

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 Fonda

Analiza ISO standardov za potrebe geodezije v inženirstvu

Diplomska naloga št.: 219

Mentor:
doc. dr. Božo Koler

Ljubljana, 25. 1. 2007

IZJAVA O AVTORSTVU

Podpisani **PETER FONDA** izjavljam, da sem avtor diplomske naloge z naslovom:
»**ANALIZA ISO STANDARDOV ZA POTREBE GEODEZIJE V INŽENIRSTVU**«.

Izjavljam, da prenašam vse materialne avtorske pravice v zvezi z diplomsko nalogo na UL,
Fakulteto za gradbeništvo in geodezijo.

Ljubljana, 22.12.2006

BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

UDK: 006 (100): 528.48 (043.2)
Avtor: Peter Fonda
Mentor: doc. dr. Božo Koler
Naslov: Analiza ISO standardov za potrebe geodezije v inženirstvu
Obseg in oprema: 112 str., 12 pregl., 37 sl., 65 en.
Ključne besede: Dovoljena odstopanja, kontrolne meritve, geodetski pribor, ISO 17123, natančnost

Izvleček

Diplomska naloga obravnava ISO standarde, ki so v uporabi v inženirski geodeziji, kadar vzpostavljamo primarne in sekundarne geodetske mreže in kadar določamo dovoljena odstopanja točk teh mrež. Naloga podaja nekaj primerov geodetskih merskih točk in signalov, katerih pravilna izbira načina stabilizacije in postavitve predstavlja osnovo za izvajanje kakovostnih meritev. V nalogi so predstavljene nekatere kontrolne meritve in podana dovoljena odstopanja, kadar preverjamo geometrijske in druge lastnosti na gradbiščih. Opisane so tudi zahteve invar nivelmanskih lat, ki so v uporabi v geodeziji za prezicna merjenja višin in zahteve teleskopskih stativov, ter povezavi med stativom in merskim instrumentom. V nalogi so podani tudi terenski postopki preizkusa geodetskih instrumentov, s čimer določenemu instrumentu določimo najvišjo možno dosegljivo natančnost pri terenskih pogojih.

BIBLIOGRAPHIC – DOCUMENTALISTIC INFORMATION

UDC: 006 (100): 528.48 (043.2)
Author: Peter Fonda
Supervisor: Assist. Prof. Božo Koler
Title: Analysis of ISO standards applying to surveying engineering
Notes: 112 p., 12 tab., 37 fig., 65 eq.
Key words: Permitted deviations, control measurements, geodesy equipment, ISO 17123, accuracy

Abstract:

This graduation thesis describes ISO standards that are in use in surveying engineering for establishment of primary and secondary systems and for determining permitted deviations of points of these systems. Thesis describes some examples of geodetic measuring points and measuring targets. The right way of setting up of these points is a basis for quality measurements. Thesis describes control measurements and permitted deviations to verify geometric characteristics on building sites. Thesis also gives requirements of invar levelling staffs that are in use in geodesy for precise measurements of heights and requirements of telescopic tripods and connections between tripod and measuring instrument. Graduation thesis also describes field procedures for testing surveying instruments. With these tests we can determine the best achievable measure of precision of a particular instrument under field conditions.

ZAHVALA

Ob zaključku diplomskega dela se iskreno zahvaljujem:

- doc. dr. Božu Kolerju za mentorstvo in strokovno pomoč pri izdelavi diplomskega dela.
- vsem domačim, ki so mi skozi študij stali ob strani in me podpirali.
- vsem drugim, ki so mi pri izdelavi naloge kakorkoli pomagali.

KAZALO VSEBINE

| | | |
|-------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1 | UVOD | 1 |
| 2 | STANDARDIZACIJA IN STANDARDI | 3 |
| 2.1 | Kaj sploh so standardi? | 3 |
| 3 | RAZVRSTITEV STANDARDOV | 5 |
| 4 | ISO STANDARDI, KI SE NANAŠAJO NA KOLIČINE IN ENOTE ISO 31-11: 11. DEL: MATEMATIČNI ZNAKI IN SIMBOLI, KI SO V UPORABI V NARAVOSLOVNIH ZNANOSTIH IN TEHNOLOGIJI | 6 |
| 5 | ISO STANDARDI, KI SE NANAŠAJO NA STATISTIKO – SLOVAR IN SIMBOLI ISO 3534-1: 1. DEL: VERJETNOST IN OSNOVNI STATISTIČNI POJMI | 8 |
| 6 | ISO 7078: STANDARDI, KI SE NANAŠAJO NA IZGRADNJO OBJEKTOV ZAKOLIČEVANJE, MERJENJE IN OPAZOVANJE – SLOVAR IN VODNIK | 13 |
| 6.1 | Osnovni izrazi in definicije | 13 |
| 6.2 | Kvaliteta merjenja | 14 |
| 6.3 | Merila | 15 |
| 6.4 | Merska orodja | 15 |
| 6.5 | Merski instrumenti in njihovi deli | 16 |
| 6.6 | Metode merjenja | 18 |
| 7 | ISO STANDARDI, KI SE NANAŠAJO NA GEODETSKE MERSKE METODE PRI GRADNJI OBJEKTOV – ZAKOLIČEVANJE IN MERJENJE | 22 |
| 7.1 | ISO 4463-1: 1.DEL: PLANIRANJE IN ORGANIZIRANJE, MERSKI POSTOPKI, DOVOLJENA ODPANJA | 22 |
| 7.2 | ISO 4463-2: 2.DEL: GEODETSKE MERSKE TOČKE IN SIGNALI | 29 |
| 7.2.1 | Nekateri primeri geodetskih merskih točk in signalov | 30 |
| 8 | ISO 3443: STANDARDI, KI SE NANAŠAJO NA DOVOLJENA ODPANJA PRI GRADNJI OBJEKTOV | 37 |

| | | |
|----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 8.1 | ISO 7737: PODATKI ZA OCENO NATANČNOSTI POSAMEZNIH DIMENZIJ | 40 |
| 8.2 | METODE ZA IZMERO OBJEKTOV IN GRADBENIH PROIZVODOV ISO 7976-1: 1. DEL: MERSKE METODE IN INSTRUMENTI | 42 |
| 8.2.1 | Kontrolne meritve, ki se lahko izvajajo v proizvodnji in na gradbiščih | 42 |
| 8.2.2 | Kontrolne meritve, ki se lahko izvajajo le na gradbiščih | 45 |
| 8.2.3 | Merski instrumenti | 46 |
| 8.3 | ISO 7976-2: 2. DEL: IZBIRA POLOŽAJA MERSKIH TOČK | 50 |
| 9 | ISO STANDARDI, KI SE NANAŠAJO NA OPTIKO IN OPTIČNE INSTRUMENTE | 52 |
| 9.1 | ISO 9849: GEODETSKI IN MERSKI INSTRUMENTI – SLOVAR | 52 |
| 9.1.1 | Nekatere vrste geodetskih instrumentov | 52 |
| 9.1.2 | Nekateri deli geodetskih instrumentov | 54 |
| 9.2 | ISO 12858: GEODETSKI PRIBOR | 56 |
| 9.2.1 | ISO 12858-1: 1. DEL: INVAR NIVELMANSKE LATE | 56 |
| 9.2.2 | ISO 12858-2: 2. DEL: STATIVI | 59 |
| 9.3 | ISO 17123: PREIZKUS GEODETSKIH INSTRUMENTOV NA TERENU | 65 |
| 9.3.1 | ISO 17123-1: 1. DEL: TEORIJA | 65 |
| 9.3.2 | ISO 17123-2: 2. DEL: NIVELIRJI | 67 |
| 9.3.2.1 | POSTOPEK POENOSTAVLJENEGA PREIZKUSA | 67 |
| 9.3.2.2 | POSTOPEK POPOLNEGA PREIZKUSA | 70 |
| 9.3.3 | ISO 17123-3: 3. DEL: TEODOLITI | 74 |
| 9.3.3.1 | MERJENJE HORIZONTALNIH SMERI | 75 |
| 9.3.3.2 | MERJENJE ZENITNIH RAZDALJ | 79 |
| 9.3.4 | ISO 17123-4: 4. DEL: ELEKTRO – OPTIČNI RAZDALJEMERI | 81 |
| 9.3.4.1 | POSTOPEK POENOSTAVLJENEGA PREIZKUSA | 81 |
| 9.3.4.2 | POSTOPEK POPOLNEGA PREIZKUSA | 83 |
| 9.3.5 | ISO 17123-5: 5. DEL: ELEKTRONSKI TAHIMETRI | 87 |
| 9.3.5.1 | POSTOPEK POENOSTAVLJENEGA PREIZKUSA | 88 |
| 9.3.5.2 | POSTOPEK POPOLNEGA PREIZKUSA | 90 |
| 9.3.6 | ISO 17123-6: 6. DEL: PLOSKOVNI NIVELIRJI | 94 |

| | |
|----------------------------------------------------|------------|
| 9.3.6.1 POSTOPEK POENOSTAVLJENEGA PREIZKUSA | 95 |
| 9.3.6.2 POSTOPEK POPOLNEGA PREIZKUSA | 97 |
| 9.3.7 ISO 17123-7: 7. DEL: OPTIČNA GREZILA | 103 |
| 10 UPORABNOST PREDSTAVLJENIH STANDARDOV | 108 |
| 11 ZAKLJUČEK | 110 |
| VIRI IN LITERATURA | 111 |

KAZALO PREGLEDNIC

| | |
|---------------------------------------------------------------------------|-----|
| Preglednica 1: Primer uporabe konstante K_1 na gradbišču | 26 |
| Preglednica 2: Primeri dovoljenih odstopanj pri označbah relativnih višin | 27 |
| Preglednica 3: Vrste dimenzij, ki se merijo | 40 |
| Preglednica 4: Preglednica dovoljenih odstopanj | 43 |
| Preglednica 5: Preglednica dovoljenih odstopanj | 43 |
| Preglednica 6: Preglednica dovoljenih odstopanj | 44 |
| Preglednica 7: Preglednica dovoljenih odstopanj | 45 |
| Preglednica 8: Preglednica dovoljenih odstopanj | 46 |
| Preglednica 9: Oznake stativa | 59 |
| Preglednica 10: Vrednosti o togosti vrtenja | 62 |
| Preglednica 11: Popravki odčitkov | 100 |
| Preglednica 12: Uporabnost predstavljenih standardov za stroko | 108 |

KAZALO SLIK

| | |
|---------------------------------------------------------------------------------|----|
| Slika 1: Trigonometrično višinomerstvo | 18 |
| Slika 2: Ortogonalna metoda | 19 |
| Slika 3: Polarna metoda | 20 |
| Slika 4: Zunanji urez | 20 |
| Slika 5: Notranji urez | 21 |
| Slika 6: Odklon od vertikalnosti | 27 |
| Slika 7: Lesen količek | 30 |
| Slika 8: Cevka s sidrom | 31 |
| Slika 9: Primeri zidnih in višinskih merskih signalov | 32 |
| Slika 10: Zidni signal | 33 |
| Slika 11: Gradbeni profil | 34 |
| Slika 12: Betonski blok | 35 |
| Slika 13: Zaščita merske točke | 36 |
| Slika 14: Ekscentriciteta | 50 |
| Slika 15: Položaj merskih točk pri izmeri debeline zidov, daljših od 3 m | 51 |
| Slika 16: Mere invar nivelmanskih lat | 58 |
| Slika 17: Mere stativa | 60 |
| Slika 18: Prvi primer povezave stativa in instrumenta | 63 |
| Slika 19: Drugi primer povezave stativa in instrumenta | 64 |
| Slika 20: Digitalni nivelir DL 103 | 67 |
| Slika 21: Prva oblika preizkusne linije za postopek poenostavljenega preizkusa | 68 |
| Slika 22: Druga oblika preizkusne linije za postopek poenostavljenega preizkusa | 69 |

| | |
|-------------------------------------------------------------------------|-----|
| Slika 23: Oblika preizkusne linije za postopek popolnega preizkusa | 71 |
| Slika 24: Teodolit Leica TM5100A | 74 |
| Slika 25: Preizkusna baza za opazovanja horizontalnih smeri | 75 |
| Slika 26: Preizkusna baza za opazovanja zenitnih razdalj | 79 |
| Slika 27: Oblika preizkusne baze za postopek poenostavljenega preizkusa | 82 |
| Slika 28: Začasna linija za preverjanje popravka ničelne točke | 83 |
| Slika 29: Oblika preizkusne linije za postopek popolnega preizkusa | 84 |
| Slika 30: Elektronski tahimeter Leica TPS400 | 87 |
| Slika 31: Oblika preizkusne baze za določitev koordinat | 88 |
| Slika 32: Ploskovni nivelir RT – 5Sa | 94 |
| Slika 33: Oblika preizkusne baze za postopek poenostavljenega preizkusa | 96 |
| Slika 34: Horizontalna ravnina | 98 |
| Slika 35: Vertikalna ravnina skozi x' | 98 |
| Slika 36: Oblika preizkusne linije za postopek popolnega preizkusa | 99 |
| Slika 37: Primer rasterske x - y mreže | 104 |

1 UVOD

ISO (International Standardisation Organisation) je mednarodna organizacija za standardizacijo, s sedežem v Ženevi. ISO deluje na svetovni ravni, organizacijo sestavljajo nacionalni standardni odbori iz držav članic.

Glavni namen ISO je podpora razvoju standardizacije po vsem svetu in olajšava mednarodne menjave blaga in storitev, ter razvoj kooperacije v intelektualnih, znanstvenih in gospodarskih dejavnostih. Rezultati delovanja ISO so mednarodna soglasja, objavljena kot mednarodni standardi (International Standardisation Organisation, 2006).

Standardi so neobvezni dokumenti, ki jih lahko vsakdo uporablja. Njihova velika prednost je v tem, da pospešujejo gospodarski razvoj, kajti razvite evropske države z njihovo uporabo prihranijo približno petnajst milijard evrov letno. To pa zato, ker je z njihovo uporabo omogočena večja združljivost izdelkov in storitev (Slovenski inštitut za standardizacijo, 2006).

Slovenski inštitut za standardizacijo (SIST), slovenski nacionalni organ za standarde, je odgovoren za vzpostavitev, vodenje in vzdrževanje nacionalnega sistema standardizacije, ki na mednarodno primerljiv način zagotavlja vsem zainteresiranim slovenske nacionalne in druge standarde, predstavlja Slovenijo v mednarodnih in evropskih organizacijah za standardizacijo ter omogoča ustvarjalno sodelovanje vseh zainteresiranih v Sloveniji pri zastopanju nacionalnih interesov v procesu evropske in mednarodne standardizacije (Slovenski inštitut za standardizacijo, 2006).

V diplomskem delu so najprej predstavljene mednarodne in nacionalne organizacije, ki so pomembne za standardiziranje različnih področij.

V nadaljevanju so predstavljeni ISO standardi, ki definirajo količine in enote v matematičnem smislu in osnovne statistične pojme. Naloga opredeljuje tudi ISO standarde, ki se nanašajo na izgradnjo objektov, oziroma metode kontrolnih merjenj v gradbeništvu, ter geodetske merske metode pri gradnji objektov, kjer je poudarek na merskih točkah in signalih. Te uporabljamo za signaliziranje v obliki geodetskih točk, ki jih stabiliziramo kot stojišča. Naloga obravnava tudi nekaj pojmov o dovoljenih odstopanjih pri gradnji objektov.

Vsi ti ISO standardi, za katere se zdi, da se bolj tičejo gradbeniških standardov, se na določen način nanašajo na geodezijo. Ker sta geodezija in gradbeništvo interdisciplinarni panogi, je nujen kratek opis ISO standardov, ki se ne nanašajo direktno na geodetsko vedo.

Glavni del diplomske naloge predstavljajo ISO standardi, ki opisujejo geodetski pribor (invar nivelmanske late, stativi), predvsem pa ISO standardi, ki opredeljujejo terenske postopke za preizkušanje geodetskih in merskih instrumentov.

V zadnjem poglavju je tabelarično prikazana uporabnost obravnavanih standardov.

2 STANDARDIZACIJA IN STANDARDI

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. Je proces opredelitve, formalnega sprejema in uveljavitve standarda, od katerega imajo neposredne gospodarske koristi tako uporabniki kakor tudi njegovi izdelovalci. Osrednja cilja standardizacije sta predvsem poenotenje procesov in prenos podatkov med njimi. Poleg tega pa tudi komunikacijska učinkovitost, celovitost podatkov, izboljšava in nadzor kakovosti, obvladovanje kakovostnega prenosa podatkov, zaščita uporabnikov, prenos znanja in zagotavljanje številnejših in boljših tržnih priložnosti za izdelovalce (Kvamme, Oštir – Sedej, Stančič, Šumrada, 1997).

2.1 Kaj sploh so standardi?

Standardi so dokumentirani tehnični in postopkovni dogovori, ki jih sprejmejo njihovi potencialni uporabniki.

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 (Kvamme, Oštir – Sedej, Stančič, Šumrada, 1997).

Poznamo več organizacij, ki so pomembne za standardizacijo. Najpomembnejše organizacije za standardizacijo na mednarodni, regionalni in nacionalni ravni so predvsem naslednje (Kvamme, Oštir – Sedej, Stančič, Šumrada, 1997):

- ISO (International Standardisation Organisation) s sedežem v Ženevi. Ta organizacija je na svetovni ravni.
- IEC (International Electrotechnical Commission) s sedežem v Ženevi. Ta organizacija je na svetovni ravni.

- CEN (Comité Européen de Normalisation) s sedežem v Parizu. Ta organizacija je na evropski ravni.
- CENELEC (Comité Européen de Normalisation Electrotechnique) s sedežem v Parizu. Ta organizacija je na evropski ravni.
- SIST (Slovenski inštitut za standardizacijo) s sedežem v Ljubljani. Ta organizacija je na nacionalni ravni.

Druge pomembne mednarodne in nacionalne ustanove za standardizacijo so (Kvamme, Oštir – Sedej, Stančič, Šumrada, 1997):

- AFNOR (French Standards Body),
- ANSI (American National Standards Institute),
- ASI (Austrian National Standards Institute),
- BSI (British Standards Institute),
- CGSB (Canadian General Standards Board),
- DGIWG (Digital Geographic Information Work Group),
- DIN (German Institute for Standardisation),
- DSFL (Danish Society for Photogrammetry and Surveying),
- FIPS (Federal Information Processing Standards),
- IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers),
- NCDCCDS (National Committee for Digital Cartographic Data Standards – s sedežem v ZDA),
- NIST (National Institute of Standards and Technologies – s sedežem v ZDA),
- NNI (Dutch Standardisation Institute),
- NSF (Norway Standardisation Body),
- ODMG (Object Database Management Group),
- OGF (Open GIS Foundation),
- OMG (Object Management Group – s sedežem v ZDA),
- SCC (Standards Council of Canada),
- SIS (Swedish Standardisation Institution).

3 RAZVRSTITEV STANDARDOV

Obstaja precej ISO standardov, ki se nanašajo na geodetsko stroko. V diplomskem delu so predstavljeni le tisti, ki se nanašajo na geodezijo v inženirstvu in geodetsko izmero. Vsebinsko so izbrani standardi razdeljeni na šest poglavij:

- ISO standardi, ki se nanašajo na količine in enote (matematični znaki in simboli, ...).
- ISO standardi, ki se nanašajo na statistiko (verjetnost, osnovni statistični pojmi, ...).
- ISO standardi, ki se nanašajo na izgradnjo objektov (definicije, merska orodja, merski instrumenti, metode merjenja, ...).
- ISO standardi, ki se nanašajo na geodetske merske metode pri gradnji objektov (primarna in sekundarna mreža, pozicijske točke, dovoljena odstopanja položajev teh točk, primeri merskih točk in signalov, ...).
- ISO standardi, ki se nanašajo na dovoljena odstopanja pri gradnji objektov (podatki za oceno natančnosti posameznih dimenzij, metode kontrolnih merjenj in dovoljena odstopanja pri gradnjah, izbira položaja merskih točk, ...).
- ISO standardi, ki se nanašajo na optiko in optične instrumente (geodetski in merski instrumenti, geodetski pribor, preizkus geodetskih instrumentov na terenu).

4 ISO STANDARDI, KI SE NANAŠAJO NA KOLIČINE IN ENOTE

ISO 31-11: 11. DEL: MATEMATIČNI ZNAKI IN SIMBOLI, KI SO V UPORABI V NARAVOSLOVNIH ZNANOSTIH IN TEHNOLOGIJI

Ta del standarda ISO 31 podaja osnovne informacije o matematičnih znakih in simbolih, njihovem pomenu in uporabi. Standard opisuje dvanajst vrst matematičnih znakov in simbolov, ki jih bom navedel in povzel najpomembnejše v posameznem sklopu.

- *Matematična logika (logične operacije):* konjunkcija, disjunkcija, negacija, implikacija, ekvivalenca, ...
- *Množice:* prazna množica, množica naravnih števil, množica celih števil, množica racionalnih števil, množica realnih števil, množica kompleksnih števil, intervali, unije množic, preseki množic, kartezični produkt, ...
- *Mešani znaki in simboli:* je enako, ni enako, je približno enako, večje, manjše, manjše ali enako, večje ali enako, veliko manjše, veliko večje, neskončnost, ...
- *Operacije:* seštevanje, odštevanje, množenje, deljenje, vsota členov, korenjenje, potenciranje, absolutna vrednost, ...
- *Funkcije:* sestavljene funkcije, limita funkcije, odvod funkcije, parcialni odvod, nedoločeni in določeni integral, ...
- *EkspONENTNE IN LOGARITEMSKE FUNKCIJE:* osnova naravnega logaritma, naravni logaritem, binarni logaritem, ...
- *KROŽNE IN HIPERBOLIČNE FUNKCIJE:* število π , sinus, kosinus, tangens, cotangens, arcsin, arctan, arcctg, hiperbolični sinus, hiperbolični kosinus, hiperbolični tangens, hiperbolični cotangens, inverzni hiperbolični sinus, ...
- *KOMPLEKSNA ŠTEVILA:* imaginarna enota, signum, realni in imaginarni del z , absolutna vrednost z , ...
- *MATRIKE:* produkt matrik, inverzna matrika, transponirana matrika, determinanta matrike, norma matrike, ...
- *KOORDINATNI SISTEMI:* kartezični (x, y, z) , cilindrični (ζ, φ, z) , sferni (r, ϑ, φ) .

- *Vektorji in tenzorji*: enotski vektor, kartezične komponente vektorja, skalarni produkt, vektorski produkt, gradient, operator nabra, ...
- *Posebne funkcije*: gama funkcije, beta funkcije, eksponentni integral, ...

5 ISO STANDARDI, KI SE NANAŠAJO NA STATISTIKO – SLOVAR IN SIMBOLI ISO 3534-1: 1. DEL: VERJETNOST IN OSNOVNI STATISTIČNI POJMI

V standardu ISO 3534 so definirani verjetnost in osnovni statistični pojmi, ki se uporabljajo v drugih mednarodnih standardih.

