hz} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^4 S_i^2}{4}} \quad \text{empirični standardni odklon smeri v vseh serijah}$$

Postopek meritev in izračun določitve praktične natančnosti merjenja horizontalnih kotov po standardu ISO 17123-3 je popolnoma enak kot pri standardu DIN 18723-3, le da imamo pri standardu ISO možnost preprostega ali popolnega preizkusa.

5.4.1.2 Praktična natančnost merjenja vertikalnih kotov po ISO17123-3

Meritve:



Slika 5.5: Določitev praktične natančnosti merjenja vertikalnih kotov po ISO 17123-3 standardu

Instrument naj bo postavljen približno 50 m pred visoko zgradbo. Na tej zgradbi določimo 4 točke (deli oken, razni vogali, deli anten,...) ali pa fiksiramo tarče na steno stavbe in sicer tako, da oklepa vertikalni krog kot med prvo in zadnjo točko približno 30°.

Preden pričnemo z meritvami počakamo, da se instrument klimatizira na temperaturo okolja (približno 2 minuti za eno stopinjo Celzija razlike).

Opazovanja izvajamo v 4 serijah v različnih, vendar ne ekstremnih vremenskih pogojih. Vsaka serija (i) vsebuje 3 giruse (j) na 4 opazovane točke (k). Točke opazujemo v vseh 3 girusih v obeh krožnih legah in sicer v prvi krožni legi od točke 1 proti točki 4 in v drugi krožni legi od točke 4 proti točki 1.

Izračun:

$r_{jk} = z_{ij} - \overline{z_k}$ odstopanja vrednosti zenitnih razdalj z_{ij} od aritmetične sredine $\overline{z_k}$ (v seriji i)

$$S_i = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^3 \sum_{k=1}^4 r_{jk}^2}{s \cdot (n-1)}} \quad \text{empirični standardni odklon zenitne razdalje v seriji } i$$

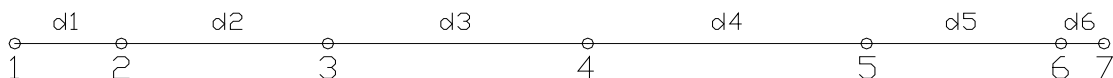
$$S_{ISO17123-3-THEO-V} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^4 S_i^2}{4}} \quad \text{empirični standardni odklon zenitnih razdalj v vseh serijah}$$

Postopek meritev določitve praktične natančnosti merjenja vertikalnih kotov po standardu ISO 17123, se od standarda DIN 18723-3 razlikuje, vendar pridobimo enake podatke tako, da je tudi izračun enak.

5.4.2 Praktična natančnost elektro-optičnih razdaljemerov po ISO 17123-4

Praktična natančnost razdaljemera $S_{ISO17123-4-EDM}$ je določena s standardnim odklonom ene n -krat merjene dolžine.

Meritve:



Slika 5.6: Določitev praktične natančnosti razdaljemerov kratkega dosega po ISO 17123-4 standardu

Na približno ravnem terenu ali na terenu s konstantnim naklonom stabiliziramo 7 točk v liniji, v dolžini 600m, kot prikazuje slika. Točke morajo biti v obdobju izvajanja meritev stabilne in jasno določene, omogočeno naj bo prisilno centriranje. Točke delijo bazo na 6 delnih dolžin (d_1, \dots, d_6).

Oddaljenost posameznih točk (delne dolžine) je odvisna od dolžine baze (d) in od valovne dolžine razdaljemera (λ).

Oddaljenost med točkami tako izračunamo:

$$d = 600 \text{ m}$$

$$\beta_0 = \frac{d_0 - 6.5\lambda}{15} \quad \beta \approx \beta_0 \quad \beta = \mu \cdot \frac{\lambda}{2} \quad \gamma = \frac{\lambda}{72}$$

$$d_1 = \lambda + \beta + 3\gamma$$

$$d_2 = \lambda + 3\beta + 7\gamma$$

$$d_3 = \lambda + 5\beta + 11\gamma$$

$$d_4 = \lambda + 4\beta + 9\gamma$$

$$d_5 = \lambda + 2\beta + 5\gamma$$

$$d_6 = \lambda + \gamma$$

$$d = 6\lambda + 15\beta + 36\gamma$$

Dolžine se merijo v vseh kombinacijah tako, da je skupno število merjenih dolžin 21. Meritve dolžin pričnemo ob dobri vidljivosti, in jih opravimo v istem dnevu. Merita se tudi temperatura zraka in zračni tlak, da lahko dolžine popravimo za meteorološke popravke.