Standard je sestavljen iz štirih delov. Prvi del podaja pojme, ki jih uporabljamo v teoriji verjetnosti, drugi opisuje osnovne statistične pojme, v tretjem delu so podani osnovni pojmi, ki se nanašajo na opazovanja in testiranje rezultatov, v četrtem pa so podani osnovni pojmi, ki se nanašajo na metode vzorčenja. Nekoliko podrobneje bom opisal prvi dve deli, ki se mi zdita pomembnejši zaradi večkrat uporabljenih enačb in pojmov v času študija. Pri tretjem in četrtem delu pa bom opisal nekatere izraze, ki jih standard podaja.

Sestavni del standarda je tudi aneks, v katerem so zbrane oznake, ki se v tem standardu uporabljajo in stvarno kazalo.

a) Pojmi uporabljeni v teoriji verjetnosti

Podal bom nekatere najpomembnejše pojme in statistične porazdelitve in jih na kratko opisal.

- *Verjetnost*: je realno število med nič in ena. Pri visoki stopnji zaupanja je verjetnost blizu ena.
- *Slučajna spremenljivka*: je spremenljivka, ki lahko zavzame katerokoli vrednost določenega niza vrednosti.
- *Verjetnost porazdelitve (slučajne spremenljivke)*: je funkcija, ki podaja verjetnost, da slučajna spremenljivka zavzema katerokoli podano vrednost ali pripada podanemu nizu vrednosti.
- *Porazdelitvena funkcija*: je funkcija, ki za vsako vrednost x podaja verjetnost, da je slučajna spremenljivka X manjša ali enaka x .
- *Parameter*: je število, ki se uporablja za opisovanje porazdelitve verjetnosti slučajne spremenljivke.

- *Korelacija*: je razmerje med dvema ali več slučajnimi spremenljivkami znotraj porazdelitve dveh ali več slučajnih spremenljivk.
- *Koeficient korelacije*: je razmerje kovariance dveh slučajnih spremenljivk s produktom njunih standardnih deviacij. Vrednost korelacijskega koeficienta leži vedno med -1 in $+1$. Če sta slučajni spremenljivki neodvisni, je vrednost korelacijskega koeficienta nič.

Omeniti velja še *kvantil*, *kvartil*, *mediano*, *modus*, *varianco*, *standardno deviacijo*, *regresijsko premico*, ...

Poleg tega so v standardu definirane različne verjetnostne porazdelitve, kot so:

- *Normalna porazdelitev; Laplace-Gaussova porazdelitev*: je porazdelitev verjetnosti slučajne spremenljivke X , kjer je:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2\right] \quad (1)$$

za $-\infty < x < +\infty$

- *Standardizirana normalna porazdelitev*: je porazdelitev verjetnosti slučajne spremenljivke U , kjer je:

$$f(u) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{u^2}{2}\right) \quad (2)$$

za $-\infty < u < +\infty$

- χ^2 *porazdelitev*: je porazdelitev verjetnosti slučajne spremenljivke, ki lahko zavzame vrednosti od 0 do $+\infty$, kjer je:

$$f(\chi^2; \nu) = \frac{(\chi^2)^{(\nu/2)-1}}{2^{\nu/2} \Gamma(\nu/2)} \exp\left(-\frac{\chi^2}{2}\right) \quad (3)$$

kjer je:

$\chi^2 \geq 0$ s parametri $\nu = 1, 2, \dots$

Γ je gama funkcija.

V standardu so podrobno razložene še t -porazdelitev, F -porazdelitev, eksponentna porazdelitev, gama in beta porazdelitev, Poissonova porazdelitev, ...

b) Osnovni statistični pojmi

Nekateri pojmi so opisani že v prvem delu. Tudi tu bom navedel in na kratko opisal največkrat uporabljene pojme iz vsakdanje prakse. Ostali pojmi in definicije so jasno opisani v standardu.

- *Karakteristika (kvalitativna, kvantitativna)*: je lastnost, ki pomaga identificirati ali razlikovati med postavkami dane populacije.
- *Populacija*: so vsi elementi, ki se obravnavajo.
- Velikokrat se omenja tudi *razred, meje razredov, širine razredov*.
- *Aritmetična sredina (srednja vrednost)*: je vsota posameznih vrednosti deljena s številom vrednosti.
- *Varianca*:

$$s^2 = \frac{1}{n-1} \sum_i (x_i - \bar{x})^2 \quad (4)$$

kjer so:

x_i posamezna opazovanja,

\bar{x} pa srednja vrednost opazovanj.

- *Standardna deviacija*: je pozitivni kvadratni koren variance.
- *Kovarianca*:

$$s_{xy} = \frac{1}{n-1} \sum (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y}) \quad (5)$$

kjer je n število opazovanih parov.

- *Koeficient korelacije:*

$$r_{xy} = \frac{s_{xy}}{s_x s_y} \quad (6)$$

kjer je:

s_{xy} kovarianca od X in Y ;

s_x in s_y pa standardni deviaciji od X in Y .

- *Statistični test:* je statistični postopek, kjer se odločamo, ali ničelno hipotezo glede na alternativno hipotezo sprejmemo ali zavrnemo.
- *Ničelna hipoteza (H_0) in alternativna hipoteza (H_1):* trditve o enem ali več parametrih ali o porazdelitvi, ki jih bomo testirali s statističnim testom.
- χ^2 *test:* je statistični test, pri katerem domnevamo, da ima uporabljena statistika χ^2 porazdelitev.
- *t test:* je statistični test, pri katerem domnevamo, da ima uporabljena statistika t (Studentovo) porazdelitev.
- *F test:* je statistični test, pri katerem domnevamo, da ima uporabljena statistika F porazdelitev.

c) Osnovni pojmi, ki se nanašajo na opazovanja in rezultate testov

V tretjem delu tega standarda je podanih več pojmov, ki se nanašajo na opazovanja in rezultate testov. Opisal bom tiste, s katerimi sem se najpogosteje srečeval v času študija.

- *Prava vrednost (količine):* je vrednost, ki karakterizira količino, definirano v razmerah, ki obstajajo, ko je ta količina upoštevana. Prava vrednost je teoretičen pojem in v splošnem ni natanko določen.
- *Dogovorjena prava vrednost (količine):* je vrednost količine, ki je za določene namene lahko nadomestek za pravo vrednost.
- *Opazovana vrednost:* je vrednost karakteristike, pridobljene kot rezultat posameznega opazovanja.

- *Rezultat testa*: je vrednost karakteristike, pridobljene na osnovi podrobne preizkusne metode.
- *Napaka rezultata*: je rezultat testa, od katerega odštejemo sprejeto referenčno vrednost. Napaka je vsota slučajnih in sistematičnih napak.
- *Slučajna napaka rezultata*: je komponenta napake, pri kateri se število rezultatov testa enake karakteristike spreminja nenapovedljivo.
- *Sistematična napaka rezultata*: je komponenta napake, pri kateri se število rezultatov testa enake karakteristike ne spreminja (ostaja konstantno) ali pa se spreminja napovedljivo.
- *Natančnost*: predstavlja stopnjo bližine ponovljenih opazovanj iste količine z njeno srednjo vrednostjo.
- *Točnost*: predstavlja stopnjo bližine ponovljenih opazovanj iste količine s pravo vrednostjo te količine.

d) Osnovni pojmi, ki se nanašajo na metode vzorčenja

Tudi v tem delu bom opisal nekatere izraze, ki se mi zdijo pomembnejši in so bili v času študija pri obravnavanju nekaterih statističnih metod podrobneje omenjeni.

- *Enota vzorčenja*: je ena od posameznih enot, v katero je razdeljena populacija.
- *Vzorec*: ena ali več enot vzorčenja, vzeti iz populacije, da zagotovijo informacije o populaciji.
- *Velikost vzorca*: je število enot vzorčenja v vzorcu.
- *Vzorčenje*: je postopek določevanja vzorca.
- *Slučajni vzorec*: je vzorec n enot vzorčenja, vzeti iz populacije na ta način, da ima vsaka od n možnih kombinacij enot vzorčenja posamezno verjetnost izbora.
- *Enostavni slučajni vzorec*: je vzorec n enot vzorčenja vzeti iz populacije na ta način, da imajo vse n možne kombinacije enot vzorčenja enako verjetnost izbora.
- *Podvzorec*: je vzorec vzet iz vzorca populacije.
- *Sistematično vzorčenje*: je vzorčenje z nekaterimi sistematičnimi metodami.
- *Laboratorijski vzorec*: je vzorec namenjen laboratorijskim preizkusom.

6 ISO 7078: STANDARDI, KI SE NANAŠAJO NA IZGRADNJO OBJEKTOV ZAKOLIČEVANJE, MERJENJE IN OPAZOVANJE – SLOVAR IN VODNIK

Standard ISO 7078 podaja razlage izrazov in definicije, ki se uporabljajo pri merskih postopkih v gradbeništvu. V standardu je podana tudi kvaliteta merjenja, merila, merska orodja, merski instrumenti in njihovi deli, ter metode merjenja. Definicije, obravnavane v tem standardu, so posplošene. Standard je sestavljen iz šestih poglavij, v vsakem poglavju bom opisal nekaj izrazov, ki so v geodeziji in ostalih sorodnih vedah nepogrešljivi in kot taki nujni za obravnavo.

6.1 Osnovni izrazi in definicije

- *Merjenje* – je niz operacij, ki lahko vključuje pripravo podatkov, izračune in predstavitev rezultatov merjenja. Predstavlja niz operacij, s katerimi določimo vrednost merjene količine.
- *Zakoličevanje* – je prenos označb in linij, ki definirajo položaj posameznih elementov objekta v prostoru, tako da lahko izvajamo gradbena dela.
- *Metrologija* – je veda, ki preučuje vse vidike merjenja v teoretičnem in praktičnem smislu, ne glede na to, kakšna je njihova natančnost.
- *Geodezija* – je veda, ki se ukvarja z določitvijo velikosti in oblike zemeljske površine, bodisi v celoti ali po njenih manjših delih. Uči nas, kako določiti obliko in velikost Zemlje in kako v pomanjšanem merilu upodobiti to površino na načrtih in kartah.
- *Fotogrametrija* – so postopki, ki omogočajo na osnovi izmere fotografije posnete s tal ali iz zraka (aeroposnetek), določiti geometrijske lastnosti objektov, kot so velikost, lokacija in oblika.
- *Merski instrument* – je naprava, ki omogoča merjenje; bodisi samostojno ali v kombinaciji z drugo opremo.
- *Merska oprema* – je oprema, ki vsebuje osnovni merski instrument in njegove pripomočke za izvedbo določene izmere.

- *Pomožna oprema* – je dodatna oprema k določeni merski opremi, ki jo uporabljamo pri merjenju (klini, vizirni signali, ...).
- *Testiranje merskih instrumentov* – je postopek določitve, ali merski instrument izpolnjuje določene zahteve pri določenih pogojih.
- *Kalibriranje* – je niz operacij, s katerimi določimo vrednost ustreznih parametrov merskega instrumenta (adicijska konstanta, ...). Temperatura, pri kateri kalibriramo merski instrument, se imenuje temperatura kalibriranja.
- *Koordinatni sistem* – je dvo ali trodimenzionalni referenčni sistem za določanje lokacije točk na površju ali v prostoru. Definiramo lahko dolžine (pravokotne kartezične koordinate), kote (sferne koordinate) ali oboje skupaj (polarne koordinate), glede na določene kote ali ravnine.
- *Geodetske koordinate* – so sferne pravokotne koordinate, ki definirajo položaj točke na Zemlji glede na elipsoid in glede na izbran meridian, ter točko na meridianu.
- *Geografske koordinate* – so koordinate izražene kot zemljepisna širina in zemljepisna dolžina za definiranje točke na površju Zemlje glede na ekvator in meridian, ki poteka skozi Greenwich.
- *Nadmorska višina* – je vertikalna razdalja točke nad ali pod določenim referenčnim datumom, ki ga navadno predstavlja srednji nivo morja.
- *Napaka (pogrešek)* – predstavlja razliko med pravo vrednostjo merjene količine in rezultatom merjenja. Napake so prisotne v vseh meritvah, postopki terenskega dela morajo biti zasnovani tako, da napake ugotovimo in odstranimo med terenskim delom.

6.2 Kvaliteta merjenja

- *Dejansko izmerjena vrednost* – je vrednost dobljena za količino po upoštevanju vseh popravkov, ki vplivajo na meritve.
- *Prava vrednost* – je vrednost, ki opredeljuje veličino v točno določenih pogojih, ki obstajajo pri opazovanju te veličine.
- *Sistematični pogrešek* – je eden izmed pogreškov merjenja, ki pri ponovnih meritvah iste količine ostane nespremenjen, oziroma se spreminja, če se spremenijo pogoji merjenja. Njihov vpliv na merjenje odstranimo z računanjem popravkov, kalibriranjem ali z uporabo ustreznega merskega postopka.

- *Slučajni pogrešek* – je eden izmed pogreškov merjenja, ki se pri ponovnih merjenjih iste količine spreminja, kljub enakim pogojem merjenja.
- *Pogrešek merjenja* – predstavlja kombinacijo slučajnega in sistematičnega pogreška.
- *Izravnava* – je postopek, s katerim porazdelimo odstopanja, ki jih dobimo z nadštevilnimi opazovanji merjenih količin. Izvajamo jo po določenih pravilih, npr. po metodi najmanjših kvadratov.
- *Utež merjenja* – je število, ki odraža stopnjo zaupanja v rezultat merjenja količine, v primerjavi z rezultati drugega merjenja iste količine, npr. ko uporabimo različne vrste instrumenta.

6.3 Merila

- *Razdelba* – je niz oznak, črt ali števil, ki so vidne s pomočjo mikroskopa.
- *Lestvica* – je sistematični vzorec označb različnih barv za lažjo določitev razdelitev na stopnje.
- *Merilna oznaka* – je črta ali druga oznaka na mikroskopu merskega instrumenta, ki odgovarja eni ali večim določenim vrednostim merjene količine.
- *Indeks* – je premični ali nepremični del naprave za odčitavanje, katere položaj glede na razdelbo omogoča določitev označene vrednosti.
- *Nonij* – je pomožno merilo, ki drsi proti glavnemu merilu in se uporablja kot pomoč pri interpolaciji razdelbe merila.
- *Analogni odčitek* – je način čitanja označb merjene vrednosti na osnovi razdelbe in naprave za odčitavanje.
- *Digitalni odčitek* – pri elektro–optičnih razdaljemernih je to oblika predstavitve odčitkov merjene vrednosti s pomočjo slik, ki tvorijo število, ki direktno pokaže merjene vrednosti.

6.4 Merska orodja

- *Merski trak* – je trak iz jekla ali drugih primernih materialov z nanešeno razdelbo, za merjenje dolžin. Invar merski trak uporabljamo tam, kjer so potrebne visoke stopnje

natančnosti meritev. Invar je zlitina niklja in železa. Merski trakovi so običajno dolžine 20, 30 ali 50 metrov.

- *Poljski merski trak* – je ozek jeklen trak za merjenje dolžin do sto metrov. Z njim lahko hitro in natančno merimo dolžine, imajo metrsko razdelbo, na koncu traku pa tudi milimetrsko.
- *Jeklen žepni trak* – je dolg do pet metrov, ima milimetrsko razdelbo.
- *Merska lata* – je ravna lata z nanešeno razdelbo na enem robu.
- *Nivelmanska lata* – je lata iz lesa ali kovine z libelo, uporabljamo jo pri merjenju vertikalnih razdalj med točko in horizontalno vizurno osjo nivelirja.
- *Kotno merilo* – je orodje v obliki črke L, iz ustreznih lesenih, kovinskih ali sintetičnih materialov, uporabljamo ga za preverjanje pravokotnosti.
- *Merilni klin* – je merska naprava v obliki klina za merjenje dolžin med dvema točkama ali dvema površinama.
- *Kljunasto merilo* – je pripomoček za merjenje dolžin med dvema kljunoma. En kljun je fiksni, drugi pa se premika vzdolž merila, na katerem odčitavamo dolžino med kljunoma s pomočjo indeksa ali nonija.
- *Cevna libela* – je zaprta steklena cev, napolnjena s tekočino. Notranja površina dna je valjaste oblike, da zajeti zrak tvori mehurček, ki je ob spremembah nagiba libele v različnih položajih.
- *Klinomer* – je orodje za merjenje odklonov ali kotov od horizontalnih ali vertikalnih ploskev. Klinometri so lahko enostavna orodja, bodisi komplicirani instrumenti.
- *Vodna tehtnica* – je naprava za preverjanje ali določevanje navpičnih ali vodoravnih ravnin, ki je sestavljena iz ene ali več libel, nameščenih v ohišju.

6.5 Merski instrumenti in njihovi deli

Ta del standarda podaja splošne pojme o merskih instrumentih in njihovih poglavitnih, predvsem mehanskih in optičnih sestavnih delih. V nadaljevanju diplomskega dela, v standardu ISO 9849, so podrobno opisani geodetski in merski instrumenti ter njihovi deli, zato bom na tem mestu navedel le tiste, ki jih ISO 9849 ne obravnava.

- *Zenit lot* – je instrument z merilnim daljnogledom, katerega vizurno os lahko postavimo navpično s pomočjo cevne libele enega ali dveh kompenzatorjev, ki se uporabljajo kot optično grezilo.
- *Naprava za nakazovanje ravnin* – je naprava za prikazovanje referenčnih ravnin v prostoru, običajno vodoravnih ravnin, na osnovi vrtenja svetlobnih žarkov.
- *Naprava za nakazovanje smeri* – je naprava, ki pokaže določeno smer v prostoru s pomočjo svetlobnih žarkov, ponavadi laserske svetlobe. Napravo pogosto uporabljamo pri gradnji predorov.
- *Kolimator* – je optična naprava, ki je sestavljena iz zbiralnih akromatskih leč z oznako na ravnini glavnega fokusa, tako da se žarki od oznake skozi leče pojavijo vzdolž paralelnih črt (Perme, 1995).
- *Autokolimator* – je kolimator, ki osvetli svoj nitni križ tako, da se, ko je odsevna površina postavljena pravokotno na pojavljajoči se svetlobni žarek, odsevna slika nitnega križa pokaže tako, da sovпада s samim nitnim križem (Perme, 1995).

Nekaj sestavnih delov merskih instrumentov:

- *Vizurna os* – je optična os, imenuje se tudi kolimacijska os (X os). Je črta med goriščno točko objektiva merskega daljnogleda in mersko točko, ki je navizirana s presečiščem nitnega križa.
- *Horizontalna os* – je optična os, to je vrtilna os daljnogleda (Y os). Je os, okrog katere rotira daljnogled, ko ga obračamo v vertikalni ravnini.
- *Vertikalna os* – je optična os, to je vrtilna os alhidade (Z os). Je os, okrog katere rotira daljnogled, ko ga obračamo v horizontalni ravnini. Vsem trem osem je skupno to, da so namišljene, navidezne črte.
- *Os libele* – je horizontalna črta, ki je položena skozi vzdolžno os libele. Tangira mehurček, ki leži v vertikalni ravnini.
- *Vijak za fokusiranje* – je naprava na daljnogledu, s katero premikamo okular.
- *Vidno polje* – je kot, ki omejuje obzorje, ki ga lahko opazujemo skozi daljnogled.
- *Horizontalni krog* – imenuje se tudi limb. Je steklena plošča s kotno razdelbo (stopinje ali goni). Plošča je pravokotna in centrirana na vertikalno os teodolita, s katero lahko določimo horizontalne smeri.

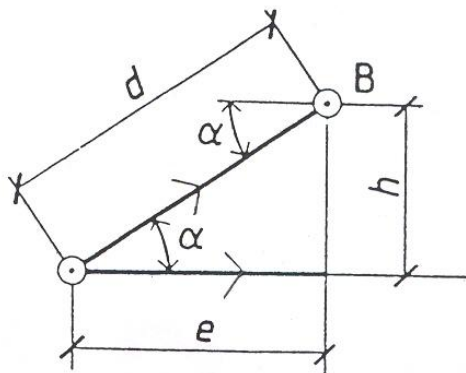
- *Vertikalni krog* – je steklena plošča s kotno razdelbo (stopinje ali goni). Plošča je pravokotna in centrirana na horizontalno os teodolita, s katero lahko določimo vertikalne kote.

6.6 Metode merjenja

Merska metoda oziroma tehnika merjenja mora biti predhodno planirana. Le tako lahko zagotovimo pričakovano natančnost opazovanj. Pogreške, ki nastanejo v postopku izmere, je potrebno odkriti in odstraniti iz opazovanj.

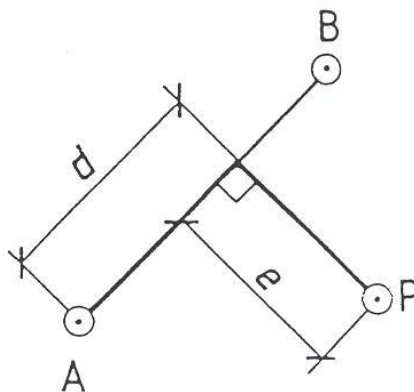
Nekatere najpogostejše metode:

- *Niveliranje* – je operacija, pri kateri merimo višinske razlike s pomočjo odčitka na nivelmansi lati pri horizontalni vizurni osi.
- *Geometrični nivelman* – je niveliranje med dvema ali več točkami, ki jih opazujemo skozi daljnogled optičnega merskega instrumenta s horizontalno vizurno osjo in nivelmansko lato, ki je postavljena vertikalno.
- *Trigonometrično višinomerstvo* – je določevanje višinske razlike h s pomočjo vertikalnega kota α in poševne dolžine d ali horizontalne dolžine e , kot prikazuje slika 1.



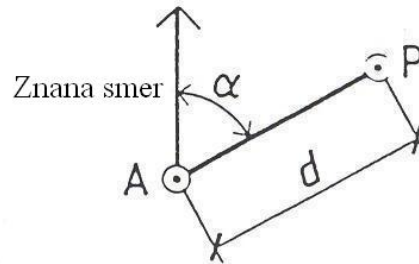
Slika 1: Trigonometrično višinomerstvo

- *Merjenje kotov* – je določanje vrednosti kota med dvema smerema od dane točke z usmerjanjem teodolita proti dvema točkama.
- *Horizontalni kot* – je kot med dvema merskima črtama v horizontalni ravnini.
- *Vertikalni kot* – je kot med poljubno izbrano črto in horizontalo ali vertikalno.
- *Opazovanje v eni krožni legi* – je operacija merjenja serije smeri proti točkam z istega stojišča v desni ali levi krožni legi.
- *Opazovanje v obeh krožnih legah* – je merjenje serije smeri proti točkam z istega stojišča v obeh krožnih legah.
- *Merjenje dolžin* – je določitev dolžine med dvema danima točkama.
- *Horizontiranje in centriranje instrumenta* – horizontiranje instrumenta izvede operater. To je postopek, s katerim dosežemo, da je vertikalna os v vertikalnem položaju. S centriranjem pa operater centrira vertikalno os nad označeno točko s pomočjo grezila ali optičnega grezila.
- *Triangulacija* – pomeni določitev položaja točk v mreži na osnovi merjenja smeri v mreži povezanih trikotnikov in izračun dolžin stranic na osnovi izmerjenih dolžin izbranih stranic ali baz.
- *Trilateracija* – je postopek merjenja dolžin stranic v mreži povezanih trikotnikov, z namenom določitve položaja točke v mreži.
- *Ortogonalna metoda* – je metoda določitve položaja točke P na osnovi merjenja dveh dolžin; ene dolžine d vzdolž dane merske linije in ene dolžine e vzdolž linije, ki je pravokotna na dano mersko linijo, kot je prikazano na sliki 2.