Izračun:

Merjene dolžine je potrebno predhodno popraviti za meteorološke in geometrične popravke.

Sledi izračun pomožni količin a_p in b_p .

$$a_p = \sum_{q=1}^{7-p} x_{q,p+q} - \sum_{q=1}^p x_{q,7-p+q} \quad \text{kjer je } p = 4, 5, 6$$

$$b_p = \frac{1}{7} \left(\sum_{q=p+1}^7 x_{p,q} - \sum_{q=1}^{p-1} x_{q,p} \right) \quad \text{kjer je } p = 1, 2, \dots, 7$$

$$\delta = \frac{1}{35} \sum_{p=4}^6 (2p-7) \cdot a_p \quad \text{popravek adicijske konstante (ničelne točke)}$$

Popravek merjenih vrednosti je tako:

$$r_{p,q} = b_p - b_q - \frac{7+2(p-q)}{7} \cdot \delta - x_{p,q} \quad \text{kjer je } p = 1, \dots, 6 \text{ in } q = 2, \dots, 7$$

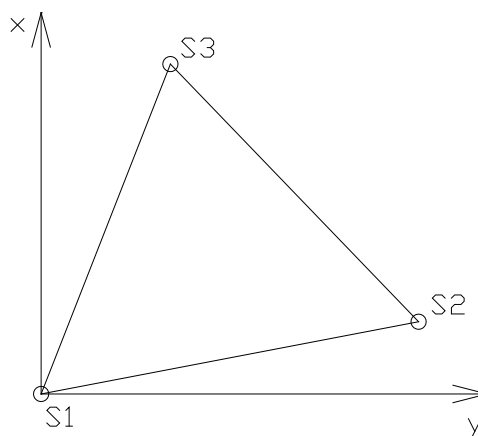
$$S_{ISO17123-4-EDM} = \sqrt{\frac{\sum_{p=1}^6 \sum_{q=2}^7 r_{pq}^2}{21-(6+1)}} \quad \text{empirični standardni odklon merjene dolžine.}$$

Postopek meritev in izračun je po standardu ISO17123-4 enak kot po standardu DIN18723-6, le da imamo pri ISO standardu možnost enostavnega ali popolnega preizkusa.

5.4.3 Praktična natančnost elektronskih tahimetrov po ISO 17123-5

Praktična natančnost elektronskega tahimetra je določena s standardnim odklonom koordinatnega opazovanja ene točke v obeh krožnih legah.

Meritve:



Slika 5.7: Določitev praktične natančnosti elektronskih tahimetrov po ISO 17123-5 standardu

Na terenu stabiliziramo 3 točke (S_1, S_2, S_3) v obliki trikotnika tako, da je omogočeno prisilno centriranje. Razdalja med točkami naj bo od 100 do 200 m, višinska razlika med točkami pa naj bo različna kot to dopušča teren.

Na vsaki točki trikotnika (S_j) se opravijo 3 serije meritev ($i=3$). Na vsakem stojišču instrumenta morajo biti koordinate nastavljene na nič (0, 0, 0). Pri prenašanju instrumenta na drugo točko moramo biti pazljivi. Pri meritvah ne uporabljamo postopka orientacije koordinatnega sistema. Na terenu merimo pravokotne koordinate, katere bomo nato s postopkom rotacije transformirali v polarne koordinate. Vse meritve se opravijo v istem dnevu. Med meritvami je potrebno na vsakem stojišču meriti temperaturo zraka in zračni tlak. Koordinate reflektorjev na dveh ostalih točkah trikotnika (S_k) merimo v obeh krožnih legah.

$$x_{i,j,k,I}, y_{i,j,k,I}, z_{i,j,k,I}, x_{i,j,k,II}, y_{i,j,k,II}, z_{i,j,k,II} \quad i = 1, 2, 3; j = 1, 2, 3; k = 1, 2, 3$$

Razliko koordinat zaradi referenčne točke in razliko δ med višino instrumenta in višino prizme lahko zanemarimo. Enaka vrednost razlike bo neznani parameter v izravnavi, δ pa ima enako vrednost v vseh meritvah. Zato je potrebno v vseh meritvah obvezno uporabiti enako prizmo ali dve prizmi istega tipa.