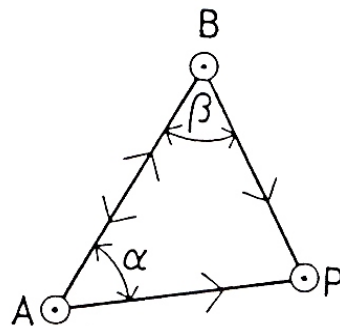
Slika 2: Ortogonalna metoda

- *Polarna metoda* – je metoda določitve položaja točke P na osnovi opazovanja smeri α in dolžine d iz predhodno določene merske točke A. Ta metoda je prikazana na sliki 3.



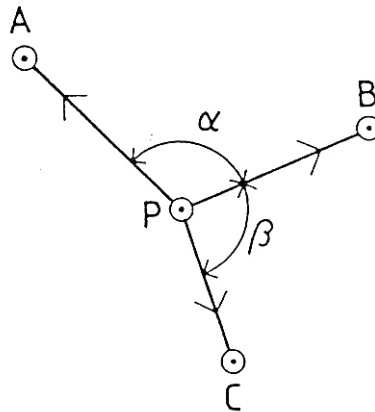
Slika 3: Polarna metoda

- *Metoda zunanjega ureza* – je metoda določitve položaja točke P, na osnovi opazovanja smeri α in β iz najmanj dveh predhodno določenih merskih točk (A in B), kot kaže slika 4.



Slika 4: Zunanji urez

- *Metoda notranjega ureza* – je metoda določitve položaja točke P, na osnovi opazovanja smeri α in β iz nove točke P proti najmanj trem predhodno določenim merskim točkam (A, B in C). Metoda je prikazana na sliki 5.



Slika 5: Notranji urez

7 ISO STANDARDI, KI SE NANAŠAJO NA GEODETSKE MERSKE METODE PRI GRADNJI OBJEKTOV - ZAKOLIČEVANJE IN MERJENJE

7.1 ISO 4463-1: 1. DEL: PLANIRANJE IN ORGANIZIRANJE, MERSKI POSTOPKI, DOVOLJENA Odstopanja

Ta del standarda se ukvarja z vzpostavitvijo primarnih in sekundarnih geodetskih mrež, vertikalnim prenosom točk sekundarnih mrež na druge nivoje, zakoličevanjem pozicijskih točk, osnovanjem in prenosom relativnih višin, ter pridobivanjem informacij in rekognosciranjem terena. Vse našteje postavke so pomembne pri postopku zakoličevanja.

Proces zakoličevanja na gradbišču lahko opišemo kot določitev in osnovanje dobro določenega sistema linij, dolžin in ploskev (ravnin), ki zagotavljajo primerno mrežo za določitev natančnega položaja in višin zgradb in gradbenih elementov.

a) Primarna mreža

Je sistem izmeritvenih znamenj (stalnih/primarnih točk), ki je povezan z uradnim državnim koordinatnim sistemom ali lokalnim koordinatnim sistemom. Običajno pokriva celotno (veliko) gradbišče, zahtevan pa je tudi pri dolgih objektih, zahtevnih konstrukcijah in gradbiščih z omejenim dostopom. Na primarno mrežo se nanašajo vsa ostala merjenja. Primarna mreža točk je navezana na točke višjih redov, ali pa so koordinate točk določene v lokalnem koordinatnem sistemu.

Ker so primarne točke vključene v geodetsko mrežo, se mreža izmeri, preračunava in izravnava v celoti. Dodatne primarne točke lahko kasneje dodajamo in določujemo z različnimi metodami (polarna metoda, urez, ...). Povezavo primarne mreže na državni koordinatni sistem pa izvedemo z več kot eno mersko točko. Zadostno število primarnih točk stabiliziramo zunaj gradbišča.

V primarni mreži moramo opazovati zadostno število dolžin in smeri, da pridobimo nadštevilna opazovanja, ki jih nato izravnamo z metodo najmanjših kvadratov.

Pri merjenju dolžin med primarnimi točkami z elektro-optičnimi razdaljemerji merimo dolžine daljše od trideset metrov in sicer obojestransko. Paziti je potrebno na sistematične pogoške instrumenta. Instrument je pred izmero potrebno preizkusiti po ustreznem standardu. Ker standarda ISO 8322-8 ali ISO 8322-9 nista več v uporabi, preizkus opravimo tako, kot je opisano v standardu ISO 17123-4 (enako velja tudi za sekundarne mreže). Postopek preizkusa je opisan v nadaljevanju (glej poglavje 9.3.4).

Pri merjenju dolžin z jeklenim merskim trakom morajo biti vse dolžine izmerjene najmanj dvakrat. Dobljene merske vrednosti popravimo za pogoške zaradi temperature in povesa traku, upoštevati moramo tudi silo, ki je potrebna pri napenjanju merskega traku, ter redukcijo na horizont. Dolžine, ki jih merimo, ne smejo biti daljše od dvakratne dolžine merskega traku, ki ga uporabljamo.

Pri opazovanju smeri med primarnimi točkami uporabljamo teodolite z natančnostjo 10" ali več. Opazovanja izvajamo v dveh krožnih legah in sicer najmanj dvakrat.

Dovoljena odstopanja položaja primarne točke

1. nivo: primerjava merjenih dolžin in smeri z dolžinami in smermi dobljenimi iz izravnanih koordinat. Razlika ne sme presegati naslednjega dovoljenega odstopanja:

$$\text{Za dolžine: } \pm 0,75\sqrt{L} \text{ , z minimumom 4 mm;} \quad (7)$$

$$\text{Za smeri: } \pm 0,045\sqrt{L} ; \quad (8)$$

L je dolžina, izražena v metrih med primarnima točkama in je krajša od obeh dolžin, ki definirata kot.

2. nivo: primerjava dolžin in smeri dobljenih iz danih koordinat z dolžinami in smermi, ki jih določimo z meritvami. Razlika ne sme presegati naslednjega dovoljenega odstopanja:

$$\text{Za dolžine: } \pm 1,5\sqrt{L} \text{ , z minimumom 8 mm;} \quad (9)$$

$$\text{Za smer : } \pm 0,09\sqrt{L} ; \quad (10)$$

L je dolžina, izražena v metrih med primarnima točkama in je krajša od obeh dolžin, ki definirata kot.

b) Sekundarna mreža

Služi kot glavna referenčna mreža, oziroma mreža pri izgradnji določene zgradbe ali skupine zgradb. Navezana je na primarno mrežo in predstavlja linije, iz katerih zakoličujemo pozicijske/detajlne točke.

Sekundarne točke določamo z zgostitvijo primarne mreže ali pa iz predhodno določenih sekundarnih točk (te je potrebno preverjati). Vse zbrane sekundarne točke tvorijo sekundarno mrežo gradbišča, linije skozi sekundarne točke se imenujejo sekundarne linije. Določevanje sekundarnih točk izvajamo na osnovi opazovanja dolžin in smeri.

Pri merjenju dolžin med primarnimi in sekundarnimi točkami in med sekundarnimi točkami z elektro-optičnimi razdaljemerji merimo dolžine daljše od trideset metrov in sicer obojestransko.

Paziti je potrebno na sistematične pogoške instrumenta. Če uporabljamo instrument, ki zagotavlja višjo natančnost pri krajših dolžinah, lahko merimo tudi dolžine, krajše od trideset metrov.

Pri merjenju dolžin z jeklenim merskim trakom velja enako kot za primarne točke.

Pri opazovanju in zakoličevanju smeri uporabljamo teodolite z natančnostjo 1' ali več. Opazovanja izvajamo v dveh krožnih legah najmanj enkrat.

Dovoljena odstopanja položaja sekundarne točke

1. nivo: se izvaja v odnosu do danih primarnih točk. Razlika med izračunano in izmerjeno dolžino ne sme presegati naslednjega dovoljenega odstopanja:

Za dolžine do 7 metrov: ± 4 mm;

Za dolžine daljše od 7 metrov: $\pm 1,5\sqrt{L}$; (11)

L je dolžina, izražena v metrih .

Pri smereh razlika med izračunano in izmerjeno smerjo ne sme presegati naslednjega

$$\text{dovoljenega odstopanja: } \pm \frac{0,09}{\sqrt{L}}; \quad (12)$$

L je dolžina v metrih krajšega kraka kota.

2. nivo: glede na druge sekundarne točke, ki jih uporabljamo za zakoličevanje iste zgradbe ali dela zgradbe. Dovoljena odstopanja so enaka kot pri nivoju 1.

c) Pozicijske/detajlne točke

Označujejo položaj posameznih detajlov zgradbe, na primer stebrov in zidov. Zakoličimo jih iz sekundarnih točk ali direktno iz primarnih točk. Označene morajo biti tako, da je njihov položaj v odnosu do drugih točk možno preverjati.

Pri merjenju dolžin z elektro-optičnimi razdaljemerji veljajo enaka pravila kot pri sekundarnih točkah. Pri merjenju dolžin z jeklenim merskim trakom velja enako kot pri primarnih in sekundarnih točkah, le da moramo pri dolžinah daljših od deset metrov upoštevati popravke. Dolžine, ki jih merimo, ne smejo biti daljše od dvakratne dolžine merskega traku, ki ga uporabljamo in po možnosti ne daljše od dvajset metrov.

Smeri opazujemo in zakoličujemo s teodoliti z natančnostjo 1' ali več.

Dovoljena odstopanja položaja pozicijske/detajlne točke

1. nivo: se izvaja v odnosu do sekundarnih točk (ali primarnih, če je ustrezno). Razlika med izračunano dolžino ali dolžino označeno na skici in izmerjeno dolžino ne sme presegati naslednjega dovoljenega odstopanja:

$$\text{Za dolžne do 4 m: } \pm 2K_1 \text{ mm}; \quad (13)$$

$$\text{Za dolžine daljše od 4 m: } \pm K_1 \sqrt{L}; \quad (14)$$

L je dolžina, izražena v metrih, K_1 je konstanta.

Preglednica 1: Primer uporabe konstante K_1 na gradbišču

| Primer uporabe na gradbišču | K_1 |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| Dela brez posebnih zahtev o točnosti, npr. izkopi, nasipi, ... | 10 |
| Dela, ki zahtevajo normalno točnost, npr. cestna dela, ... | 5 |
| Odlitki betonskih elementov, vnaprej izdelani betonski elementi, jeklene konstrukcije, ... | 1,5 |

2. nivo: razlika med dolžino, označeno na načrtu in izmerjeno dolžino ne sme presegati dovoljenih odstopanj iz nivoja 1.

d) Prenos točk (sekundarnih) z grezenjem

Kjer prenos točk izvajamo zunaj objekta, moramo zagotoviti zadosten prostor in proste merske linije. Kjer pa prenos izvajamo znotraj objekta, moramo zagotoviti proste odprtine za grezenje.

Prenos točk izvajamo direktno z optičnim grezilom ali s teodolitom, posredno pa s pomočjo raznih metod (urez, prosta izbira stojišča, ...). Grezenje izvajamo, če je le možno, iz iste začetne sekundarne točke.

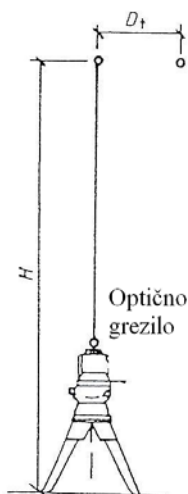
Dovoljena odstopanja položaja prenešene točke

Dovoljeno odstopanje prenešene točke je :

Za višine do 4 m: $D_t = \pm 3$ mm;

Za višine večje od 4 m: $D_t = \pm 1,5\sqrt{H}$ mm; (15)

H je višina v metrih med začetno glavno točko in prenešeno točko (glej sliko 6). D_t (položajno odstopanje) je dolžina med vertikalno preneseno točko in glavno točko.



Slika 6: Odklon od vertikalnosti

e) Niveliranje

Uporabljeni merski instrumentarij in metode morajo dosegati natančnost, ki je podana v spodnji tabeli. Niveliranje gor in dol po stopnišču ni priporočljivo, ker lahko povzroči grobe pogoške.

Preglednica 2: Primeri dovoljenih odstopanj pri označbah relativnih višin

| Merjenje | Dovoljeno odstopanje(mm) |
|----------------------------------------------------------------|--------------------------|
| Med uradno označbo rel.višine in primarno | ± 5 mm |
| Med dvema primarnima označbama relativne višine | ± 5 mm |
| Med primarno in sekundarno označbo relativne višine | ± 5 mm |
| Med dvema sosednjima sekundarnima označbama relativne višine : | |
| do 4 m | ± 3 mm |
| nad 4 m, kjer je H višina (m) | $\pm 1,5\sqrt{H}$ |

f) Pridobivanje informacij in rekognosciranje gradbišča

Potrebno je pridobiti podrobne informacije o velikosti in obliki gradbišča, sosednjih zgradbah nad in pod gradbiščem, predpisih planiranja, obstoječih dejavnostih na gradbišču in obstoječi geodetski mreži.

Zelo pomembno je tudi rekognosciranje gradbišča, na osnovi katerega izberemo primerna mesta za stabilizacijo točk geodetske mreže, kar nam omogoča zanesljive in natančne meritve. Izbira mesta za stabilizacijo geodetskih točk je odvisna od oblike in velikosti gradbišča ter položaja obstoječih zgradb ali raznih ovir. Odvisna je tudi od položaja predvidenega objekta, pa tudi od poglobitve in gradnje.

Izbrana geodetska mreža naj bo takšna, da lahko izvajamo nadštevilna opazovanja in da ne pride do premika merskih točk med gradnjo.

Izhodiščne točke za merjenja morajo biti zaščitene. Na ta način zagotovimo minimalno možnost poškodovanja, premika in uničenja teh točk. To velja tudi za trajne signale na obstoječih objektih. Izbrani instrumentarij in metodo merjenja izberemo glede na zahtevano natančnost.

7.2 ISO 4463-2: 2. DEL: GEODETSKE MERSKE TOČKE IN SIGNALI

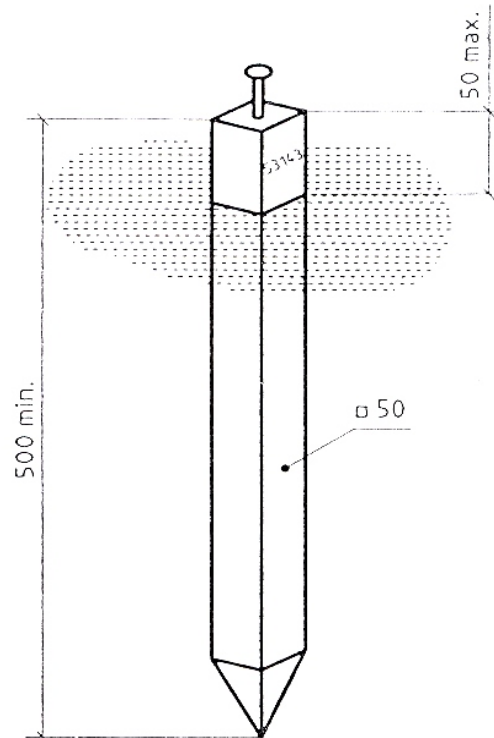
V drugem delu standarda ISO 4463 so opisani posamezni nivoji vzpostavitve in označbe merskih točk in signalov (planiranje, funkcionalna uporabnost in vzdrževanje) na gradbiščih. V aneksu standarda so podani primeri različnih načinov stabilizacije merskih točk in signalov, ter primeri topografij.

Pravilna izbira načina stabilizacije merskih točk in postavitve signalov predstavlja osnovo za izvajanje merskih postopkov. Njihovi položaji morajo biti dosledno planirani in konstruirani, da dosežemo zahtevane funkcionalne zahteve skozi celoten projekt geodetskih del.

Merske točke in signali morajo izpolnjevati pogoje v zvezi s stabilnostjo, dostopnostjo in med točkami morajo biti zagotovljene proste vizurne osi.

Planiranje in vzdrževanje merskih točk in signalov je bistveno za zagotovitev zanesljivih rezultatov.

7.2.1 Nekateri primeri geodetskih merskih točk in signalov



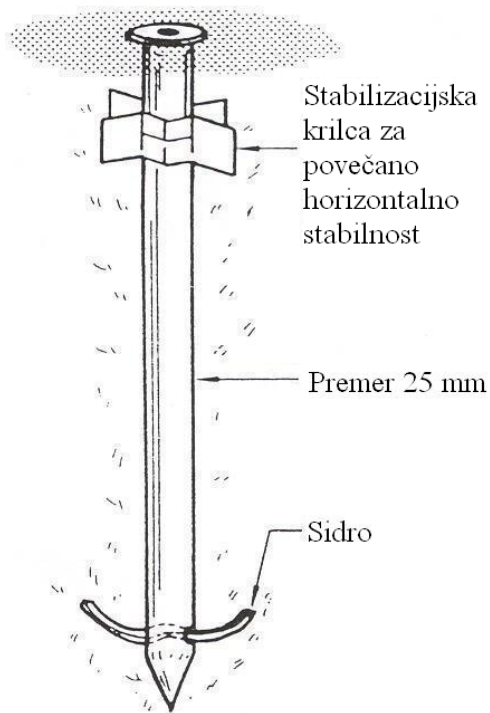
Slika 7: Lesen količek

Tip: lesen količek.

Uporaba: kotne točke, zemeljska dela, ulični robniki.

Trajanje: kratek rok (do enega meseca).

Opomba: v primeru zmrzali ni najbolj primerno.



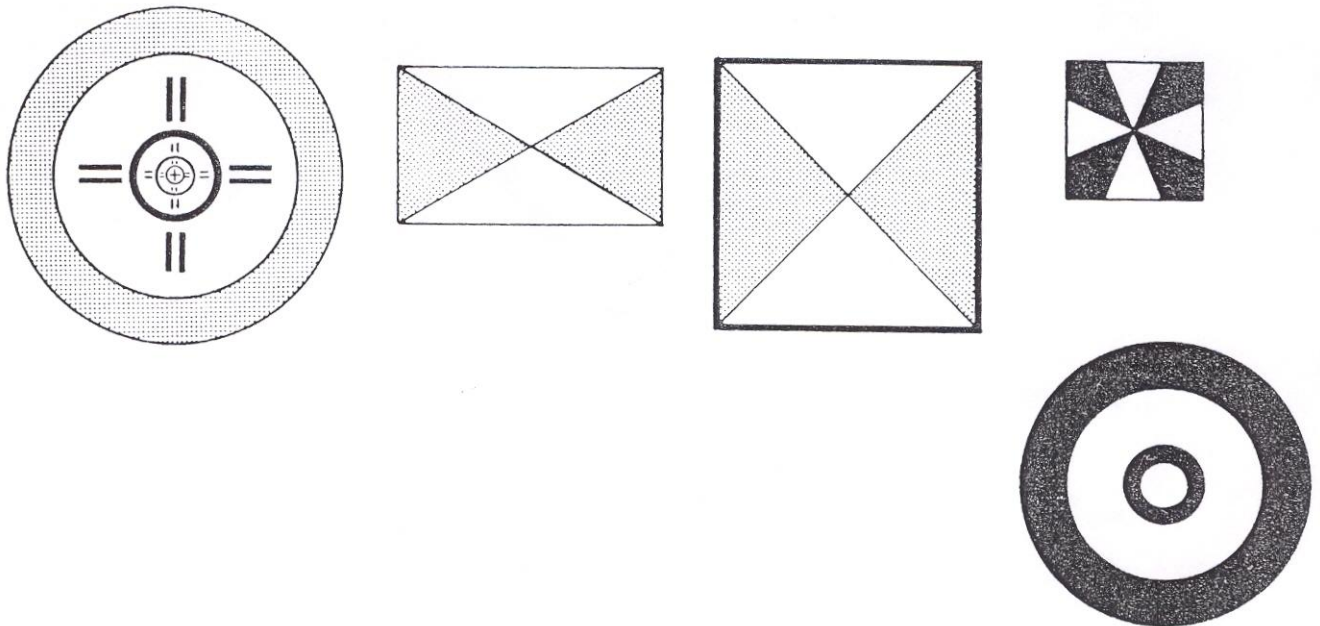
Slika 8: Cevka s sidrom

Tip: cevka s sidrom in stabilizacijskimi krilci.

Uporaba: primarne točke, označba relativnih višin.

Trajanje: dolgi rok (najmanj do konca trajanja gradbenega projekta).

Opomba: v kamnitih tleh izvrtamo z vrtnim strojem.



Slika 9: Primeri zidnih in višinskih merskih signalov

Minimalna dimenzija za primarne točke je 200 mm.

Minimalna dimenzija za sekundarne točke je 100 mm.

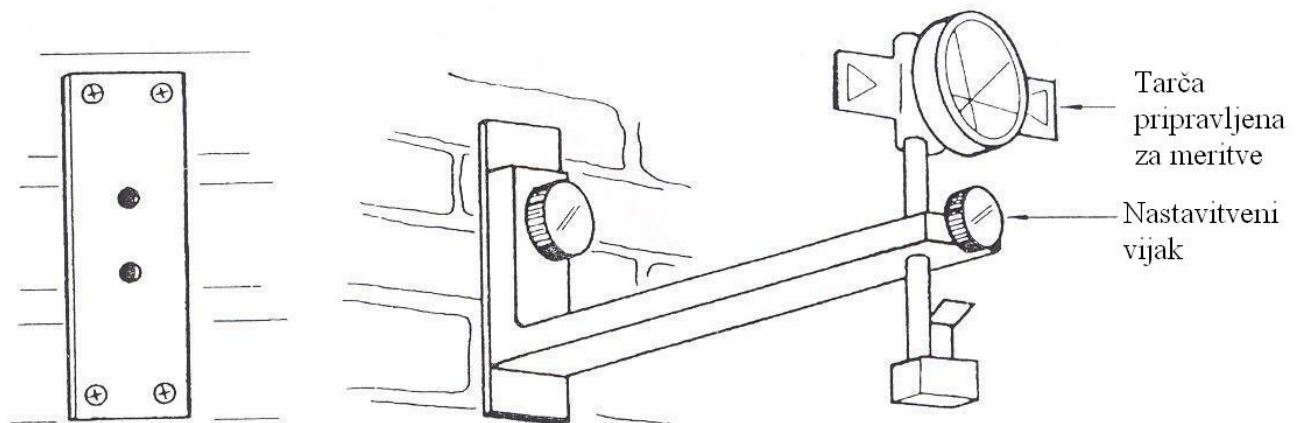
Uporabimo kontrastne barve (črna, bela, rumena in rdeča).

Tip: zidni signali, višinski in merski signali.

Uporaba: kombinacija merske točke in merskega signala.

Trajanje: srednji rok (do enega leta).

Opomba: površine naj bodo gladke, da se izognemo merskim pogreškom.



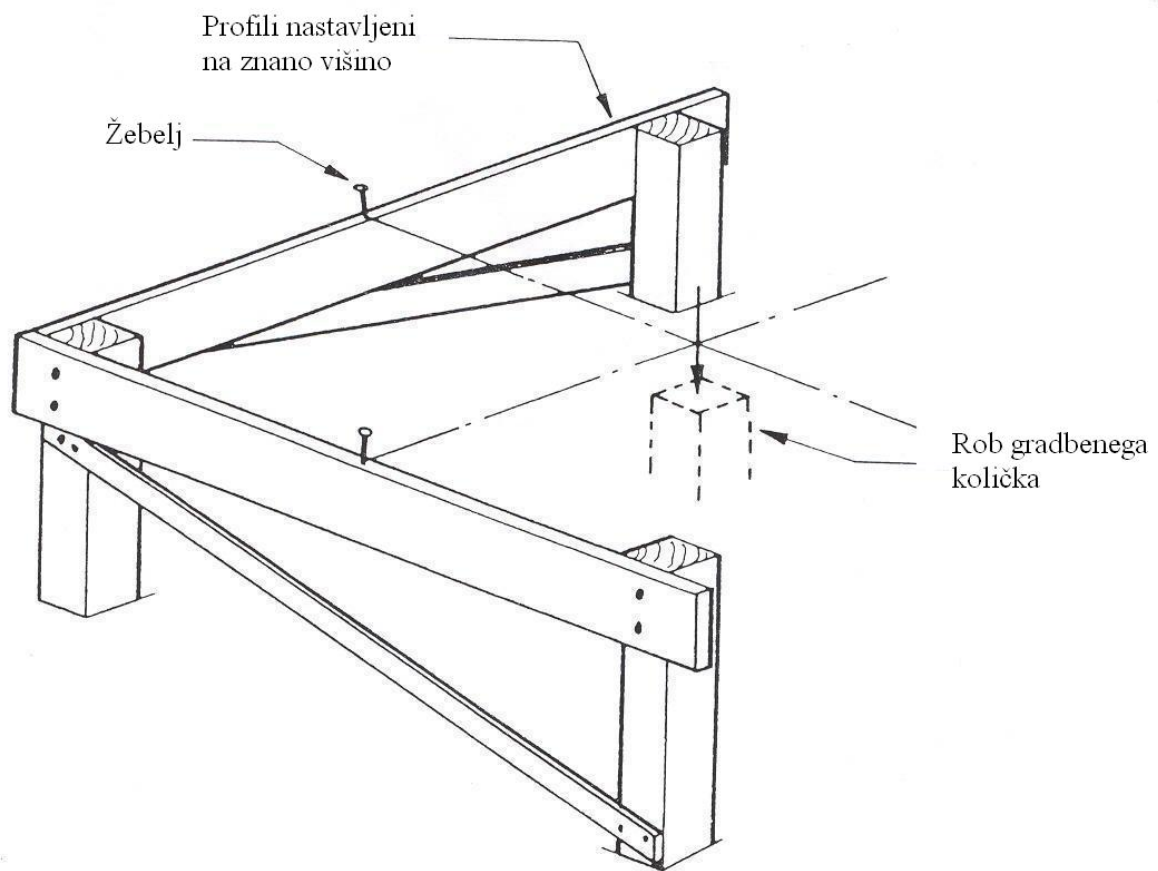
Slika 10: Zidni signal

Tip: snemljivi zidni signal.

Uporaba: primarne točke.

Trajanje: dolgi rok (najmanj do konca trajanja gradbenega projekta).

Opomba: višina nad tlemi naj bo okrog dva metra, da zagotovimo proste vizurne osi.



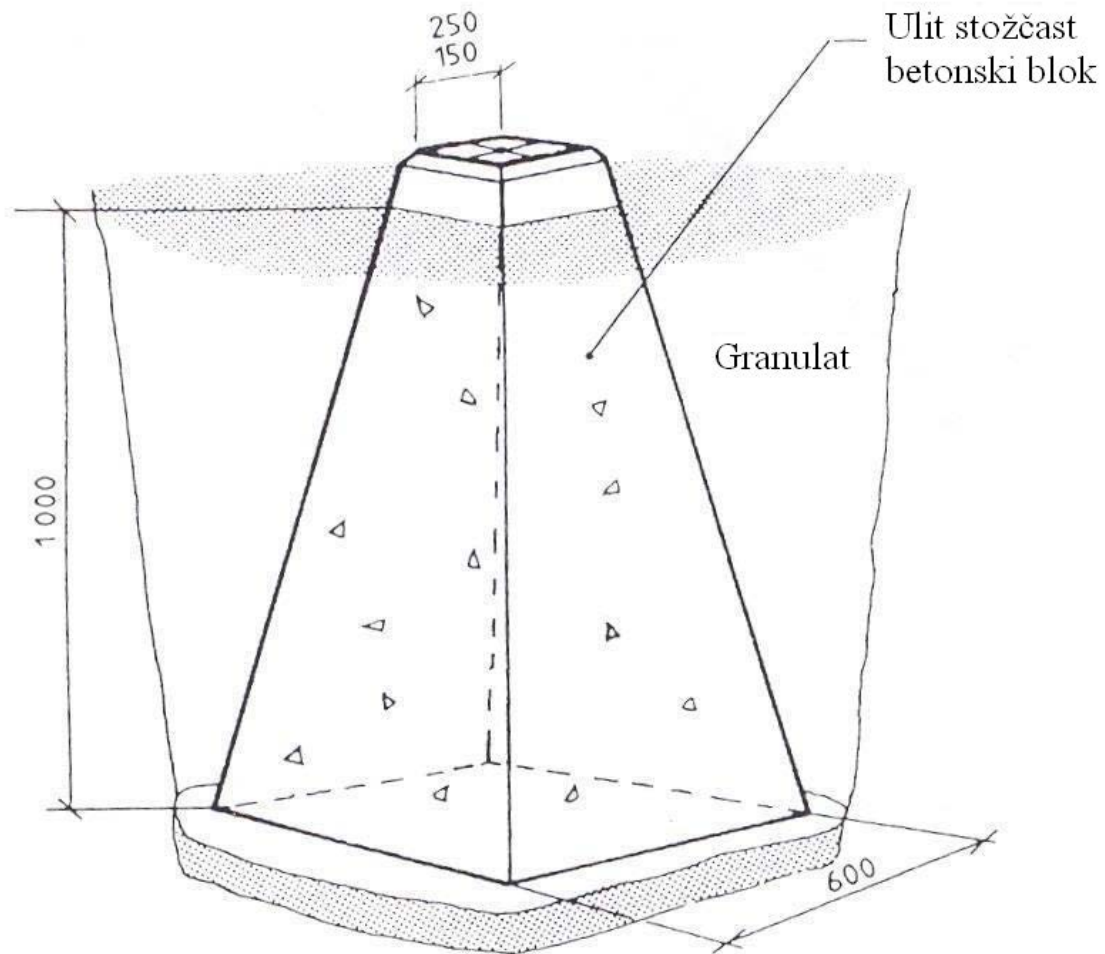
Slika 11: Gradbeni profil

Tip: gradbeni profil.

Uporaba: označitev gradbene linije, robov zidov od kotnih točk.

Trajanje: kratek rok (do enega meseca).

Opomba: profile je potrebno postaviti tako, da jih ne ovirajo kasnejša izkopavanja.



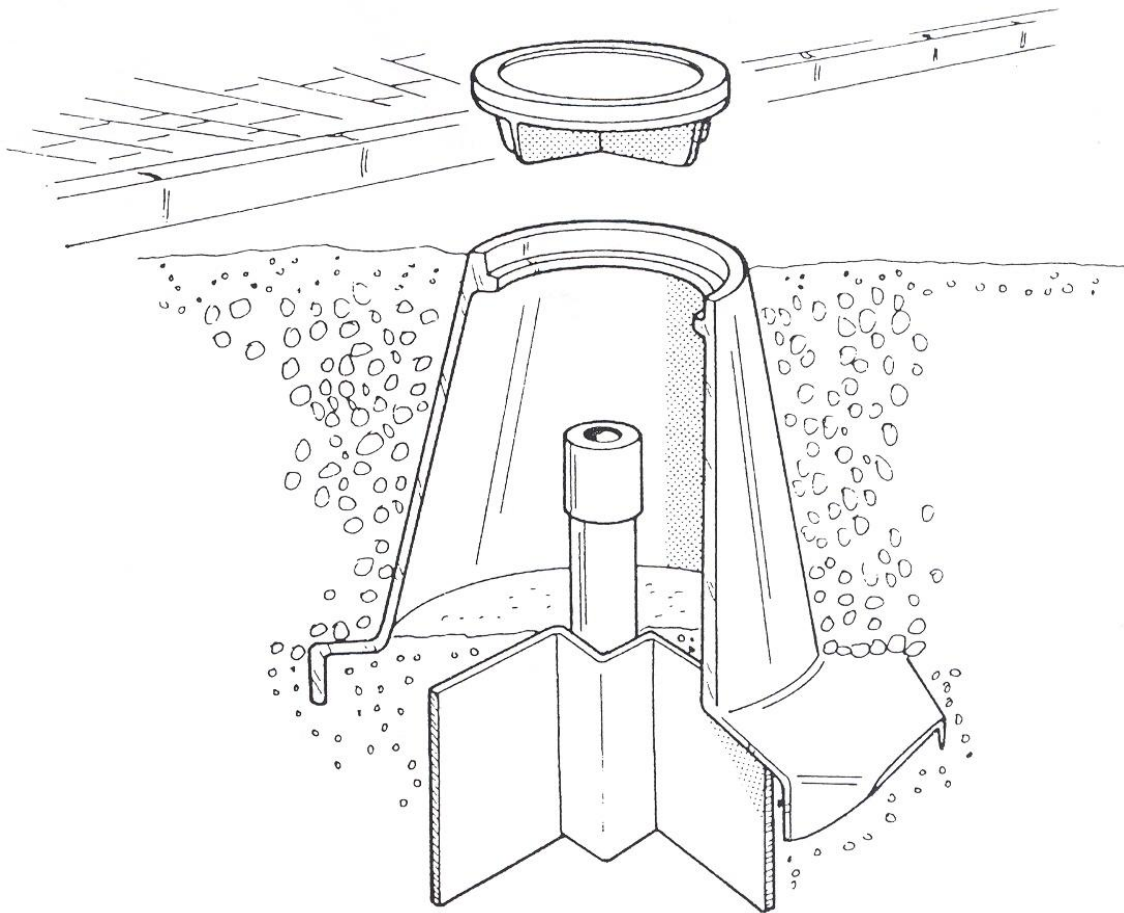
Slika 12: Betonski blok

Tip: predhodno izdelan betonski blok.

Uporaba: primarne točke in označbe relativnih višin.

Trajanje: dolgi rok.

Opomba: so zelo težki, posteljica za blok mora biti skrbno pripravljena.



Slika 13: Zaščita merske točke

Tip: zaščita merske točke.

Uporaba: zaščita merskih točk, označenih pod površjem.

Trajanje: dolgi rok.

Opomba: potrebno je poizvedeti, ali se bo površje območja v bližnji prihodnosti spremenilo.

8 ISO 3443: STANDARDI, KI SE NANAŠAJO NA DOVOLJENA ODPSTOPANJA PRI GRADNJI OBJEKTOV

a) Osnovni postopki za določitev vrednosti in podroben opis (ISO 3443-1)

Standard opisuje lastnosti dimenzijske spremenljivosti pri gradnji in namen izmere dimenzijske spremenljivosti.

Opreljuje faktorje, ki jih je treba upoštevati pri podrobnem opisu, preverjanju in določitvi vrednosti odstopanj, tako pri proizvodnji gradbenih elementov, kot tudi pri delu na gradbišču. Standard velja za gradbene elemente in zgradbe na splošno, kot tudi za tiste, ki so narejeni po načelu uskladitve mer na osnovi modula.

Vir: <http://webstore.ansi.org/ansidocstore/product.asp?>

b) Statistične osnove za predvidevanje možnosti spajanja med komponentami z normalno porazdelitvijo (ISO 3443-2)

Drugi del standarda opisuje temeljne značilnosti dimenzijske spremenljivosti pri gradnji in poseben primer kombinacije slučajnih nepovezanih spremenljivk.

Velja za vse oblike gradbenih konstrukcij z napovedljivo spremenljivostjo, ki se porazdeljujejo po Gauss-u.

Vir: <http://webstore.ansi.org/ansidocstore/product.asp?>

c) Postopki za izbor izbrane velikosti in predvidevanje možnosti spajanja (ISO 3443-3)

Standard zagotavlja osnove, ki se nanašajo na dolžine med površinami spojev, na izbor izbranih velikosti in predvidevanja možnosti spajanja v sovisnosti z dimenzijsko koordinacijo, kot tudi mersko koordinacijo.

Standard uporabljajo proizvajalci sestavnih delov, ko določujejo izbrane velikosti za standardne elemente. Uporabljajo ga tudi gradbeni inženirji, kadar določujejo izbrane velikosti konstrukcij na gradbišču ali pri oceni uporabnosti standardnih elementov, oziroma pri določevanju izbranih velikosti za vse ne-standardne elemente.

Vir: <http://webstore.ansi.org/ansidocstore/product.asp?>

d) Metoda za predvidevanje odstopanj v sklopih in za vzpostavitev toleranc (ISO 3443-4)

Četrty del standarda podaja osnovne postopke in metodo za predvidevanje odstopanj v sestavljenih sklopih (sistemih). Podaja opise odstopanj sestavnih elementov, z namenom, da se zadovolji funkcionalnim zahtevam in podrobnim opisom odstopanj posameznih sklopov.

Standard se nanaša na odstopanja vseh vrst sklopov in drugih sistemov v gradbeništvo.

Vir: <http://webstore.ansi.org/ansidocstore/product.asp?>

e) Osnovni postopki za kriterij odobritve, kontrola ustreznosti s podrobnim opisom dimenzijskih odstopanj in statistična kontrola – metoda 1 (ISO 3443-6)

Ta del standarda ISO 3443 podaja osnovne postopke, glede na katere opišemo odstopanja. Podaja tudi kriterij sprejetja geometričnih značilnosti, ki so posledica gradbenih faz. Uporablja se pri vseh vrstah oblik, dimenzij in položajev v gradbeni industriji, kjer se odstopanja opisujejo.

Opis odstopanja podaja dovoljeno odstopanje od količin.

Podroben opis odstopanja mora biti naveden v vsaj enem od naslednjih načinov:

- v pogodbenih dokumentih,
- na skici,
- v nacionalnem ali mednarodnem standardu, ki se na odstopanja sklicuje,
- v drugem dokumentu, določenem v pogodbi.

Standard podaja tudi odobritev enot (lahko je komponenta, del konstrukcije,...). V tem standardu po definiciji vsebuje enota eno ali več karakteristik. Karakteristika (kot, dimenzija, oblika površja,...). je značilnost, za katero je bilo odstopanje podrobno opisano.

Če ima enota eno karakteristiko, ki ne ustreza opisu odstopanja, potem taka enota ni odobrena, če pa vse enote neke karakteristike ustrezajo podrobnemu opisu odstopanja, potem je taka enota odobrena oziroma sprejeta.

V primeru, da imajo rezultati meritev eno ali več merskih napak, se izvedejo nove meritve na isti enoti oziroma enotah.

Standard podaja tudi velikost vzorca (določeno število nekaterih proizvodov, proizvedenih pod pogoji, da so domnevno enotni).

Pravila in postopki za odobritev ali zavrnitev velikosti vzorca so enaki kot pri enotah.

Naj omenim še, da obstaja tudi metoda 2 (7.del standarda ISO 3443), ki pa je precej daljša in bolj zapletena. Ker se uporabniki lahko sami odločijo, katero od teh dveh metod bodo uporabili, je ne bom posebej omenjal.

8.1 ISO 7737: PODATKI ZA OCENO NATANČNOSTI POSAMEZNIH DIMENZIJ

Standard podaja osnove, na katerih je osnovana zbirka podatkov za kontrolo dimenzij pri gradnjah in format, v katerem bodo podatki, povezani z gradnjo ali posamezni proizvedeni sestavni deli, predstavljeni. Dimenzije, ki jih merimo, so podane v preglednici 3.

Preglednica 3: Vrste dimenzij, ki se merijo

| |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>1 Mere pri načrtovanju</p> <ul style="list-style-type: none">– Velikost: dolžina med primarnimi, sekundarnimi in pozicijskimi točkami; razlika v ravnini med primarnimi, sekundarnimi in pozicijskimi točkami.– Oblika: smer med nizi primarnih, sekundarnih in pozicijskih točk.– Orientacija: vertikalni premik sekundarnih točk. |
| <p>2 Mere proizvedenih komponent</p> <ul style="list-style-type: none">– Velikost: dolžina, širina, višina, globina, debelina, premer, dolžina med pritrjenimi točkami.– Oblika: kvadratnost, ploskost, poševnost, ukrivljenost, kotna premost, izbočenost. |
| <p>3 Mere pri zgradbah</p> <p>a) Narejeno (sezidano) v prvotni legi</p> <ul style="list-style-type: none">– Velikost: dolžina, širina, višina, globina, debelina, premer, dolžina med pritrjenimi točkami.– Oblika: kvadratnost, ploskost, poševnost, ukrivljenost, kotna premost, izbočenost.– Orientacija: vertikalnost, ravnina, nagnjenost. <p>b) Sestavni deli kot pokončni</p> <ul style="list-style-type: none">– Velikost: horiz. in vertikalni razmik med elementi, razpoke v steni, položaj središča.– Oblika: se opiše ali zasnuje.– Orientacija: vertikalnost, ravnina, nagnjenost, položaj v ravnini v odnosu do najbližje mrežne linije. |

Meritve vključujejo tudi merjenja, ki so uporabna in pomembna v vsakdanji rabi, kot so merjenje vertikalnosti visokih stavb in vertikalnosti nadstropij.

Za vsako postavko gradnje oziroma zgradbe in vrsto sestavnega dela so podatki o točnosti predstavljeni kot vrednosti standardne deviacije in sistematične deviacije.

V splošnem podajamo naslednje informacije za vsako postavko konstrukcije in vrsto komponente:

- število nizov vključenih v predstavitveni vzorec,
- celotna velikost vzorca,
- opis vrste postavke ali merjenega izdelka, tako da so vse pomembne spremenljivke prepoznavne,
- kjer je potrebno, skica postavke ali izdelka, ki naj vključuje pokazatelja pozicije merskih točk,
- rezultate testov pravilnosti.

Poznamo dve vrsti podatkov točnosti, in sicer generalizirane podatke točnosti, kjer se zbrani podatki nanašajo na vzorce vseh izvajalcev pogodbe ali proizvajalcev in specifične podatke točnosti, kjer se podatki nanašajo na izbranega izvajalca pogodbe ali proizvajalca.

8.2 METODE ZA IZMERO OBJEKTOV IN GRADBENIH PROIZVODOV

ISO 7976-1: 1. DEL: MERSKE METODE IN INSTRUMENTI

Standard podaja metode kontrolnih merjenj za določitev oblike, dimenzij in odstopanj pri zgradbah in njihovih sestavnih delih. Merske metode veljajo za objekte, ki imajo modul elastičnosti večji od 35 kPa, kot so objekti iz betona, lesa, jekla ali plastike. Pri navedbi rezultatov meritev moramo navesti ime operaterja, instrument, čas merjenja, lego merjenega objekta, temperaturo in vlažnost merjenega objekta.

8.2.1 Kontrolne meritve, ki se lahko izvajajo v proizvodnji in na gradbiščih

V tem delu standarda so razložene metode kontrolnih merjenj in podana dovoljena odstopanja, kadar preverjamo dolžino, širino in debelino komponent, kotno odstopanje, vzporednost, poves ter horizontalnost in poševnost komponent. Predstavil bom nekaj primerov.

- **dolžina, širina in debelina komponent**

V tem delu so opisani primeri instrumentov in merskih metod za določitev dolžine, širine in debeline komponent (glej preglednico 4). Posebno pozornost namenjamo sili napenjanja merskega traku in temperaturi, kadar merimo z merskim trakom. Trak moramo napeti s predpisano silo, kadar dolžine, ki jih merimo, presegajo deset metrov.

Preglednica 4: Preglednica dovoljenih odstopanj

| Merska operacija | Dovoljena odstopanja presegajo: | Razpon merjenja | Merski instrument ali mersko orodje |
|-----------------------------|--------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| Dolžine in širine komponent | ± 3 mm ± 3 mm ± 5 mm | < 1 m < 3 m 3 do 10 m | Jeklen merski trak Kalibriran merski trak Kalibriran merski trak (obakrat jeklen) |
| Debeline komponent | ± 0,5 mm ± 1 mm ± 2 mm ± 3 mm ± 5 mm | < 0,1 m 0,1 do 0,5 m 0,5 do 2 m < 1 m < 0,5 m | Kljunasto merilo Kljunasto merilo Kljunasto merilo Jeklen merski trak Merska lata |

▪ **pravokotnost komponent**

V tem delu so opisani primeri instrumentov in merskih metod za določitev odstopanja od vertikale (glej preglednico 5). Kotno odstopanje je razlika med dejansko smerjo in odgovarjajočo referenčno smerjo.

Če sta stranici krajši od 1,2 metra, uporabimo kotno merilo, v nasprotnem primeru pa uporabimo merski daljnogled ali diagonalno merjenje.

Preglednica 5: Preglednica dovoljenih odstopanj

| Merska operacija | Dovoljena odstopanja presegajo: | Razpon merjenja | Merski instrument ali mersko orodje |
|------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| Kotno odstopanje | ± 4 mm ± 5 mm/m ± 7 mm | < 1,2 m < 30 m < 30 m | Kotno merilo Kalibriran merski trak Optični instrument |
| Vzporednost | ± 2 mm ± 3 mm ± 5 mm ± 5 mm | < 1 m < 3 m 3 do 10 m < 3 m | Kljunasto merilo Jeklen merski trak Jeklen merski trak Merska lata |

▪ **horizontalnost in poševnost komponent**

Odstopanje od horizontale je razlika med dejansko obliko površja in površja na ploskvi. Ko določamo odstopanja od ravnine, se moramo odločiti, od katere referenčne ploskve bomo merili odstopanja površja. Referenčno ploskev lahko definiramo na več načinov, najpomembnejši pa so: kot srednjo ploskev skozi štiri točke, kot ploskev, določeno s pomočjo metode najmanjših kvadratov in kot ploskev skozi tri točke (poševnost).