Izračun:

Natančnost x,y koordinat:

Ker imamo 3 serije meritev, je potrebno vsako serijo transformirati na enako pozicijo. Tako dobi točka S_1 pozicijski koordinati (0, 0):

$$x'_{i,j,k} = x_{i,j,k} - x_{i,j,1}$$

$$y'_{i,j,k} = y_{i,j,k} - y_{i,j,1}$$

$$i = 1, 2, 3; j = 1, 2, 3; k = 1, 2, 3$$

Za prvi krog meritev, ($i=1, j=1$), rotacija ni potrebna. Za vsak naslednji krog meritev, $j=1, 2, 3$ serije $i=1, 2, 3$ je potrebna rotacija φ_i , s centrom S_1 .

Najbolj izvedljiv način rotacije je uporaba polarnih koordinat. Za vsako tarčo, $k = 2, 3$, pravokotne koordinate transformiramo v polarne koordinate z enačbami:

$$t'_{i,j,k} = \arctan \frac{y'_{i,j,k}}{x'_{i,j,k}}$$
$$s_{i,j,k} = \sqrt{x'^2_{i,j,k} + y'^2_{i,j,k}}$$

Orientacija vsakega kroga meritev j , serije i je izražena s srednjo vrednostjo:

$$t'_{i,j} = \frac{1}{2}(t'_{i,j,2} + t'_{i,j,3})$$

Od tod je rotacijski kot:

$$\varphi_{i,j} = t'_{i,1} - t'_{i,j} \quad i = 1, 2, 3; \quad j = 1, 2, 3$$

Nova orientacija je tako:

$$t_{i,j,k} = t'_{i,j,k} + \varphi_{i,j} \quad i = 1, 2, 3; \quad j = 1, 2, 3; \quad k = 2, 3$$

Transformirane koordinate se nato izračunajo kot

$$x''_{i,j,k} = s_{i,j,k} \cdot \cos t_{i,j,k} \quad i = 1, 2, 3; \quad j = 1, 2, 3; \quad k = 2, 3$$
$$y''_{i,j,k} = s_{i,j,k} \cdot \sin t_{i,j,k} \quad i = 1, 2, 3; \quad j = 1, 2, 3; \quad k = 2, 3$$

Izravnane koordinate S_2 in S_3 so

$$\overline{x''}_k = \frac{1}{9} \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^3 x''_{i,j,k} \quad k = 2, 3$$

$$\overline{y''}_k = \frac{1}{9} \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^3 y''_{i,j,k} \quad k = 2, 3$$

Enačbe popravkov so:

$$r_{x,i,j,k} = \overline{x''}_k - x''_{i,j,k} \quad i = 1, 2, 3; \quad j = 1, 2, 3; \quad k = 2, 3$$

$$r_{y,i,j,k} = \overline{y''}_k - y''_{i,j,k} \quad i = 1, 2, 3; \quad j = 1, 2, 3; \quad k = 2, 3$$

Tako je vsota kvadratov popravkov enaka:

$$\sum r_{XY}^2 = \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^3 \sum_{k=2}^3 (r_{x,i,j,k}^2 + r_{y,i,j,k}^2)$$

Standardna deviacija ene x ali y koordinate opazovane enkrat v obeh krožnih legah je:

$$S_{ISO_TACH_XY} = \sqrt{\frac{\sum r_{XY}^2}{24}}$$

Natančnost z koordinate:

Ko smo koordinate točke S_1 nastavili na 0, so postale neznanke v izravnavi koordinate z_2 in z_3 točk S_2 in S_3 in višinska razlika, δ , med višino instrumenta in višino prizme.

Po končani izravnavi dobimo, da je vsota kvadratov popravkov enaka:

$$\sum r_Z^2 = \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^3 \sum_{\substack{k=1 \\ k \neq j}}^3 r_{i,j,k}^2$$

Standardna deviacija ene z koordinate opazovane enkrat v obeh krožnih legah je:

$$S_{ISO_TACH_Z} = \sqrt{\frac{\sum r_z^2}{15}}$$

Standard ISO 17123-5 je edini standard, ki določa postopek določitve praktične natančnosti elektronskih tahimetrov.

5.4.3.1 Določitev praktične natančnosti elektronskega tahimetra SOKKIA SET 4010 po standardu ISO 17123-5

Natančnost xy koordinat:

Preizkus elektronskega tahimetra												Mesto preizkusa: Celje		
Tip instrumenta: SOKKIA SET 4010												Datum, Vreme: 04.02.2006, oblačno		
Številka instrumenta: 15781												Opazovalec: Peter Kovač		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12			
i	j	k	x	y	x'	y'	t	s	x''	y''	rx	ry		
			m	m	m	m	rad	rad	m	m	m	m		
1	1	1	0.000	0.000	0.000	0.000								
	2		-77.852	98.947	-77.852	98.947	2.237440		-77.8520	98.9470	0.0008	0.0022		
	3		-110.321	-44.181	-110.321	-44.181	3.522510		-110.3210	-44.1810	0.0019	-0.0013		
							t'1,1=	2.879975						
1	2	1	98.998	77.789	0.000	0.000								
	2		0.000	0.000	-98.998	-77.789	3.807592	2.237414	125.9037	-77.8502	98.9499	-0.0010	-0.0007	
	3		143.112	-32.554	44.114	-110.343	5.092714	3.522536	118.8344	-110.3157	-44.1822	-0.0034	-0.0001	
							t'1,2=	4.450153	-1.570178	= φ1,2				
1	3	1	74.248	92.789	0.000	0.000								
	2		-42.241	140.560	-116.489	47.771	2.752418	2.237415	125.9038	-77.8503	98.9499	-0.0009	-0.0007	
	3		0.000	0.000	-74.248	-92.789	4.037538	3.522535	118.8384	-110.3194	-44.1836	0.0004	0.0013	
							t'1,3=	3.394978	-0.515003	= φ1,3				
2	1	1	0.000	0.000	0.000	0.000								
	2		45.782	117.285	45.782	117.285	1.198638	2.237432	125.9038	-77.8520	98.9486	0.0008	0.0006	
	3		-94.036	72.661	-94.036	72.661	2.483725	3.522519	118.8377	-110.3195	-44.1815	0.0004	-0.0008	
							t'2,1=	1.841182	1.038794	= φ2,1				
2	2	1	-28.313	122.677	0.000	0.000								
	2		0.000	0.000	28.313	-122.677	4.939210	2.237410	125.9018	-77.8486	98.9488	-0.0026	0.0004	
	3		90.318	115.688	118.631	-6.989	6.224340	3.522540	118.8367	-110.3176	-44.1835	-0.0014	0.0012	
							t'2,2=	5.581775	-2.701800	= φ2,2				
2	3	1	87.491	-80.424	0.000	0.000								
	2		143.120	32.527	55.629	112.951	1.113162	2.237428	125.9068	-77.8535	98.9512	0.0023	-0.0021	
	3		0.000	0.000	-87.491	80.424	2.398256	3.522522	118.8389	-110.3205	-44.1823	0.0015	0.0001	
							t'2,3=	1.755709	1.124266	= φ3,2				
3	1	1	0.000	0.000	0.000	0.000								
	2		-121.266	-33.857	-121.266	-33.857	3.413856	2.237441	125.9037	-77.8528	98.9479	0.0016	0.0013	
	3		-1.600	-118.827	-1.600	-118.827	4.698925	3.522510	118.8378	-110.3200	-44.1805	0.0009	-0.0017	
							t'3,1=	4.056391	-1.176416	= φ3,1				
3	2	1	-27.456	-122.872	0.000	0.000								
	2		0.000	0.000	27.456	122.872	1.350956	2.237413	125.9022	-77.8491	98.9489	-0.0021	0.0003	
	3		-131.429	-65.325	-103.973	57.547	2.636081	3.522538	118.8362	-110.3173	-44.1830	-0.0018	0.0008	
							t'3,2=	1.993519	0.886457	= φ3,2				
3	3	1	118.374	10.504	0.000	0.000								
	2		72.352	127.697	-46.022	117.193	1.944996	2.237425	125.9056	-77.8524	98.9506	0.0012	-0.0014	
	3		0.000	0.000	-118.374	-10.504	3.230097	3.522526	118.8391	-110.3205	-44.1828	0.0015	0.0005	
							t'3,3=	2.587547	0.292429	= φ3,3				
									x''	y''				
									-77.8512	98.9492				
									-110.3191	-44.1823				