Preglednica 6: Preglednica dovoljenih odstopanj

| Merska operacija | Dovoljena odstopanja presegajo: | Razpon merjenja | Merski instrument ali mersko orodje |
|---------------------------|----------------------------------------|------------------------|-------------------------------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| Določitev horizontalnosti | ± 2 mm | < 3 m | Merilni klin (30 mm) |
| | ± 3 mm | < 3 m | Ravnilo |
| | ± 2 mm ± 4 mm | < 2 m 2 do 5 m | Žica (< 10 m) in merilni klin (30 mm) |
| | ± 2 mm | < 3m × 6 m | Nivelir ali teodolit in nivelmanska lata |
| | ± 4 mm | < 3m × 6 m | Nivelir ali teodolit in nivelmanska lata |
| | ± 3 mm ± 5 mm | < 2 m 2 do 5 m | Žica (< 10 m) in ravnilo ali jeklen merski trak |
| Določitev poševnosti | ± 4 mm | < 3m × 6 m | Teodolit ali nivelir |
| | ± 5 mm | < 3m × 6 m | Žica (< 10 m) in merilni klin |

8.2.2 Kontrolne meritve, ki se lahko izvajajo le na gradbiščih

Ta del standarda podaja določitev konstrukcijskih odstopanj pri montažnih konstrukcijah. Opisuje položajna odstopanja v horizontalnosti ploskve, podaja odstopanja pri višinah v nadstropjih, metode preverjenja vertikalnosti, ekscentriciteto, preverjenje horizontalnosti, poševnosti, ... Predstavil bom dve metodi kontrolnih merenj, druge so podrobno razložene v standardu.

▪ odstopanja pri niveliranju

Rezultate običajno predstavimo v milimetrih. Lato držimo vertikalno, dolžina med instrumentom in nivelmanko lato ne sme presegati štirideset metrov. Po končanju opazovanj moramo preverjati stabilnost postavljenega instrumenta, tako da ponovno odčitamo vrednost na začetni točki. Če se odčitek razlikuje od prve meritve na začetni točki, moramo preveriti vse meritve, opravljene s tem instrumentom. Ker vizure običajno niso enako dolge, moramo instrument predhodno preizkusiti in rektificirati (nehorizontalnost vizurne osi) .

Preglednica 7: Preglednica dovoljenih odstopanj

| Merska operacija | Dovoljena odstopanja presegajo: | Razpon merjenja | Merski instrument ali mersko orodje |
|----------------------------|---------------------------------|-----------------|-------------------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| Odstopanje pri niveliranju | ± 2 mm | < 30 m | Nivelir z mikrometrom in lata |
| | ± 4 mm | < 30 m | Nivelir in nivelmanska lata |
| | ± 10 mm | < 10 m | Laserski instrument |
| | ± 15 mm | 10 do 30 m | |
| ± 20 mm | 30 do 70 m | | |

▪ **vertikalnost**

Vertikalnost lahko določimo s pomočjo teodolita, instrumenta z optičnim grezilom ali merilcem nagiba.

Na splošno odstopanja od vertikale (glej preglednico 8) določimo z dvema vertikalnima referenčnima ploskvama, ki sta med seboj vzporedni. Vertikalnost več–nadstropnih stebrov in visokih stavb (zidov) preverjamo s teodolitom ali optičnimi grezili.

Preglednica 8: Preglednica dovoljenih odstopanj

| Merska Operacija | Dovoljena odstopanja presegajo: | Razpon merjenja | Merski instrument ali mersko orodje |
|-------------------------------------------|--------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| Odstopanja od vertikale: | | | |
| | $\pm 0,5 \text{ mm/m}$ | $< 100 \text{ m}$ | Instrument z optičnim grezilom |
| Teodolit / instrument z optičnim grezilom | $\pm 0,8 \text{ mm/m}$ $\pm 1,2 \text{ mm/m}$ | $\alpha < 50 \text{ gon}$ $\alpha = 50 \text{ do } 70 \text{ gon}$ | Teodolit in označena linija |
| | $\pm 1 \text{ mm/m}$ $\pm 1,5 \text{ mm/m}$ | $\alpha < 50 \text{ gon}$ $\alpha = 50 \text{ do } 70 \text{ gon}$ | Teodolit in lata ali merski trak |

8.2.3 Merski instrumenti

To podpoglavje standarda predstavlja nekatere merske instrumente in merska orodja, ki jih uporabljamo na gradbiščih in v proizvodnji za kontrolna merjenja zgradb. Izbira instrumentarija je odvisna od zahtevane naloge in od dovoljenih odstopanj. Potrebno je poudariti, da lahko razmere na gradbiščih povzročijo resne motnje v delovanju instrumentarija in orodja. Zato ju je potrebno pogosto pregledati in po uporabi očistiti, pregledati pa ju je potrebno tudi pred prvo uporabo.

Nekateri najpomembnejši merski instrumenti (v večjem obsegu opisani tudi v standardu ISO 9849):

- *Kljunasta merila* – uporabljamo jih za merjenje dimenzij do enega metra.
- *Elektrooptični razdaljemer* – uporabljamo jih za direktno merjenje dolžin, daljših od trideset metrov. Večina jih ima nameščen teodolit, so pa tudi modeli, ki direktno transformirajo mersko vrednost v informacijo o horizontalni dolžini in višinski razliki. Potrebno je biti pozoren na atmosferske vplive (tlak, temperatura).
- *Laserski instrumenti* – uporabljamo jih za določitev višin ali odstopanj od smeri. Običajno merimo dolžine do osemdeset metrov, potrebno je pogosto preverjanje smeri laserskega žarka.
- *Hidrostatski nivelman* – v gradbeništvu ga uporabljamo predvsem za določitev točk na isti višini, v geodeziji pa tudi za merjenje višinskih razlik med točkami, ki so locirane na nasprotnih straneh velike površine voda (jezer).
- *Nivelirji* – uporabljamo jih za preverjanje odstopanj od horizontale, odstopanja od ravnine pri zgradbah, ... Niveliranje vedno začnemo in končamo na točki z znano višino. Nivelmanske late so iz invarja, lesa ali iz drugih materialov. Postavljamo jih na trdo podlago.
- *Mikrometrške merske palice* – uporabljamo jih za merjenje dolžin do 1,5 metra, v primerih, kjer je zahtevana visoka točnost.
- *Instrumenti z optičnim grezilom* – so instrumenti, katerih kolimacijska os se lahko postavi v vertikalni položaj s pomočjo kompenzatorjev. Z njimi lahko centriramo instrumente, z natančnejšimi pa preverjamo vertikalnost stavb. Imamo instrumente z grezili, usmerjenimi navzdol, instrumente z grezili, usmerjenimi navzgor ali oboje.
- *Kotna merila* – so jeklena orodja, ki imajo obliko črke L, uporabljamo jih predvsem za preverjanje pravokotnosti.
- *Jekleni merski trakovi* – uporabljamo jih za direktno merjenje dolžin do sto metrov, bolje pa je, če merimo le do petdeset metrov. Z upoštevanjem popravkov in pravilnega napenjanja traku lahko povečamo natančnost meritev. Po vsakodnevni uporabi je trak potrebno očistiti in naoljiti.

- *Merski signali* – s to pomožno opremo signaliziramo položaj točk, ki so opazovane. Za doseganje večje natančnosti jih postavljamo na stativo ali stabiliziramo kot trajne točke.
- *Teodoliti* – uporabljamo jih za merjenje, zakoličevanje in preverjanje horizontalnih smeri in vertikalnih razdalj, linij in ploskev. Priporočljivo je merjenje v obeh krožnih legah, zaščita libel pred soncem, ...
- *Stativ* – je orodje, na katerem stoji instrument ali signal. Pogosto moramo preverjati stabilnost stativa, povezavo med glavo stativa in nogami stativa, ...

Popravki merskega traku

V aneksu tega standarda so podane tudi korekcije – popravki merskega traku in sicer temperaturni popravek, popravek zaradi povesa traku in popravek zaradi nepravilne (poševne) dolžine traku.

Temperaturni popravek:

Pri jeklenih merskih trakovih se popravek zaradi temperature C_{TEMP} izračuna po naslednji enačbi:

$$C_{TEMP} = L\alpha\Delta t, \text{ kjer je:} \quad (16)$$

L merjena dolžina,

α koeficient raztezanja na °C (0,000011 ali 11×10^{-6} za jeklo),

$$\Delta t = t_m - t_c, \quad (17)$$

t_m je merjena temperatura,

t_c je temperatura v času kalibriranja.

Popravek zaradi povesa traku:

Popravek zaradi povesa traku C_{POV} , v metrih, se izračuna po naslednji enačbi:

$$C_{POV} = \frac{L^3 m^2}{24t^2} \cos^2 \alpha, \text{ kjer je:} \quad (18)$$

L dolžina linije v metrih,

m masa traku v kilogramih na tekoči meter,

t sila napenjanja v N,

α vertikalni kot med tetivo, ki povezuje konec traku s horizontom (glej sliko 1).

Popravek zaradi poševne dolžine (redukcija na horizont):

Popravek zaradi poševne dolžine $C_{POŠ}$, v metrih, se izračuna po naslednji enačbi:

$$C_{POŠ} = -L(1 - \cos \alpha), \quad (19)$$

Kadar je razlika v višini h majhna pa:

$$C_{POŠ} = -\frac{h^2}{2L}, \text{ kjer je:} \quad (20)$$

L merjena dolžina v metrih, α kot med tetivo in tangento na končno točko (glej sliko 1), h višinska razlika v metrih med koncema traku.

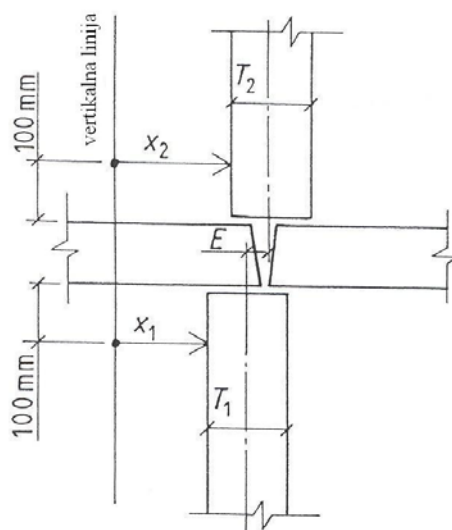
8.3 ISO 7976-2: 2. DEL: IZBIRA POLOŽAJA MERSKIH TOČK

Ta del standarda podaja položaj merskih točk, ki jih uporabljamo pri meritvah, opisanih v prvem delu standarda. Položaji merskih točk se nanašajo na kontrolne meritve in zbiranje podatkov o točnosti (ang. accuracy data); meritve opravljamo iz teh točk, proti njim ali med temi točkami. Točke, pri katerih opravljamo meritve, morajo biti natančno podane v načrtu ali podobnem dokumentu. Če temu ni tako, uporabimo točke, oddaljene sto milimetrov od vogalov ali kotov. Za število merskih točk vzamemo najmanjše število točk, ki jih potrebujemo.

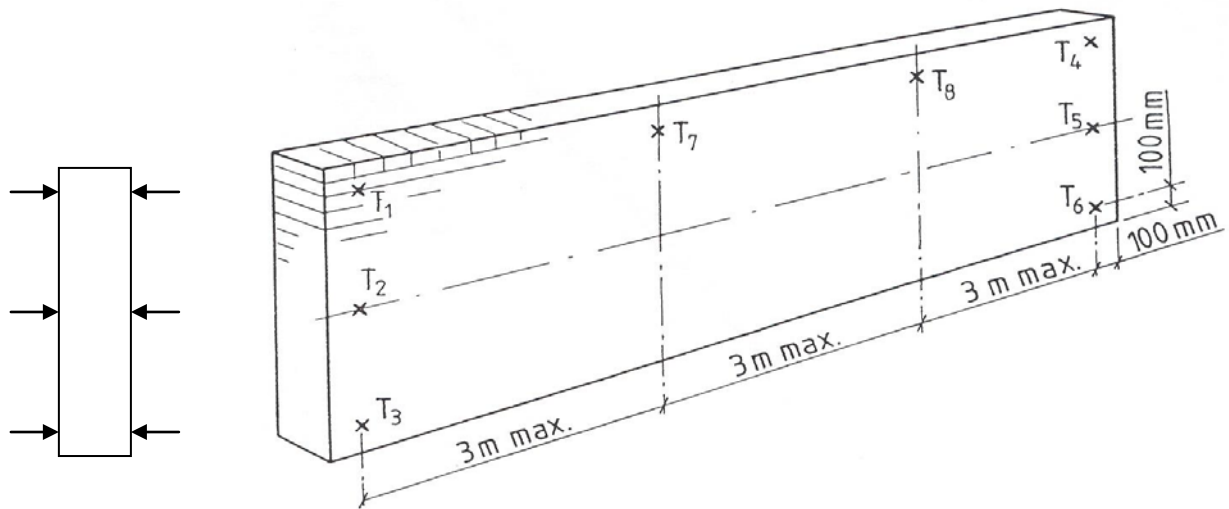
Število meritev je odvisno od komponent, ki jih merimo. Tako pri izmerah dolžine in širine izmerimo tri meritve dolžine in tri meritve širine, pri meritvah debeline (glej sliko 15) pa ponavadi izmerimo osem teh meritev vsake proizvedene komponente.

Kotno odstopanje v večini primerov določimo na vseh štirih vogalih komponente.

Kadar merimo vertikalnost zidov, moramo podati vsaj eno meritev za vsako nadstropje, pri tem pa mora biti relativni horizontalni položaj izbrane točke v vsakem nadstropju enak. Vertikalnost visokih stebrov preverjamo v dveh navpičnih smereh. Preverjamo tudi ekscentriciteto (glej sliko 14), poševnost, ploskost, ...



Slika 14: Ekscentriciteta



Slika 15: Položaj merskih točk pri izmeri debeline zidov, daljših od 3 m

9 ISO STANDARDI, KI SE NANAŠAJO NA OPTIKO IN OPTIČNE INSTRUMENTE

9.1 ISO 9849: GEODETSKI IN MERSKI INSTRUMENTI – SLOVAR

Standard definira izraze, ki se nanašajo na geodetske terenske instrumente, kot so razdaljemer, nivelirji, teodoliti in drugi. Podaja tudi njihove osnovne sestavne dele, ki jih ponavadi uporabljamo pri terestričnih merskih operacijah izmere zemljišč, topografskih in inženirskih meritvah.

Standardu je priložen tudi aneks, v katerem so podani enakovredni izrazi v nemščini (standard je v angleškem in francoskem jeziku).

9.1.1 Nekatere vrste geodetskih instrumentov

- *Antena* – je elektronska oprema za oddajanje in/ali sprejemanje elektromagnetnih valov.
- *Barometer* – je instrument, s katerim merimo zračni tlak.
- *Aneroidni (kovinski) barometer* – je kovinska priprava, s katero merimo zračni tlak.
- *Barometrični višinomer* – je barometer, ki ga uporabljamo za merjenje višin.
- *Elektronski razdaljemer* – je instrument za direktno merjenje dolžin med instrumentom in vizurnimi točkami, na osnovi oddanih in sprejetih valov.
- *Elektro-optični razdaljemer* – je elektronski razdaljemer, ki deluje na osnovi primerjave modulacijskih valov. Primerjava je omejena na valovno dolžino od 400 do 1000 nm.
- *Impulzni razdaljemer* – je elektronski razdaljemer, ki deluje na principu merjenja časa impulza.
- *Mikrovalovni razdaljemer* – je elektronski razdaljemer, ki temelji na primerjavi moduliranih mikrovalov. Modulirani mikrovalovi so lahko v razponu od 0,8 do 10 cm valovne dolžine.
- *GPS* – je navigacijski sistem visoke natančnosti, ki ga je razvilo ameriško ministrstvo za obrambo. Sistem sestavlja 24 satelitov, ki krožijo okoli Zemlje na višini okrog

20 000 km. Ruski navigacijski sistem GLONASS deluje podobno kot GPS.

- *Gravimeter* – je instrument, s katerim merimo težnostni pospešek.
- *Nivelir* – je geodetski instrument, s katerim merimo višinske razlike s pomočjo horizontalnih vizurnih osi. Glavni sestavni del je daljnogled, ki se lahko vrti na vertikalni osi. Nivelir je lahko opremljen s horizontalnim krogom in/ali s planparalelnim mikrometrom.
- *Kompensacijski nivelir* – je nivelir, katerega vizurna os ostaja samodejno horizontalna s pomočjo nagiba kompenzatorja. Predhodno ga moramo grobo horizontirati z dozno libelo.
- *Digitalni nivelir* – je nivelir, ki omogoča odčitavanje na nivelmanski lati. Vsebuje CCD senzorski sistem, zahteva uporabo posebne digitalne nivelmanske late.
- *Hidrostatski nivelir* – je instrument, s katerim določimo višinske razlike bodisi preko velikih razdalj, ali kadar so višinske razlike majhne in je bistvena visoka natančnost.
- *Nivelir z libelo* – je nivelir, kjer vizurno os horizontiramo s pomočjo uravnavanja cevne libele.
- *Ploskovni nivelir* – je laserski nivelir, ki deluje na principu rotirajočega laserskega žarka.
- *Optično grezilo* – je instrument z merskim daljnogledom, katerega vizurna os se lahko postavi v vertikalni položaj s cevno libelo ali kompenzatorji. Uporabljamo ga za postavitvev označb direktno pod instrument ali za centriranje instrumenta direktno nad označbo, kot tudi za centriranje instrumenta pod točko.
- *Lasersko grezilo* – je optično grezilo, ki kot grezilno linijo uporablja laserski žarek.
- *Tahimeter* – je teodolit z opremo, ki omogoča določitev horizontalnih smeri, dolžin in višinskih razlik, na osnovi ene same operacije, s pomočjo late z razdelbo.
- *Avto-redukcijski tahimeter* – je tahimeter, ki reducira poševno merjene dolžine na horizont.
- *Elektronski tahimeter* – je tedolit, opremljen z elektronskim razdaljemerom in elektronskim skeniranjem krogov.
- *Teodolit* – je instrument za merjenje horizontalnih smeri ali horizontalnih smeri in vertikalnih razdalj. Glavni deli teodolita so horizontalni in vertikalni krog, daljnogled,

dodatne priprave za uravnavanje vertikalne osi, ... Lahko ga uporabljamo tudi za optično merjenje dolžin.

- *Elektronski teodolit* – je samo-regulirni teodolit, z elektronskim skeniranjem krogov in direktnim branjem podatkov iz digitalnega prikazovalnika.

9.1.2 Nekateri deli geodetskih instrumentov

- *Kompas* – je magnetna naprava, ki je lahko montirana na teodolit. Z njim orientiramo horizontalni krog glede na smer magnetnega severa.
- *Digitalni prikazovalnik* – je naprava, ki spreminja merska števila v digitalne vrednosti z elektronskim prikazom. Ta naprava se lahko uporablja pri elektro-optičnih razdaljemerih in elektronskih teodoliti.
- *Okular* – je skupina leč, ki je najbližje očesu. Je povečevalno steklo, ki se lahko izostri, da lahko vidimo jasno podobo nitnega križa.
- *Inklinacijski kompenzator* – je naprava, ki avtomatično odstrani vpliv nivelirskih napak merskih instrumentov. Inklinacija je skupen izraz za nivelirske napake.
- *Dozna libela* – je libela z ravno cilindrično stekleno posodico. Posodica ima enega ali več koncentričnih krogov, katerih središče je normalna pozicija dozne libele. Te libele se uporabljajo, kadar ni zahtevana visoka točnost.
- *Cevna libela* – je zapečaten steklena cev, napolnjena s tekočino, npr. alkoholom, kjer je notranja površina dna valjaste oblike, tako da zajeti zrak tvori mehurček, ki zavzema različne položaje ob spremembah nagiba libele. Libela je vgrajena v ohišje instrumenta in opremljena z justirnimi vijaki.
- *Nivelmanska lata* – je lata iz kovine ali lesa z razdelbo. Uporablja se za merjenje vertikalnih razdalj med točko in horizontalno vizurno osjo nivelirja.
- *Invar nivelmanska lata* – je nivelmanska lata za zelo natančno niveliranje, ki ima na nosilec nanešeno razdelbo, ki je prosto vpeta v okvir nivelmanske late.
- *Limb* – je skupina delov teodolita, ki vsebuje horizontalni krog in z njim povezane dele, ki omogočajo limbu rotacijo okrog vertikalne osi.
- *Objektiv* – je kombinacija večih leč v okvirju. Skupaj s fokusirno lečo tvori realno sliko stanja v zornem polju.

- *Oscillator* – je elektronska priprava elektro-optičnih razdaljemerov ali geodetskih GPS sprejemnikov, ki ustvarja modulacijsko frekvenco.
- *Planparalelni mikrometer* – je pomožna naprava, katere glavni del je debela plošča iz optičnega stekla z ravnima vzporednima površinama in s pomočjo katere lahko premikamo optično sliko gor ali dol ali levo ali desno, na kratki dolžini, ki je vzporedna argenalnemu položaju (Perme, 1995).
- *Optični mikrometer* – je bralna naprava, ki povečuje natančnost odčitavanja razdelbe. Omogoča, da merimo kratke dolžine ali majhne kote.
- *Nitni križ* – je steklena plošča daljnogleda, na katerem se označujejo bralni indeksi.
- *Daljnogled* – je optična merilna naprava, s katero dosežemo vizurno os z viziranjem na vizurno točko. Glavni deli so objektiv, okular, fokusirne leče in nitni križ.
- *Stativ* – je trinožna naprava, na katero postavimo in pritrdimo instrument. Sestavljen je iz glave stativa in treh nog (lesene ali jeklene). Noge so toge ali teleskopske in povezane z glavo stativa.
- *Nonij* – je priprava, s pomočjo katere ocenimo interval na skali skozi fazo odčitavanja. Je pomožno merilo, ki se uporablja kot pomoč pri interpolaciji razdelbe merila.

9.2 ISO 12858: GEODETSKI PRIBOR

9.2.1 ISO 12858-1: 1. DEL: INVAR NIVELMANSKE LATE

Ta del standarda ISO 12858 podaja najvažnejše zahteve za invar nivelmanske late, ki jih uporabljamo v geodeziji za precizna merjenja višin, v kombinaciji z optično-mehanskim nivelirjem ali digitalnim nivelirjem primerljive natančnosti.

Zahteve

Mere

Invar nivelmanske late so običajno izdelane v nominalnih dolžinah 2 m in 3 m. Detajlne mere in konstrukcija se prepusti proizvajalcu. Na sliki 16 na koncu poglavja so prikazane priporočene mere invar nivelmanskih lat.

Nosilec razdelbe

Nosilec razdelbe, na primer ozek trak, naj ima temperaturni razteznostni koeficient α , za katerega naj velja:

$$|\alpha| \leq 1 \times 10^{-6} \cdot K^{-1}, \text{ kjer je } K \text{ enota temperature v stopinjah Kelvina.} \quad (21)$$

Razdelba in oštevilčenje

Nosilec razdelbe je lahko opremljen z eno ali dvema vzporednima razdelbama. Črtica razdelbe mora imeti oster rob, mora biti vzporedna s podstavkom in enake širine. Barve razdelbe in številčk morajo biti kontrastne glede na podlago.