$$\Sigma r_{xy}^2 = 0.726 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$S_{\text{ISO-TACH-XY}} = 0.0017 \text{ m}$$

Natančnost z koordinat:

Preizkus elektronskega tahimetra										
Mesto preizkusa: Celje						Datum: 04.02.2006				
Tip instrumenta: SOKKIA SET 4010						Vreme: oblačno				
Številka instrumenta: 15781						Opazovalec: Peter Kovač				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
i	j	k	$z_{i,j,k}$ m	z_2	z_3	δ	0.9063 m	-0.0229 m	-0.0023 m	$r_{i,j,k}$ m
1	1	2	0.906	2	1	-1	1	0	-1	0.0026
	1	3	-0.020	1	2	-1	0	1	-1	-0.0005
1	2	1	-0.903	-2	-1	-1	-1	0	-1	-0.0008
	2	3	-0.927	-1	1	-1	-1	1	-1	0.0003
1	3	1	0.024	-1	-2	-1	0	-1	-1	0.0013
	3	2	0.934	1	-1	-1	1	-1	-1	-0.0025
2	1	2	0.910	2	1	-1	1	0	-1	-0.0014
	1	3	-0.020	1	2	-1	0	1	-1	-0.0005
2	2	1	-0.902	-2	-1	-1	-1	0	-1	-0.0018
	2	3	-0.929	-1	1	-1	-1	1	-1	0.0023
2	3	1	0.026	-1	-2	-1	0	-1	-1	-0.0007
	3	2	0.932	1	-1	-1	1	-1	-1	-0.0005
3	1	2	0.905	2	1	-1	1	0	-1	0.0036
	1	3	-0.016	1	2	-1	0	1	-1	-0.0045
3	2	1	-0.903	-2	-1	-1	-1	0	-1	-0.0008
	2	3	-0.929	-1	1	-1	-1	1	-1	0.0023
3	3	1	0.023	-1	-2	-1	0	-1	-1	0.0023
	3	2	0.932	1	-1	-1	1	-1	-1	-0.0005
neznani parametri: 0.9062 -0.0229 -0.0024										

$$\Sigma r_z^2 = 0.718 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$S_{\text{ISO-TACH-Z}} = 0.0022 \text{ m}$$

5.5 Analiza rezultatov

Preizkus elektronskega tahimetra SOKKIA SET 4010 sem opravil po standardu DIN 18723 in standardu ISO 17123. Za standard DIN 18723 sem se odločil zato, ker se tudi proizvajalec glede natančnosti sklicuje na isti zakon, za standard ISO 17123 pa sem se odločil, ker je edini standard, ki določa postopek za preizkus tahimetra.

Preglednica 2: Analiza rezultatov

	Proizvajalec	DIN/ISO	Razlika	RamWin
Hz	1.5 mgon (5")	1.4 mgon	0.1 mgon	1.0 mgon (3.2")
V	1.5 mgon (5")	0.6 mgon	0.9 mgon	/
D	$\pm(2+2\text{ppm} \times D)\text{mm}$	/	/	1.3 mm
XY	/	1.7 mm	/	1.1 mm
Z	/	2.2 mm	/	/

Proizvajalec navaja, sklicujoč se na standard DIN 18723, natančnost merjenja horizontalnih in vertikalnih kotov 1.5 mgon. Natančnost, ki sem jo dosegel s terenskimi meritvami po DIN 18723 je od proizvajalčeve natančnosti nekaj desetink mgon boljša in znaša 1.4 mgon za merjenje horizontalnih kotov in 0.6 mgon za merjenje vertikalnih kotov. Vzrok za boljši rezultat od proizvajalčevega je v vremenskih pogojih, saj sem terenske meritve opravil v stabilnih in konstantnih vremenskih pogojih, meritve pa bi se naj izvedle v različnih, vendar ne ekstremnih vremenskih pogojih.