Oštevilčba mora biti na okvirju late, ob nosilcu razdelbe. V primeru dveh razdelb mora biti oštevilčba ob posamezni razdelbi, na vsaki strani nosilca razdelbe.

Dopustno odstopanje dolžine med dvema poljubnima črticama razdelbe ne sme presegati vrednosti, določene po naslednji enačbi:

$$\Delta l = \pm [0,02 + l(2 \times 10^{-5})]; \quad (22)$$

kjer je

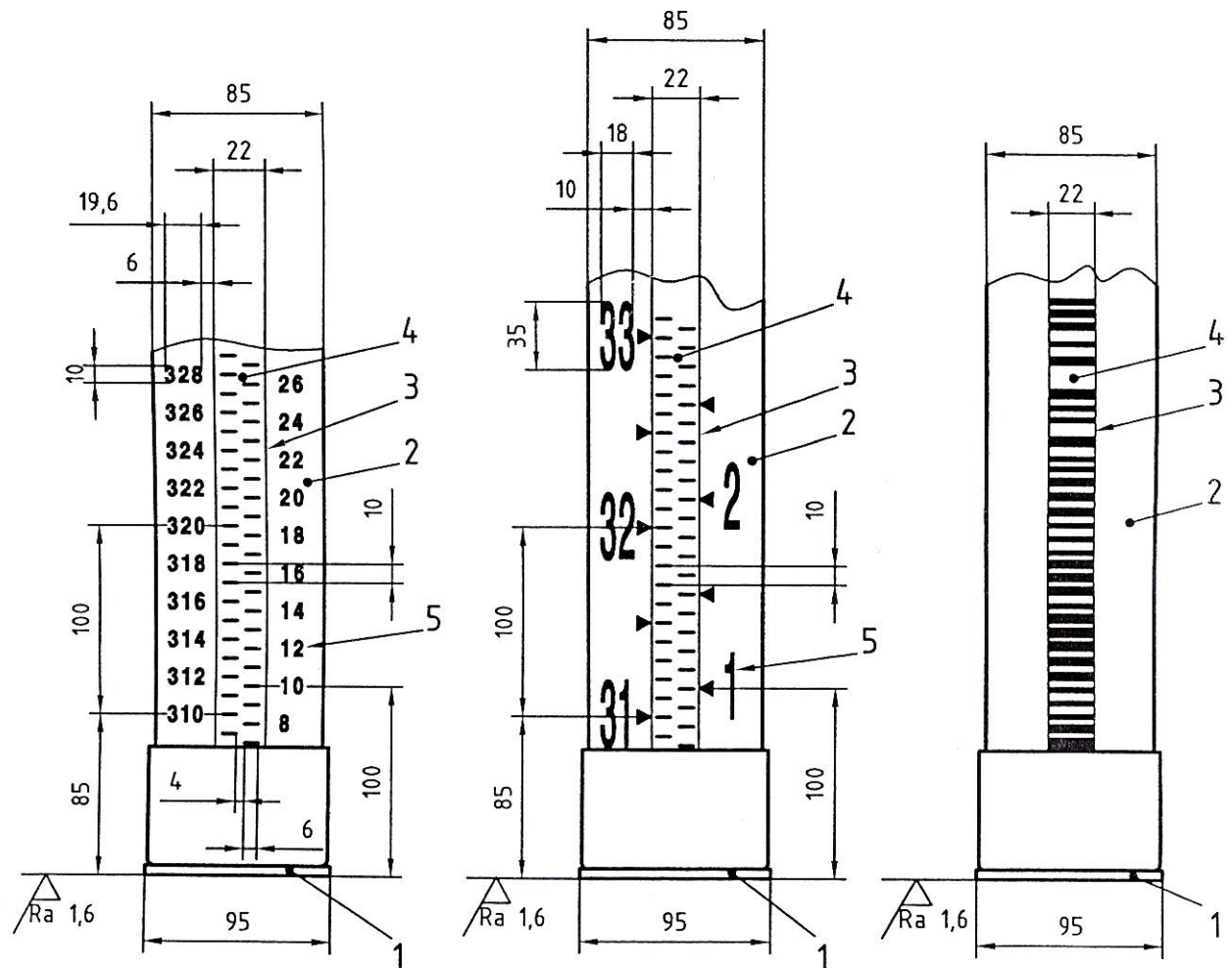
Δl dopustno odstopanje v milimetrih pri 20 °C,
 l je dolžina v milimetrih med dvema poljubnima črticama razdelbe.

Pogrešek ničelne (izhodiščne) točke

Pogrešek izhodiščne točke nivelmanske late je razlika med nominalno vrednostjo prvega decimetra (nivelmanske late) in njegove prave vrednosti. Ker prave vrednosti ne moremo izmeriti, kot pravo vrednost uporabimo dogovorjeno pravo vrednost. Merjenje opravimo vzporedno z vzdolžno osjo late in pravokotno na podstavek, pri temperaturi 20 °C. Pogrešek ničelne točke ne sme presegati 0,05 mm.

Podstavek

Podstavek ima na svoji spodnji strani nerjavečo jekleno ploščo. Plošča mora biti čimbolj ravna, odstopanje ne sme presegati 0,02 mm. Podstavek lahko odstopa od pravokotnosti za $\pm 5'$, glede na vzdolžno os late.



Slika 16: Mere invar nivelmanskih lat

Legenda

- 1 Podstavek
- 2 Okvir late
- 3 Nosilec razdelbe
- 4 Razdelba
- 5 Oštevilčenje

9.2.2 ISO 12858-2: 2. DEL: STATIVI

Ta del standarda ISO 12858 opisuje najpomembnejše zahteve teleskopskih stativov za merske instrumente, ter povezavo med instrumentom in stativom (glej sliki 18 in 19). Zahteve v tem standardu omogočajo instrumentom in stativom različnih proizvajalcev, da se lahko uporabljajo skupaj (npr. stativ Leica in instrument Nikon). Standard je uporaben za stative, ki se uporabljajo pri nivelirjih, teodolitih, tahimetrih, GPS opremi, elektro-optičnih razdaljemerih, ...

a) Oznake in mere

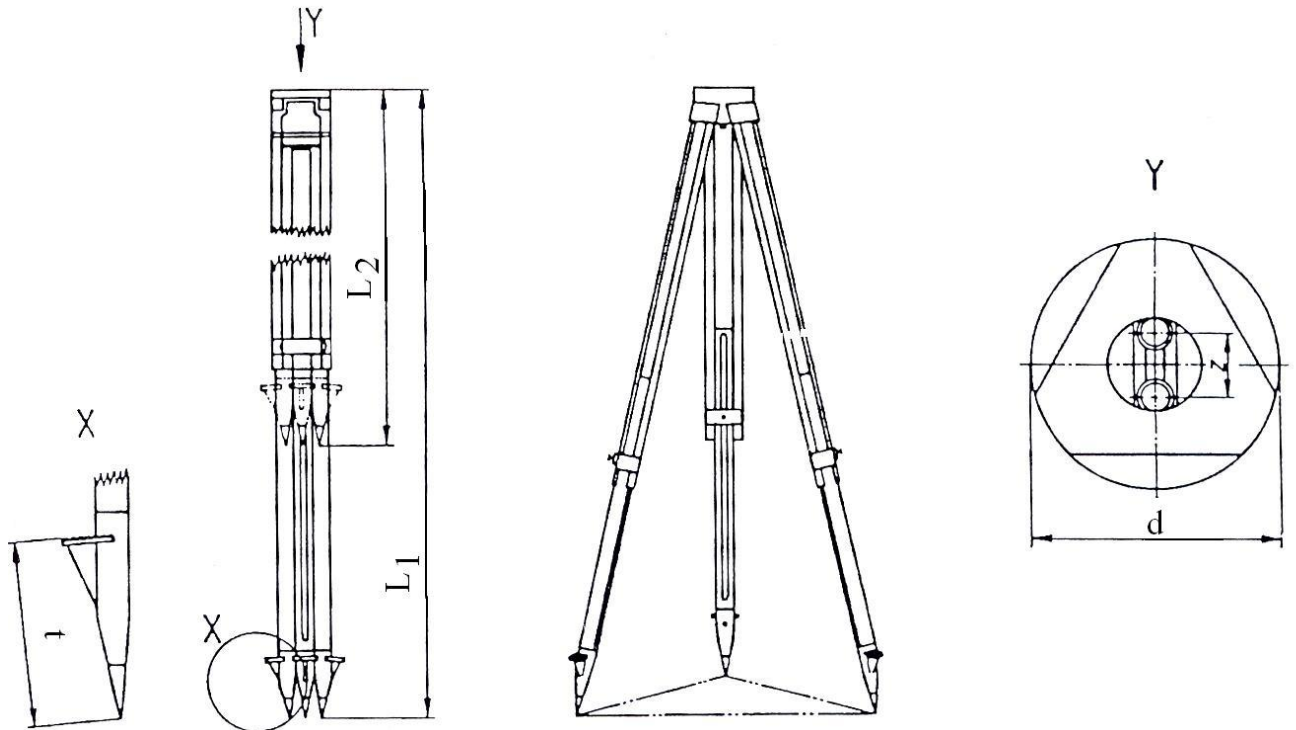
V glavnem se uporabljata dve oznaki za stative s teleskopskimi nogami:

- oznaka L: za lahke ali manjše instrumente, z ravno glavo (LF) ali okroglo glavo (LS);
- oznaka H: za težke instrumente.

Preglednica 9: Oznake stativa

| KRATICA | LF | H | LS |
|-------------------------------------------|---------------------|-------|-----------------------|
| Izvedba stativa | lahek (ravna glava) | težak | lahek (okrogla glava) |
| Masa stativa kg max. | 5,5 | 7 | 5,5 |
| Primeren za instrumente s težo od kg max. | 5 | 15 | 5 |
| L_1 (mm) | 1700 | 1800 | 1700 |
| L_2 (mm) | 1200 | 1200 | 1200 |
| d (mm) | 125 | 150 | 125 |
| z (mm) | 25 | 35 | 25 |
| t (mm) | 110 | 125 | 110 |

Na sliki 17 so prikazane mere stativa.



Slika 17: Mere stativa

Kjer je:

L_1 ... najmanjša dolžina stativa (noge raztegnjene),

L_2 ... največja dolžina stativa (noge vložene),

d ... najmanjša mera glave stativa,

z ... najmanjša mera pomičnega območja,

t ... najmanjša dolžina stopne ploskve od konice noge stativa.

b) Zahteve

Glava stativa

Instrument, postavljen na stativ, se mora brez težav in gladko vrteti na glavi stativa, če le ta ni pritrjen s srčnim vijakom. Dodatne naprave na glavi stativa ne smejo ovirati zmožnosti stativa pri instrumentih različnih proizvajalcev. Uporabljamo ravne ali okrogle glave.

Zglobi

Zglobi na nogah stativa morajo biti takšni, da je možno stativ hitro postaviti. Trenje med zglobi mora biti nastavljivo.

Srčni vijak

Srčni vijak mora biti fiksiran na glavo stativa, tako da centriranje instrumenta ni ovirano. Srčni vijak mora biti votel, s premerom najmanj osem milimetrov, če hočemo instrument optično centrirati.

Natančnost centriranja je dva milimetra, v primeru da na vijak obešamo grezilo.

Noge stativa

Pri stativih z lesenimi nogami morajo biti povezave les-kovina zadostno nastavljene.

Pete stativa

Konice pet stativa morajo biti narejene iz dovolj trdega jekla.

Višinska stabilnost pri obremenitvi

Kadar se glava stativa obremeni z dvakratnim največjim obteženjem instrumenta, se glava stativa ne sme pogrezniti za več kot 0,05 mm.

Togost vrtenja

Stativ mora moment vrtenja, ki nastopi pri delu z instrumentom, sprejemati brez trajnega spreminjanja. Pri preizkusu o togosti vrtenja ne smejo vrednosti presegati vrednosti v preglednici 10.

Preglednica 10: Vrednosti o togosti vrtenja

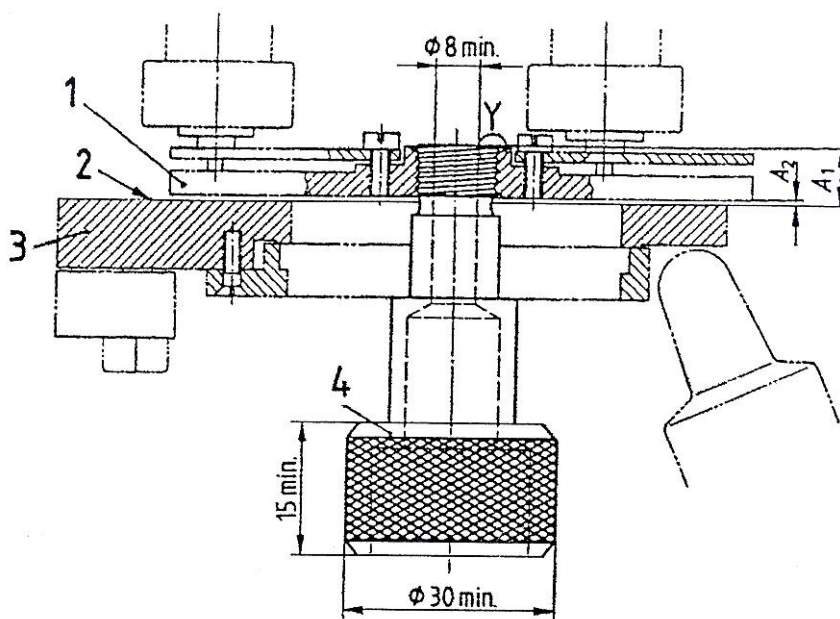
| Stativ | Največji zasuk |
|---------------|-----------------------|
| L | 10" (3 mgon) |
| H | 3" (1 mgon) |

Material

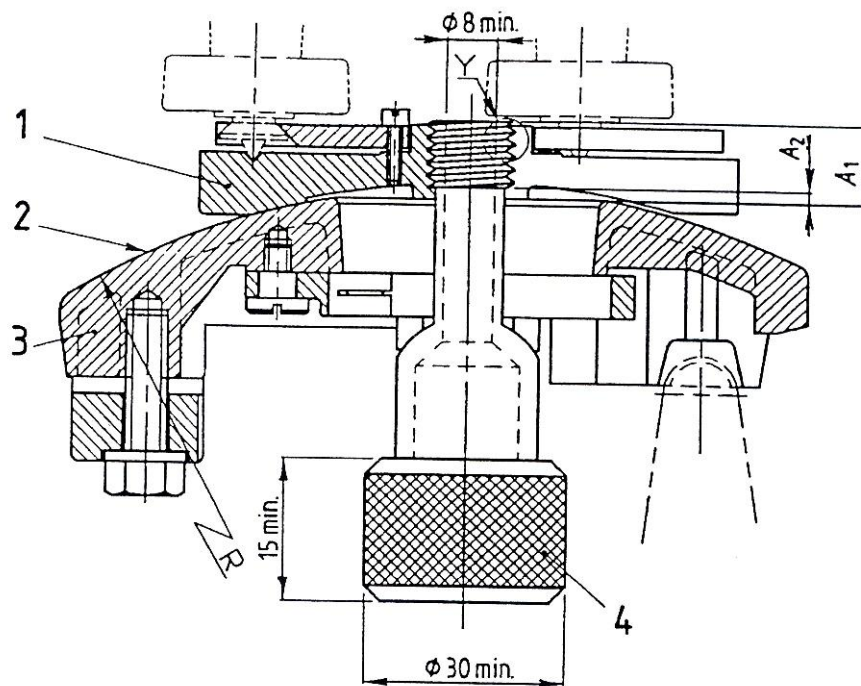
Glava stativa in srčni vijak sta narejena po izbiri proizvajalca. Noge stativa so tudi narejene po izbiri proizvajalca in so iz plastike, kovine ali iz lesa brez grč in iz ravnih vlaken.

Zaščita pred korozijo

Vsi sestavni deli morajo biti odporni proti ali zaščiteni pred korozijo. Noge stativa so lahko pobarvane z opozorilno barvo.



Slika 18: Prvi primer povezave stativa in instrumenta



Slika 19: Drugi primer povezave stativa in instrumenta

Legenda

- 1 Instrument
- 2 Stična površina
- 3 Glava stativa
- 4 Srčni vijak

9.3 ISO 17123: PREIZKUS GEODETSKIH INSTRUMENTOV NA TERENU

9.3.1 ISO 17123-1: 1. DEL: TEORIJA

Prvi del standarda ISO 17123 podaja teoretične osnove, ki jih uporabljamo pri podrobnih opisih postopkov preizkusa terestričnih geodetskih instrumentov. Preizkušamo nivelirje, teodolite, elektro-optične razdaljemere, elektronske tahimetre, ploskovne nivelirje in optična grezila. Ti terenski postopki so namenoma oblikovani tako, da se zmanjšajo vplivi meteoroloških pogojev na opazovanja in dopuščajo uporabo merskih metod, pri katerih lahko sistematične vplive zmanjšamo ali eliminiramo.

Standard opisuje, kako se izrazi natančnost geodetskih in merskih instrumentov. Natančnost geodetskih in merskih instrumentov se izrazi z empiričnim standardnim odklonom σ , ali varianco σ^2 . Varianca vzorca s^2 je cenilec za teoretično varianco populacije σ^2 . Ker so vse enačbe posameznih poglavij natančno opisane v samem standardu, jih ne bom omenjal.

Standard nadalje opisuje računanje empiričnega standardnega odklona več serij opazovanj ob predpostavki, da so dopustne vrednosti pravilne. Opisuje tudi računanje empiričnega standardnega odklona več serij opazovanj z uporabo srednjih vrednosti. Podaja tudi računanje empiričnega standardnega odklona več serij opazovanj z izravnavo, kot tudi računanje empiričnega standardnega odklona več serij opazovanj z uporabo dvojnih merjenj. Na koncu poglavja o enačbah je opisan tudi postopek računanja celotnega empiričnega standardnega odklona za več serij opazovanj.

V poglavjih o statističnih testih pridobimo odgovore na vprašanja, ki bodo podrobno obravnavana pri posameznih standardih (ISO 17123-2 do ISO 17123-7).

Sestavni del standardov ISO 17123 so tudi aneksi, ki na praktičen način prikažejo obravnavano tematiko (meritve, izračuni, statistični testi).

Zahteve

V vseh delih standarda ISO 17123 so podane zahteve, ki jih moramo upoštevati pred terenskim preizkusom. Ker so zahteve v vseh delih standarda praktično enake, jih bom navedel le enkrat. Najpomembnejše zahteve so:

- Pred pričetkom izvajanja opazovanj za določen projekt geodetskih del se mora operater prepričati, ali natančnost merske opreme ustreza zahtevani natančnosti.
- Merski pribor se uporablja po priporočilih proizvajalca.
- Na rezultate preizkusov vplivajo meteorološki pogoji, zlasti sprememba temperature. Najugodnejše vremenske razmere so ob oblačnem vremenu in rahlem vetru. Upoštevati je potrebno dejanske razmere v času merjenja in površje, nad katerim potekajo opazovanja.
- Rezultati preizkusov, izvedenih v laboratorijih, so skoraj v celoti neodvisni od meteoroloških vplivov. Taki preizkusi predstavljajo tudi precejšen strošek, zato za večino uporabnikov niso primerni. Poleg naštetega pa laboratorijski preizkusi zagotavljajo precej višjo natančnost kakor preizkusi, ki se izvajajo na prostem pri terenskih pogojih.

9.3.2 ISO 17123-2: 2. DEL: NIVELIRJI

Ta del standarda ISO 17123 opisuje terenske postopke, ki jih uporabljamo, ko določamo natančnost nivelirjev (primer nivelirja je na sliki 20) in pripadajoče pomožne opreme, ki jih uporabljamo pri terenskih merjenjih. S temi preizkusi lahko določimo in ovrednotimo natančnost instrumenta in njegove pripadajoče opreme pri opazovanjih v zaprtih prostorih, kakor tudi na prostem.

Opremo moramo uporabljati s stativi in nivelmanskimi latami, ki jih priporoči proizvajalec.



Slika 20: Digitalni nivelir DL 103

Vir: <http://www.topcon.co.jp/eng/survey/dl.html> (10.11.2006)

ISO 17123-2 opisuje dva različna terenska postopka preizkusa nivelirja in sicer postopek poenostavljenega preizkusa in postopek popolnega preizkusa. Uporabnik se glede na zahteve projekta odloči, kateri način preizkusa bo izbral.

9.3.2.1 POSTOPEK POENOSTAVLJENEGA PREIZKUSA

Ta preizkus podaja oceno ali je natančnost pribora znotraj navedenega dovoljenega odstopanja glede na standard ISO 4463-1.

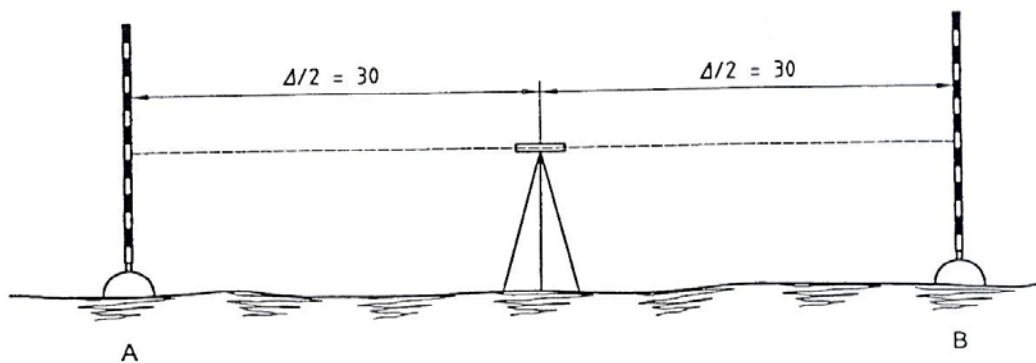
Ponavadi s tem preizkusom preverjamo natančnost nivelirjev, ki jih uporabljamo na gradbiščih. Preizkus temelji na omejenem številu meritev. Če je potrebna natančnejša ocenitev nivelirja, se priporoča postopek popolnega preizkusa.

a) Oblika preizkusne linije in meritve

Med opazovanji mora ostati vpliv refrakcije čim manjši, zato opazovanja izvajamo na čim bolj ravnem terenu. Dve nivelmansi točki A in B stabiliziramo $\Delta = 60$ m narazen. Za doseg zanesljivih rezultatov morata biti nivelmansi lati stabilizirani med preizkusnimi meritvami, kot tudi med ponavljanji meritev.

Pred začetkom merjenja se mora instrument prilagoditi temperaturi okolice (zahtevan čas je okrog dve minuti za 1°C temperaturne spremembe). Pred preizkusom moramo preveriti tudi pogrešek nehorizontalnosti vizurne osi.

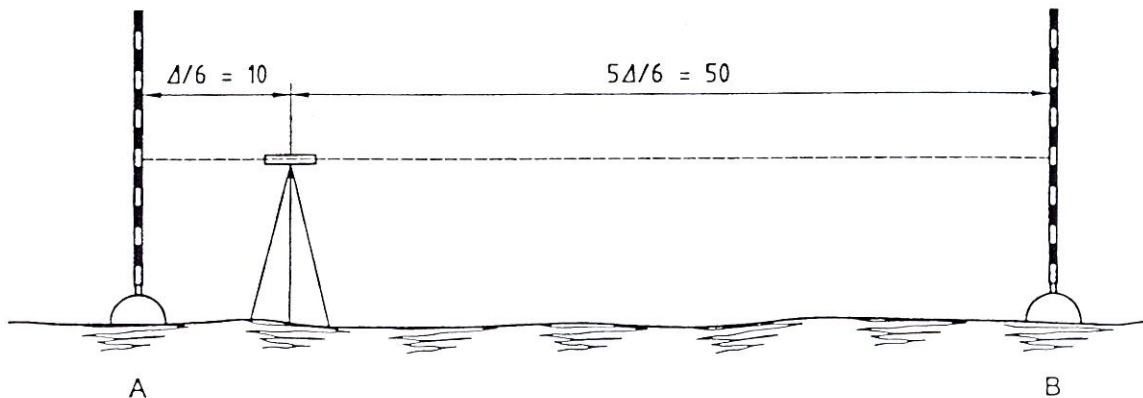
Izvedemo dva niza čitanj, pri prvem naj bo nivelir približno enako oddaljen od točk A in B ($\Delta/2 = 30$ m), kot kaže slika 21. S takšno postavitvijo zmanjšamo vpliv refrakcije in nehorizontalnost vizurne osi.



Slika 21: Prva oblika preizkusne linije za postopek poenostavljenega preizkusa

Izvedemo niz desetih meritev, vsaka meritev vsebuje en odčitek late zadaj, $x_{A,j}$, v točki A in en odčitek late spredaj, $x_{B,j}$, v točki B ($j = 1, \dots, 10$). Med vsakim parom odčitkov spremenimo višino instrumenta. Po petih meritvah ($x_{A,1}, x_{B,1}, \dots, x_{A,5}, x_{B,5}$) odčitavanje na lati zadaj in spredaj obrnemo za naslednjih pet meritev ($x_{B,6}, x_{A,6}, \dots, x_{B,10}, x_{A,10}$).

Za drugi niz čitanj nivelir postavimo $\Delta/6 = 10$ m od točke A in $5\Delta/6 = 50$ m od točke B. Nato spet izvedemo deset meritev ($x_{A,11}, x_{B,11}, \dots, x_{A,15}, x_{B,15}; x_{B,16}, x_{A,16}, \dots, x_{B,20}, x_{A,20}$) na isti način, kot je definirano za prvi niz meritev ($j = 11, \dots, 20$). Druga postavitev je prikazana na sliki 22.



Slika 22: Druga oblika preizkusne linije za postopek poenostavljenega preizkusa

b) Izračuni

Ker so vse enačbe v zvezi z izračunom višinskih razlik natančno opisane v samem standardu, jih ne bom posebej omenjal. Predstavil bom le glavne rezultate izračunov.

- \bar{d}_1 je aritmetična sredina višinskih razlik, d_j , prvega niza meritev. Ta vrednost predstavlja pravo višinsko razliko med točkama A in B.
- \bar{d}_2 je aritmetična sredina višinskih razlik, d_j , drugega niza meritev.

Razlika $\bar{d}_1 - \bar{d}_2$ mora biti znotraj določenega dovoljenega odstopanja $\pm p$ (skladno s standardom ISO 4463-1) za predvideno izmero. V primeru, da p ni podan, mora biti razlika $|\bar{d}_1 - \bar{d}_2| < 2,5 \times s$, kjer je s empirični standardni odklon, ki se izračuna.

Če je razlika $|\bar{d}_1 - \bar{d}_2|$ prevelika, to kaže na vizure, daljše od petdeset metrov, na refrakcijo, na nehorizontalnost vizurne osi, ...

V primeru prevelike razlike moramo preveriti pogrešek nehorizontalnosti vizurne osi in skrajšati dolžino vizure.

9.3.2.2 POSTOPEK POPOLNEGA PREIZKUSA

Postopek popolnega preizkusa omogoča določitev najvišje možne dosegljive natančnosti določenega nivelirja in njegove pripadajoče opreme pri terenskih pogojih. Zahtevane so enake dolžine vizur, priporočena dolžina vizure je trideset metrov (največje odstopanje 10 %).

Nehorizontalnost vizurne osi s tem preizkusom ne more biti odkrita.

S tem postopkom običajno terensko preizkušamo precizne nivelirje, z njim pa lahko določimo tudi:

- empirično natančnost nivelirja ene merske ekipe z enim instrumentom in pripadajočo opremo v določenem času,
- empirično natančnost enega instrumenta v nekem časovnem obdobju,
- empirične natančnosti vsakega od posameznih nivelirjev, z namenom primerjave njihovih doseženih natančnosti, ki bodo pridobljene pri podobnih terenskih pogojih.

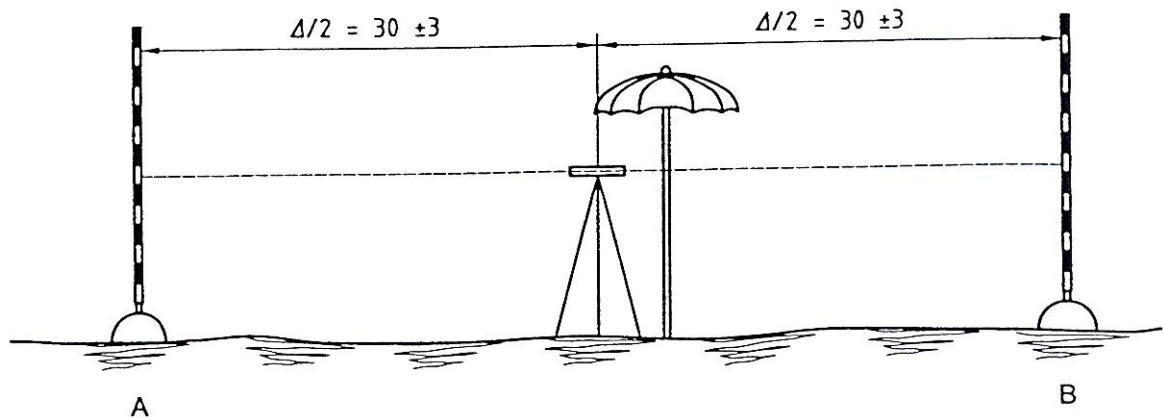
Te postavke določamo tudi pri popolnem preizkusu teodolitov, elektro-optičnih razdaljemerov, tahimetrov, ploskovnih nivelirjev in optičnih grezil. Postavke so za vse instrumente približno enake, zato jih v nadaljevanju ne bom več omenjal.

a) Oblika preizkusne linije in meritve

Med opazovanji mora ostati vpliv refrakcije čim manjši, zato opazovanja izvajamo na čim bolj ravnem terenu. Tla naj bodo trdna, vendar se izognemo asfaltnim in betonskim površinam. Pri neposredni sončni svetlobi instrument zasenčimo.

Dve nivelmanski točki A in B stabiliziramo $\Delta = 60$ m narazen. Za zagotovitev zanesljivih rezultatov, morata biti nivelmanski lati stabilizirani med preizkusnimi meritvami, kot tudi med ponavljanji meritev.

Nivelir naj bo približno enako oddaljen od točk A in B ($\Delta/2 = 30 \text{ m} \pm 3 \text{ m}$), kot kaže slika 23, da je zmanjšan vpliv refrakcije in nehorizontalnost vizurne osi.



Slika 23: Oblika preizkusne linije za postopek popolnega preizkusa

Pred začetkom meritev se mora instrument prilagoditi temperaturi okolice (zahtevan čas je okrog dve minuti za 1°C temperaturne spremembe). Pred preizkusom je potrebno preveriti tudi pogrešek nehorizontalnosti vizurne osi.

Izvedemo dva niza odčitkov. Prvi niz je sestavljen iz dvajsetih parov odčitkov, kjer vsaka meritev obsega en odčitek na lati zadaj, $x_{A,j}$, na nivelmanski lati v točki A in en odčitek na lati spredaj, $x_{B,j}$, na nivelmanski lati v točki B ($j = 1, \dots, 20$). Med vsakim parom odčitkov spremenimo višino instrumenta. Po desetih meritvah ($x_{A,1}, x_{B,1}, \dots, x_{A,10}, x_{B,10}$) odčitavanje na lati zadaj in spredaj obrnemo za naslednjih deset meritev ($x_{B,11}, x_{A,11}, \dots, x_{B,20}, x_{A,20}$). Nato nivelmanski lati na točkah A in B zamenjamo in postopek ponovimo še dvajsetkrat na isti način, kot je opisano za prvi niz meritev ($x_{A,21}, x_{B,21}, \dots, x_{A,30}, x_{B,30}; x_{B,31}, x_{A,31}, \dots, x_{B,40}, x_{A,40}$).

b) Izračuni

Empirični standardni odklon s , izračunan po spodnji enačbi, je merodajen za višinske razlike do dolžine šestdeset metrov:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^{40} r_j^2}{v}} = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^{40} r_j^2}{38}} ; \quad (23)$$

kjer je r odstopanje merjene višinske razlike od povprečne vrednosti, v je število prostostnih stopenj.

$s_{ISO-LEV}$ je empirični standardni odklon 1 km dvojnega nivelmana, izračunamo ga po enačbi:

$$s_{ISO-LEV} = \frac{S}{\sqrt{2}} \times \sqrt{\frac{1000m}{60m}} = s \times 2,89 \quad (24)$$

Izpeljava in enačbe, ki vodijo do zgornjih dveh odklonov, so pojasnjene v standardu.

c) Statistični testi

Priporoča se, da se statistični testi izvedejo samo za postopek popolnega preizkusa (tudi pri preizkusih vseh v nadaljevanju obravnavanih instrumentov). Za interpretacijo rezultatov statistični testi obravnavajo empirični standardni odklon s , višinske razlike opazovane na preizkusni liniji in razliko v ničelni točki izravnave dveh nivelmanskih lat, ter njun empirični standardni odklon.

Statistični testi zagotovijo odgovore na naslednja vprašanja:

- ali je izračunan empirični standardni odklon s manjši ali enak tistemu, ki ga navede proizvajalec σ ?
- ali dva empirična standardna odklona s in \tilde{s} , ki sta bila pridobljena iz dveh različnih vzorcev opazovanj, pripadata isti populaciji ob predpostavki, da imata oba vzorca enako število prostostnih stopenj v ?
- ali je razlika δ v ničelni točki izravnave dveh nivelmanskih lat enaka nič?

Za te teste izberemo stopnjo zaupanja $1 - \alpha = 0,95$ in število prostostnih stopenj 38.

Vprašanje a)

Ničelno hipotezo, ki navaja, da je izračunan empirični standardni odklon s manjši ali enak tistemu, ki ga navede proizvajalec σ , sprejmemo, če velja naslednje:

$$s \leq \sigma \times 1,19 \quad (25)$$

V nasprotnem primeru ničelno hipotezo zavrnemo in sprejmemo alternativno hipotezo ($s > \sigma$).

Vprašanje b)

Ničelno hipotezo, ki navaja, da dva empirična standardna odklona s in \tilde{s} , ki sta bila določena iz dveh različnih vzorcev opazovanj, pripadata isti populaciji, če predpostavimo, da imata oba vzorca enako število prostostnih stopenj ν , sprejmemo, če velja naslednje:

$$0,52 \leq \frac{s^2}{\tilde{s}^2} \leq 1,91 \quad (26)$$

V nasprotnem primeru ničelno hipotezo zavrnemo in sprejmemo alternativno hipotezo ($\sigma \neq \tilde{\sigma}$).

Vprašanje c)

Hipotezo enakosti srednjih vrednosti \bar{d}_1 in \bar{d}_2 (ničelna hipoteza od δ) sprejmemo, če velja naslednje:

$$|\delta| \leq \frac{s}{\sqrt{10}} 2,02 \quad (27)$$

V nasprotnem primeru ničelno hipotezo zavrnemo in sprejmemo alternativno hipotezo ($\delta \neq 0$).

9.3.3 ISO 17123-3: 3. DEL: TEODOLITI

Ta del standarda ISO 17123 opisuje terenske postopke, ki jih uporabljamo, ko določamo natančnost teodolitov (primer teodolita je na sliki 24) in njihove pomožne opreme, ki jih uporabljamo pri terenskih meritvah. S temi preizkusi lahko določimo in ovrednotimo natančnost instrumenta in njegove opreme pri opazovanjih v zaprtih prostorih, kakor tudi na prostem.

Natančnost teodolitov izražamo z empiričnim standardnim odklonom horizontalne smeri, opazovane enkrat v obeh krožnih legah daljnogleda, oziroma z empiričnim standardnim odklonom zenitne razdalje, opazovane enkrat v obeh krožnih legah daljnogleda.



Slika 24: Teodolit Leica TM5100A

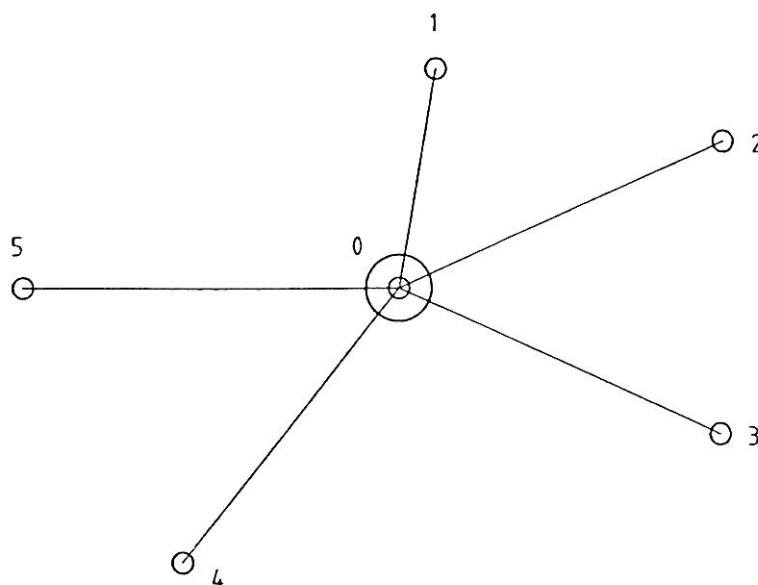
Vir: <http://www.geoservis.si/main.php?pg=produkti.htm> (10.11.2006)

Standardiziran postopek preizkusa ISO 17123-3 opisuje dva različna terenska postopka preizkusa teodolita za horizontalne smeri in zenitne razdalje in sicer poenostavljeni preizkus in popolni preizkus. Uporabnik izbere tisti način preizkusa, ki bolj ustreza projektnim zahtevam.

9.3.3.1 MERJENJE HORIZONTALNIH SMERI

a) Oblika preizkusne baze in meritve

Točke (štiri za postopek poenostavljenega in pet za postopek popolnega preizkusa) stabiliziramo s stativi in signaliziramo z vizirnimi signali po približno horizontalnem terenu. Točke naj bodo oddaljene od 100 m do 250 m od instrumenta in razporejene enakomerno okrog horizonta, kot kaže slika 25.



Slika 25: Preizkusna baza za opazovanja horizontalnih smeri

Pri postopku poenostavljenega preizkusa izvedemo eno serijo opazovanj. Pri postopku popolnega preizkusa izvedemo štiri serije opazovanj pri različnih, vendar ne ekstremnih vremenskih pogojih.

Vsaka serija opazovanj je sestavljena iz treh girusov z vizurami proti štirim ali petim točkam (odvisno od preizkusa).

Potrebno je omeniti, da pri tarčah, oddaljenih sto metrov, napačno centriranje za dva milimetra lahko vpliva na opazovane smeri do 4" (1,3 mgon), zato je posebna pozornost pri popolnem preizkusu namenjena centriranju instrumenta na stabilizirano točko.

Dosegljive natančnosti centriranja, izražene z empiričnim standardnim odklonom, so sledeče:

- grezilo z vrstico: 1 do 2 mm (slabša natančnost v vetrovnem vremenu),
- optično oziroma lasersko grezilo: 0.5 mm (odvisno od natančnosti, ki jo navaja proizvajalec),
- togo grezilo: 1 mm.

Horizontalne smeri opazujemo po girusni metodi. Točke morajo biti opazovane v vsakem girusu v smeri gibanja urnega kazalca v prvi krožni legi daljnogleda, v drugi krožni legi daljnogleda pa v nasprotni smeri urnega kazalca.

Po vsakem girusu premaknemo horizontalni krog za približno 60° (67 gon). V primeru elektronskih teodolitov, kjer to ni mogoče, lahko podnožje teodolita premaknemo za največ 120° .

b) Postopek poenostavljenega preizkusa in izračun

Ta preizkus podaja oceno ali je natančnost uporabljenega teodolita znotraj navedenega dovoljenega odstopanja glede na standard ISO 4463-1. Ponavadi s tem preizkusom preverjamo, ali je natančnost merske opreme primerna za izvajanje določenih geodetskih del. Preizkus temelji na omejenem številu meritev. Če je potrebna natančnejša ocenitev merskega instrumentarija in opreme, se priporoča popolni test.

Ocenitev merskih vrednosti je izravnava po metodi najmanjših kvadratov enačb opazovanj.

Empirični standardni odklon s smeri enega niza, opazovanega v enem girusu v obeh krožnih legah daljnogleda, izračunamo po enačbi:

$$s = \sqrt{\frac{\sum r^2}{v}} = \sqrt{\frac{\sum r^2}{6}}; \quad (28)$$

kjer je r odstopanje, v pa število prostostnih stopenj treh girusov opazovanj proti štirim točkam $((3 - 1) \times (4 - 1))$.

Celotna izpeljava je podana v standardu.

c) Postopek popolnega preizkusa in izračun

S tem preizkusom določamo najvišjo možno dosegljivo natančnost določenega teodolita in njegove opreme pri določenih terenskih pogojih. Postopek omogoča določitev empiričnega standardnega odklona enkrat opazovane horizontalne smeri v obeh krožnih legah, oziroma enkrat opazovane zenitne razdalje v obeh krožnih legah ($s_{ISO-THEO-HZ}$ in $s_{ISO-THEO-V}$).

Ocenitev merskih vrednosti je izravnava enačb opazovanja. Vsak od štirih girusov meritev mora biti ocenjen posebej.

Empirični standardni odklon s_i smeri, opazovane v enem girusu v obeh krožnih legah daljnogleda, izračunamo po enačbi:

$$s_i = \sqrt{\frac{\sum r_i^2}{8}}; \quad (29)$$

kjer je osem število prostostnih stopenj treh girusov opazovanj proti petim točkam $((3 - 1) \times (5 - 1))$, r pa odstopanje.

Empirični standardni odklon s horizontalne smeri, opazovane v enem girusu v obeh krožnih legah, izračunan iz štirih serij opazovanj pri 32 (4×8) prostostnih stopnjah, izračunamo po enačbi:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^4 s_i^2}{4}} = s_{ISO-THEO-HZ} \quad (30)$$

Celotna izpeljava je podana v standardu.

d) Statistični testi

Statistični testi obravnavajo empirični standardni odklon s horizontalne smeri opazovane v obeh krožnih legah.

S statističnimi testi dobimo odgovor na naslednji dve vprašanji:

- a) ali je izračunan empirični standardni odklon s manjši ali enak vrednosti, ki jo navede proizvajalec σ ?
- b) ali dva empirična standardna odklona s in \tilde{s} , ki sta bila določena iz dveh različnih vzorcev opazovanj, pripadata isti populaciji, če predpostavimo, da imata oba vzorca enako število prostostnih stopenj ν ?

Za te teste izberemo interval zaupanja $1 - \alpha = 0,95$ in število prostostnih stopenj 24 za x in y koordinate, ter število prostostnih stopenj 15 za z koordinato.

Vprašanje a)

Ničelno hipotezo, ki navaja, da je empirični standardni odklon s manjši ali enak teoretični ali vnaprej določeni vrednosti σ sprejmemo, če velja naslednje:

$$s \leq \sigma \times 1,20 \quad (31)$$

V nasprotnem primeru ničelno hipotezo zavrnemo in sprejmemo alternativno hipotezo ($s > \sigma$).

Vprašanje b)

V primeru dveh različnih vzorcev test pokaže, ali dva empirična standardna odklona s in \tilde{s} , ki sta bila določena iz dveh različnih vzorcev opazovanj, pripadata isti populaciji. Ničelno hipotezo sprejmemo, če velja naslednje:

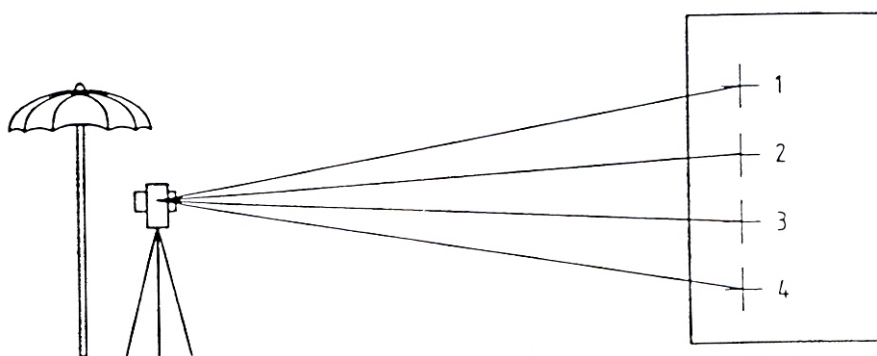
$$0,49 \leq \frac{s^2}{\tilde{s}^2} \leq 2,02 \quad (32)$$

V nasprotnem primeru ničelno hipotezo zavrnemo in sprejmemo alternativno hipotezo ($\sigma \neq \tilde{\sigma}$).

9.3.3.2 MERJENJE ZENITNIH RAZDALJ

a) Oblika preizkusne baze in meritve

Teodolit postavimo približno petdeset metrov stran od visoke stavbe. Na tej stavbi izberemo dobro definirane točke (deli oken, anten, vogali opek, ...). Točke razporedimo tako, da znaša višinski kot med najnižjo in najvišjo točko približno 30° , kot kaže slika 26.



Slika 26: Preizkusna baza za opazovanja zenitnih razdalj

Pred začetkom merjenja se mora instrument prilagoditi temperaturi okolice (zahtevan čas je okrog dve minuti za 1°C temperaturne spremembe).

Pri postopku poenostavljenega preizkusa izvedemo eno serijo meritev. V vsaki seriji meritev se izvedejo trije girusi, v katerih opazujemo štiri točke.

Pri postopku popolnega preizkusa izvedemo štiri serije meritev pri spremenljivih, vendar ne ekstremnih vremenskih pogojih. V vsaki seriji meritev izvedemo tri giruse, v katerih opazujemo štiri točke. Opazovanja v vseh girusih izvedemo najprej v prvi krožni legi v vrstnem redu od prve do četrte točke, nato pa v drugi krožni legi v vrstnem redu od četrte do prve točke.

b) Izračuni

Ocenitev merskih vrednosti je izravnava po metodi najmanjših kvadratov enačb opazovanja.