Natančnost elektronskega razdaljemera vgrajenega v elektronskem tahimetru SET 4010 je po navedbah proizvajalca $\pm(2 + 2\text{ppm} \times D)\text{mm}$. Sam preizkusa elektronskega razdaljemera nisem opravil, saj je komparatorsko bazo, ki bi izpolnjevala zahtevane pogoje težko zagotoviti. V praksi se zato za preizkušanje in umerjanje elektronskih razdaljemeroev raje poslužujemo drugih postopkov – merjenje dejanske vrednosti merske frekvence, cikličnega pogreška faze, fazne nehomogenosti, ki so rezultat meritev s preciznimi frekvenčnimi merilniki v zato prirejenih laboratorijih.

Elektronski tahimeter SET 4010 sem preizkusil tudi po standardu ISO 17123-5, ki je edini standard, ki opisuje preizkus le teh. Proizvajalec se glede natančnosti na ta standard ne sklicuje, saj je standard ISO 17123 novejši in je izšel šele leta 2005. Elektronski tahimeter SET 4010 pa je na tržišču že približno osem let. Natančnost, ki sem jo pridobil na osnovi terenskih meritev z elektronskim tahimetrom SET 4010 po standardu ISO 17123-5 znaša 1.7 mm za natančnost xy koordinat in 2.2 mm za natančnost z koordinat.

Za primerjavo dobljenih rezultatov sem opravil tudi izravnavo ravninske geodetske mreže s pomočjo programa RamWin. V program sem vstavil koordinate danih točk, približne vrednosti koordinat novih točk ter vsa opazovanja (kote in dolžine). Tako sem s programom RamWin izračunal srednji pogrešek smeri, ki znaša 3.2 sekunde (1mgon), srednji pogrešek dolžin, ki znaša 1.3 mm in srednji položajni pogrešek, ki znaša 1.1 mm. Kot vidimo se rezultati pridobljeni s programom RamWin bistveno ne razlikujejo od ostalih pridobljenih rezultatov.

6 ZAKLJUČEK

Elektronski tahimeter SOKKIA SET 4010 je sodoben, kvaliteten in zanesljiv instrument, ki je na tržišču približno osem let, njegov predhodnik pa je SET 4000. Pri svojem delu ga uporabljam predvsem za potrebe inženirske geodezije (zakoličevanje, merjenje posnetkov za projektiranje, za projekte izvedenih del, merjenje vzdolžnih in prečnih profilov, ...). Iz praktičnih izkušenj pri vsakdanjem delu z instrumentom sem spoznal, da instrument izpolnjuje vse zahteve, s katerimi se srečujem pri delu, in da je stabilen v vseh vremenskih pogojih.

Opisani instrument odlikuje majhna teža (5.4 kg vključno s podnožjem, ročajem in baterijo), kompakten in majhen teleskop, velik notranji spomin za programe in podatke, majhen čas merjenja, spominska kartica različnih velikosti spomina za enostaven prenos podatkov, dva velika zaslona za hkratni prikaz vseh merjenih vrednosti, tipkovnica v obeh krožnih legah instrumenta, dostopnost in enostavnost za uporabo vgrajenih programov.

Preizkus instrumenta sem opravil po standardu DIN 18723, saj proizvajalec navaja natančnost po tem standardu, in po standardu ISO 17123-5, ki je edini standard, ki določa praktično natančnost za elektronske tahimetre. Meritve sem opravil v stabilnih in konstantnih vremenskih pogojih, kar se je poznalo tudi pri rezultatih. Rezultati meritev so nekaj desetink mgon boljši od navedene proizvajalčeve natančnosti in znašajo 1,4 mgon za preizkus praktične natančnosti horizontalnih kotov in 0.6 mgon za preizkus praktične natančnosti vertikalnih kotov. Vzrok za boljši rezultat od proizvajalčevega je najverjetneje v vremenskih pogojih, saj so v mojem primeru bili konstantni in stabilni, meritve pa bi se morale izvesti v različnih vremenskih pogojih.

Takšen preizkus navadno opravimo enkrat letno, ali pa če sumimo, da instrument ne dosega predpisane natančnosti.

V diplomski nalogi sem opisal tudi standard za določitev praktične natančnosti razdaljemerov kratkega dosega DIN 18723-6, vendar preizkusa razdaljemera po tem standardu nisem opravil zaradi težke zagotovitve zahtevane komparatorske baze.

Kljub temu, da je instrument SET 4010 na tržišču že osmo leto, ga lahko zaradi njegovih dobrih karakteristik postavljamo ob bok novejšim instrumentom.

V sodobnih, tudi terestičnih merskih postopkih vse večjo vlogo igra visoka tehnologija. Glavne značilnosti sodobnih geodetskih instrumentov so: visoko tehnološko razviti elektronski instrumenti; avtomatizirani kompleksni merski postopki; velika ločljivost, hitrost in ekonomičnost meritev; nadomestitev optičnih in mehanskih pomanjkljivosti instrumenta z elektroniko (elektronske korekcije); manjši vpogled v delovanje instrumenta; manjša vloga operaterja pri meritvah; manjša trpežnost instrumentov.

Značilnosti pri delu s takimi instrumenti so predvsem enostavnost uporabe, hitrost meritev, značilen hiter in natančen prikaz rezultatov.

Ob predpogoju znanja o geodetskih metodah in postopkih lahko s poznavanjem delovanja in zmogljivosti instrumentarija proizvajalca geodetske opreme bistveno pripomoremo h kvalitetnejšemu izvajanju geodetskih del.

Viri:

Joeckel, R., Strober, M. 1989. Elektronisch Entfernungsmessung und Richtungsmessung. Stuttgart, Konrad Wittwer.

Kogoj, D. 2002. Merjenje dolžin z elektronskimi razdaljemerji. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 159 str.

Kogoj, D. 2003. Sodobne metode terestične geodetske izmere. V: Zbornik referatov, Vloga geodezije pri načrtovanju, gradnji in vzdrževanju prometnic. Gornja Radgona, 9. april 2003. Ljubljana, DRC, Družba za raziskave v cestni in prometni stroki Slovenije: str. 55-64.

Kogoj, D., Bilban, G., Bogatin, S. 2004. Tehnične lastnosti tahimetrov Leica Geosystems. Geodetski vestnik 48, str. 508-518.

Šumrada, R. 2002. Pregled standardov za geografske podatke, zapiski predavanj.

Vodopivec, F. 1992. GEODEZIJA II, Razdaljemerji in trilateracija. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 216 str.

Witte, B., Schmidt, H. 1991. Vermessungskunde und Grundlagen der Statistik für das Bauwesen. Stuttgart, Verlag Konrad Wittwer: 736 str.

DIN. 1998. DIN-Taschenbuch 111: Vermessungswesen. Beuth. Deutsches Institut für Normung: 552 str.

GeoSet. Geodetski instrumenti Sokkia, Uporabniška navodila. Šenčur.

<http://www.sokkia.co.jp/english/>

Sokkia. SET4010 powerset series total stations, predstavitveni katalog.

Standardi:

DIN 18723-3 Feldverfahren zur Genauigkeitsuntersuchung geodätischer Instrumente –
Theodolite.

DIN 18723-6 Feldverfahren zur Genauigkeitsuntersuchung geodätischer Instrumente –
Elektrooptische Distanzmesser für den Nahbereich.

ISO 17123-3 Optics and optical instruments – Field procedures for testing geodetic and
surveying instruments – Theodolites.

ISO 17123-4 Optics and optical instruments – Field procedures for testing geodetic and
surveying instruments – Electro-optical distance meters (EDM instruments).

ISO 17123-5 Optics and optical instruments – Field procedures for testing geodetic and
surveying instruments – Electronic tacheometers.