Pri postopku popolnega preizkusa mora biti vsak od štirih girusov ocenjen posebej.

Empirični standardni odklon s_i zenitne razdalje ene serije, opazovane v enem girusu v obeh krožnih legah daljnogleda, izračunamo po enačbi:

$$s_i = \sqrt{\frac{\sum r_i^2}{v_i}} = \sqrt{\frac{\sum r_i^2}{8}}; \quad (33)$$

kjer je r odstopanje, v_i pa število prostostnih stopenj treh girusov zenitnih razdalj proti štirim točkam; $(3 - 1) \times 4$.

Empirični standardni odklon s zenitne razdalje, opazovane enkrat v obeh krožnih legah, izračunan iz vseh štirih serij opazovanj, pri 32 (4×8) prostostnih stopnjah, izračunamo po enačbi:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^4 s_i^2}{4}} = s_{ISO-THEO-V} \quad (34)$$

Celotna izpeljava je podana v standardu.

c) Statistični testi

Za razliko od testov pri horizontalnih smereh je pri zenitnih razdaljah potrebno odgovoriti na tri vprašanja. Vprašanja a) in b) sta enaki in ponujata enaka rezultata, kot pri horizontalnih smereh. Interval zaupanja in število prostostnih stopenj je enako, kot pri horizontalnih smereh.

c) ali je indeksni pogrešek δ enak nič?

Ničelno hipotezo, ki navaja, da je indeksni pogrešek enak nič sprejmemo, če velja naslednje:

$$|\delta| \leq \frac{s}{\sqrt{48}} \times 2,04 \quad (35)$$

V nasprotnem primeru ničelno hipotezo zavrnemo in sprejmemo alternativno hipotezo ($\delta \neq 0$).

9.3.4 ISO 17123-4: 4. DEL: ELEKTRO – OPTIČNI RAZDALJEMERI

Ta del standarda ISO 17123 opisuje terenske postopke, ki jih uporabljamo, ko določamo natančnost elektro – optičnih razdaljemerov in njihove pomožne opreme, ki jih uporabljamo pri terenskih geodetskih merjenjih. S temi preizkusi lahko določimo in ovrednotimo natančnost instrumenta in njegove pripadajoče opreme pri opazovanjih v zaprtih prostorih, kakor tudi na terenu.

Pribor moramo uporabljati s stativi, opremo za prisilno centriranje in reflektorji, ki jih priporoči proizvajalec.

ISO 17123-4 opisuje dva različna terenska postopka preizkusa elektro-optičnega razdaljemera in sicer postopek poenostavljenega preizkusa in postopek popolnega preizkusa. Operater izbere tisti postopek, ki bolj ustreza projektnim zahtevam, oziroma se glede na določene zahteve projekta sam odloči, kateri postopek bo izbral.

9.3.4.1 POSTOPEK POENOSTAVLJENEGA PREIZKUSA

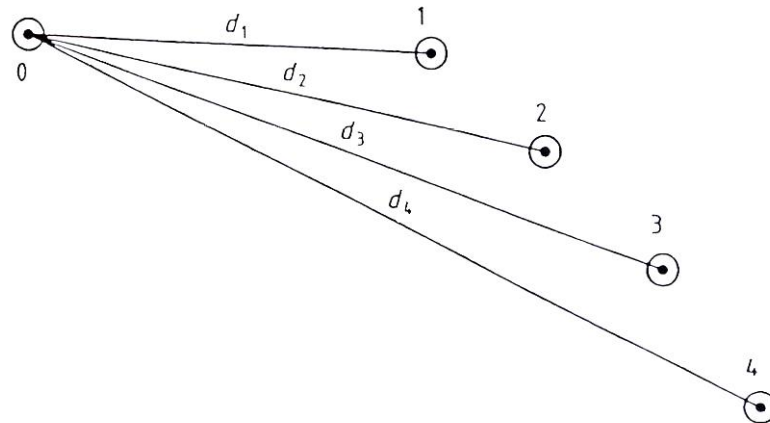
Ta preizkus podaja oceno ali je natančnost pribora znotraj navedenega dovoljenega odstopanja glede na standard ISO 4463-1.

Preizkus temelji na omejenem številu opazovanj. Zanaša se na preizkusni teren z dolžinami, ki so sprejete kot prave vrednosti. Če na takem terenu opazovanj ne moremo izvajati, moramo obvezno določiti neznane dolžine z uporabo instrumentarija višje natančnosti, kot je zahtevana za določen projekt ali uporabiti elektro - optični razdaljemer, preizkušen takoj po kalibriranju.

Če je potrebna natančnejša ocenitev elektro - optičnega instrumenta, se priporoča popolni preizkus.

a) Oblika preizkusne baze in meritve

Na preizkusnem terenu postavimo instrument in štiri trajno stabilizirane reflektorje, ki so od instrumenta oddaljeni od dvajset do dvesto metrov, kot je prikazano na sliki 27.



Slika 27: Oblika preizkusne baze za postopek poenostavljenega preizkusa

Če trajna stabilizacija reflektorjev ni mogoča, točke reflektorskih postaj označimo tako, da jih ni možno uničiti.

Za vzpostavitev preizkusnega terena moramo vsako dolžino izmeriti najmanj trikrat, iz teh meritev izračunamo srednjo vrednost. Srednje vrednosti popravimo za odstopanja od temperature in zračnega tlaka, ki ju merimo v ta namen. Na osnovi teh meritev določimo potrebne popravke srednjih vrednosti štirih dolžin.

Srednje vrednosti popravimo za 1 ppm za vsako odstopanje od 1°C temperature in/ali za vsako odstopanje od 3 hPa (3 mbar) zračnega tlaka.

Popravljene srednje vrednosti štirih dolžin upoštevamo kot prave vrednosti ($\overline{x}_1 = d_1, \dots$).

Pri postavitvi instrumenta moramo biti pozorni na natančno centriranje.

Vsako dolžino izmerimo trikrat. Kot rečeno, izmerimo tudi temperaturo in zračni tlak za določitev meteoroloških popravkov. Merjene dolžine x_1, x_2, x_3, x_4 so srednje vrednosti treh meritev, popravljene za atmosferske vplive.

b) Izračun

Vse razlike $\bar{x}_j - x_j$ morajo biti znotraj določenega dovoljenega standardnega odklona $\pm p$ (glede na standard ISO 4463-1) za izmero, ki jo bomo izvajali. Če odklon p ni podan, morajo biti vse razlike $|\bar{x}_j - x_j| \leq 2,5 \times s$, kjer je s empirični standardni odklon posamezne meritve, določen pri postopku popolnega preizkusa.

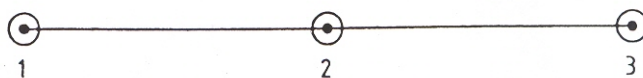
Če so razlike $|\bar{x}_j - x_j|$ prevelike za izvajano nalogo, moramo poiskati vzroke pogoškov.

V primeru, da imajo vse razlike $\bar{x}_j - x_j$ isti predznak, je možna prisotnost sistematičnega pogoška (pogrešek popravka ničelne točke, pogrešek merila). Če sistematičnega pogoška ne moremo določiti, opravimo postopek popolnega preizkusa. Če sumimo na pogrešek merila, je potrebno preveriti mersko frekvenco elektro - optičnega instrumenta.

Za preverjanje popravka ničelne točke δ vzpostavimo začasno horizontalno linijo (dolgo okrog petdeset metrov) z najmanj tremi točkami. Trije stativi, ki jih prisilno centriramo, določajo linijo, prikazano na sliki 28.

Popravek ničelne točke se iz merjenih dolžin med stativi izračuna po enačbi:

$$\delta = \bar{1,3} - \bar{1,2} - \bar{2,3}. \quad (36)$$



Slika 28: Začasna linija za preverjanje popravka ničelne točke

9.3.4.2 POSTOPEK POPOLNEGA PREIZKUSA

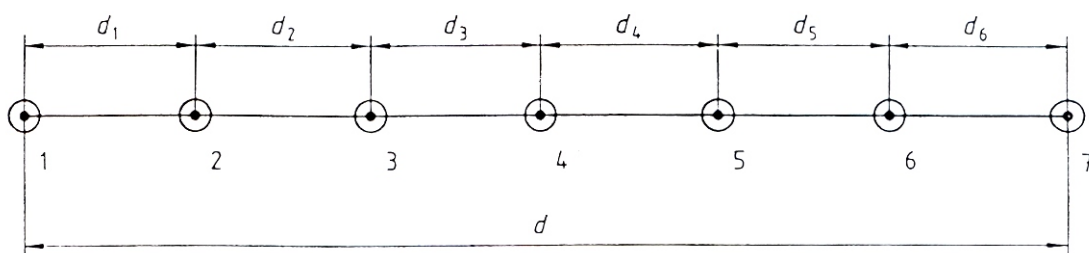
S tem preizkusom določamo najvišjo možno dosegljivo natančnost določenega elektro - optičnega razdaljmera in njegove pripadajoče opreme pod določenimi terenskimi pogoji. Postopek temelji na merjenju dolžin v vseh kombinacijah preizkusne linije brez nominalnih vrednosti. Empirični standardni odklon ($s_{ISO-EDM}$) posameznega merjenja dolžine določimo z izravnavo po metodi najmanjših kvadratov dolžin v vseh kombinacijah.

Pogreškov merila elektro - optičnega instrumenta s tem postopkom ne moremo odkriti, kar pa ne predstavlja težav, ker ti pogreški ne vplivajo na empirični standardni odklon s , kakor tudi ne na popravek ničelne točke δ .

a) Oblika preizkusne linije in meritve

Ravno linijo, dolgo približno šeststo metrov, vzpostavimo na horizontalno površino s sedmimi točkami, kot je prikazano na sliki 29. Med preizkusom morajo biti točke stabilne. Da pridobimo značilne vrednosti s in δ , točke izberemo tako, da so deli merjenih dolžin, določeni s faznimi meritvami s frekvenco, enakomerno porazdeljeni preko merske skale instrumenta.

Postopek izračuna šestih dolžin preizkusne linije in celotne dolžine je podan v standardu.



Slika 29: Oblika preizkusne linije za postopek popolnega preizkusa

Vse možne dolžine (21) med sedmimi točkami moramo izmeriti isti dan. Z izmenjavo prisilnega centriranja odstranimo pogreške centriranja. Uporabiti moramo zadostno število prizem, kar zagotavlja, da so vse dolžine merjene z dobrim povratnim signalom. Z izmero dolžin začnemo ob dobri vidljivosti in ne preveč sončnem, najbolje rahlo oblačnem vremenu. Pogosto je potrebno meriti temperaturo in zračni tlak, da pridobimo zanesljive meteorološke popravke.

b) Izračun

Postopek izračuna popravljenih vrednosti in popravka ničelne točke je izpeljan v standardu, predstavil bom dva končna rezultata.

Empirični standardni odklon posamezno merjene dolžine izračunamo po enačbi:

$$s = \sqrt{\frac{\sum r^2}{14}} = s_{ISO-EDM} \quad (37)$$

Empirični standardni odklon popravka ničelne točke pa po enačbi:

$$s_\delta = s \times \frac{1}{\sqrt{5}} = s \times 0,45 \quad (38)$$

c) Statistični testi

Za interpretacijo rezultatov uporabimo statistične teste, ki obravnavajo empirični standardni odklon s , dolžine merjene na preizkusni liniji in popravek ničelne točke elektro - optičnega razdaljemera, ter njegov empirični standardni odklon.

S statističnimi testi dobimo odgovor na naslednja tri vprašanja:

- ali je izračunan empirični standardni odklon s manjši od tistega, ki ga navede proizvajalec σ ?
- ali dva empirična standardna odklona s in \tilde{s} , ki sta bila določena iz dveh različnih vzorcev opazovanj, pripadata isti populaciji, če predpostavimo, da imata oba vzorca enako število prostostnih stopenj ν ?
- ali je popravek ničelne točke δ enak nič ali, če so uporabljene prizme z danim popravkom ničelne točke δ_0 , je $\delta = \delta_0$?

Za te teste izberemo interval zaupanja $1 - \alpha = 0,95$ in število prostostnih stopenj 14.

Vprašanje a)

Ničelno hipotezo, ki navaja, da je empirični standardni odklon s manjši ali enak teoretični ali vnaprej določeni vrednosti σ sprejmemo, če velja naslednje:

$$s \leq \sigma \times 1,30 \quad (39)$$

V nasprotnem primeru ničelno hipotezo zavrnemo in sprejmemo alternativno hipotezo ($s > \sigma$).

Vprašanje b)

Ničelno hipotezo, ki navaja, da dva empirična standardna odklona s in \tilde{s} , ki sta bila določena iz dveh različnih vzorcev opazovanj, pripadata isti populaciji, sprejmemo, če velja naslednje:

$$0,34 \leq \frac{s^2}{\tilde{s}^2} \leq 2,98 \quad (40)$$

V nasprotnem primeru ničelno hipotezo zavrnemo in sprejmemo alternativno hipotezo ($\sigma \neq \tilde{\sigma}$).

Vprašanje c)

Hipotezo enakosti popravka ničelne točke δ in δ_0 sprejmemo, če velja naslednje:

$$|\delta - \delta_0| \leq \frac{s}{\sqrt{5}} 2,14 \quad (41)$$

V nasprotnem primeru ničelno hipotezo zavrnemo in sprejmemo alternativno hipotezo ($\delta \neq \delta_0$).

9.3.5 ISO 17123-5: 5. DEL: ELEKTRONSKI TAHIMETRI

Standard ISO 17123-5 opisuje terenske postopke, ki jih uporabljamo, kadar želimo določiti in oceniti natančnost elektronskih tahimetrov (primer tahimetra je na sliki 30) in njihove pomožne opreme, ki jih uporabljamo pri meritvah na terenu. S temi preizkusi lahko določimo in ovrednotimo natančnost instrumenta in njegove opreme pri opazovanjih v zaprtih prostorih, kot tudi na prostem.

Pri izvedbi standardiziranega postopka moramo poleg merske opreme uporabiti ustrezno dodatno opremo (podnožja, odbojne prizme), ki jo priporoči proizvajalec.



Slika 30: Elektronski tahimeter Leica TPS400

Vir: <http://www.geoservis.si/main.php?pg=produkti.htm> (10.11.2006)

ISO 17123-5 opisuje dva različna terenska postopka preizkusa elektronskega tahimetra in sicer postopek poenostavljenega preizkusa in postopek popolnega preizkusa.

Operater se glede na zahteve določenega projekta, oziroma merske naloge odloči, katerega od dveh načinov preizkusa bo izbral.

9.3.5.1 POSTOPEK POENOSTAVLJENEGA PREIZKUSA

Ta preizkus podaja oceno, ali je natančnost elektronskega tahimetra in opreme znotraj navedenega dovoljenega odstopanja glede na standard ISO 4463-1.

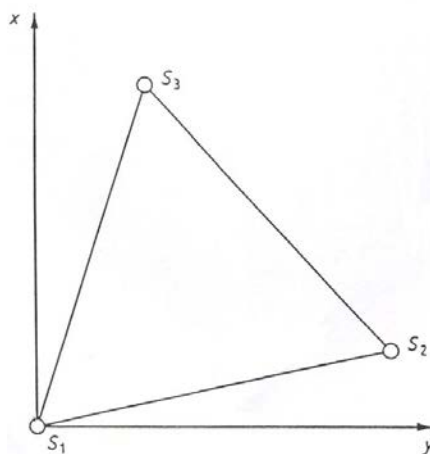
Preizkus temelji na omejenem številu meritev, meritve izvajamo za x , y in z koordinate brez nominalnih vrednosti. Zaradi vpliva atmosferske refrakcije je natančnost x in y koordinat drugačna, kot natančnost z koordinat, zato natančnost koordinat obravnavamo ločeno. Največjo razliko izračunamo kot kazalec za natančnost.

Če je potrebna natančnejša ocenitev elektronskega tahimetra, se priporoča popolni preizkus.

a) Oblika preizkusne baze in meritve

Tri točke S_j ($j=1,2,3$), nad katere centriramo instrument, postavimo v obliki trikotnika, kot kaže slika 31.

Dolžine stranic izberemo glede na dejansko geodetsko mrežo (100 m do 200 m), višine z_j naj bodo različne.



Slika 31: Oblika preizkusne baze za določitev koordinat

Pred začetkom meritev mora biti instrument nastavljen tako, kot predpisuje proizvajalec. Vse koordinate moramo določiti v istem dnevu. Na vsakem stojišču izmerimo temperaturo zraka in zračni tlak, da lahko določimo meteorološke popravke za opazovane dolžine. Dolžine popravimo za faktor 10^{-6} (ppm) za vsako odstopanje od 1°C temperature in/ali za vsako

spremembo zračnega tlaka za 3 mbar. Uporabiti moramo tudi pravilno vrednost adicijske konstante.

Osnujemo poljuben koordinatni sistem (x, y, z) , kjer točki S_1 določimo poljubne koordinate (npr. 1 000, 2 000, 300). Ničelno čitanje horizontalnega kroga definira x os.

Iz vsake točke S_j ($j=1,2,3$) izmerimo koordinate drugih dveh točk v lokalnem koordinatnem sistemu.

Rezultate meritev iz točke S_1 uporabimo kot koordinate za točki S_2 in S_3 individualno za kasnejše meritve. Za orientacijo izvedemo samo eno merjenje nazaj proti točki S_1 . Vsa opazovanja izvedemo v eni krožni legi daljnogleda.

V standardu je podana shema opazovanja za postopek poenostavljenega preizkusa in je ne bom posebej opisoval.

b) Izračuni

Najprej izračunamo koordinatne razlike d_1, d_2, \dots, d_9 (podano v standardu), nato pa polovični razliki največje razlike $d_{x,y}$ in d_z .

$$d_{x,y} = \frac{1}{2} \max |d_i|; i = 1, \dots, 6 \quad (42)$$

$$d_z = \frac{1}{2} \max |d_i|; i = 7, 8, 9 \quad (43)$$

Polovični razliki $d_{x,y}$ in d_z morata biti znotraj dovoljenega odstopanja $\pm p_{x,y}$ in $\pm p_z$ (skladno s standardom ISO 4463-1) za predviden projekt geodetskih del..

Če $\pm p_{x,y}$ in $\pm p_z$ nista podana, sta polovični razliki $d_{x,y} \leq 2,5 \times s_{ISO-TACH-XY}$ in $d_z \leq 2,5 \times s_{ISO-TACH-Z}$ empirična standardna odklona x, y in z meritev, določena glede na postopek popolnega preizkusa z istim instrumentom.

Če sta polovični razliki $d_{x,y}$ in d_z preveliki za predvideno mersko nalogo, je potrebno ugotoviti glavne vzroke odstopanj.

9.3.5.2 POSTOPEK POPOLNEGA PREIZKUSA

S tem preizkusom določamo najvišjo možno dosegljivo natančnost določenega elektronskega tahimetra in njegove pripadajoče opreme, ki jo lahko dosežemo v določenih terenskih pogojih. Postopek temelji na merjenju koordinat na preizkusni bazi brez nominalnih vrednosti. Empirični standardni odklon opazovane koordinate ene točke določimo z izravnavo po metodi najmanjših kvadratov.

Pri postavitvi tahimetra v različnih serijah je treba posebno pozornost nameniti centriranju instrumenta nad stabilizirano točko.

Dosegljive natančnosti centriranja, izražene z empiričnim standardnim odklonom so sledeče:

- grezilo z vrstico: 1 do 2 mm (slabša natančnost v vetrovnem vremenu),
- optično oziroma lasersko grezilo: 0.5 mm (odvisno od natančnosti, ki jo navaja proizvajalec),
- togo grezilo: 1 mm.

Za preizkus se zaradi zgornjih razlogov priporoča uporaba prisilnega centriranja. Pri tarčah oddaljenih sto metrov lahko napačno centriranje za dva milimetra vpliva na opazovano smer do 4" (1,3 mgon).

Ta postopek se uporablja za določitev empiričnega standardnega odklona koordinate, opazovane enkrat v obeh krožnih legah daljnogleda: $s_{ISO-TACH-XY}$, $s_{ISO-TACH-Z}$.

Oblika preizkusne baze je enaka kot pri poenostavljenem preizkusu (glej poglavje 9.8.1.1 in sliko 31).

a) Meritve

Pred pričetkom opazovanj moramo instrument nastaviti tako, kot navaja proizvajalec. Vse koordinate moramo izmeriti na isti dan. Kot rečeno, uporabimo prisilno centriranje.

Opazovanja izvedemo v treh serijah ($m = 3$, za $i = 1, \dots, m$). Pri vsaki seriji mora biti instrument postavljen nad eno od $n = 3$ točk S_j preizkusnega trikotnika v točno določenem vrstnem redu; npr. $S_1 \rightarrow S_2 \rightarrow S_3 \rightarrow S_1 \rightarrow S_2 \dots$

Instrument moramo nad vsako točko pazljivo horizontirati, na stojiščih izmerimo temperaturo in zračni tlak, s čimer pridobimo zanesljive meteorološke popravke za korekcijo opazovanih dolžin.

Koordinate (x_j, y_j, z_j) na vsakem stojišču nastavimo na nič $(0, 0, 0)$.

Koordinate drugih dveh točk trikotnika opazujemo v obeh krožnih legah daljnogleda.

Pri opazovanju koordinatnih razlik z med stojiščno in opazovano točko moramo upoštevati razliko δ med višino instrumenta in višino odbojne prizme. Ta razlika ima enako vrednost v vseh opazovanjih, ker je prava vrednost δ neznanka v postopku izravnave. Zato moramo uporabiti enako prizmo ali dve prizmi istega tipa.

V standardu je podan vrstni red opazovanj in ga ne bom posebej opisoval.

b) Izračuni - natančnost x, y koordinat

Postopek izračuna natančnosti x in y koordinat je izpeljan v standardu, predstavil bom končni rezultat.

Empirični standardni odklon ene x ali y koordinate, opazovane enkrat v obeh krožnih legah daljnogleda, izračunamo po enačbi:

$$s_{XY} = \sqrt{\frac{\sum r^2_{XY}}{24}} = s_{ISO-TACH-XY}. \quad (44)$$

c) Izračuni - natančnost z koordinat

Postopek izračuna natančnosti z koordinat je izpeljan v standardu, predstavil bom končni rezultat.

Empirični standardni odklon ene z koordinate, opazovane enkrat v obeh krožnih legah daljnogleda, izračunamo po enačbi:

$$s_z = \sqrt{\frac{\sum r^2 Z}{15}} = s_{ISO-TACH-Z}. \quad (45)$$

d) Statistični testi

Statistični testi za interpretacijo rezultatov obravnavajo empirični standardni odklon s ene koordinate, opazovane v preizkusnem trikotniku.

Pri teh testih dobimo odgovora na naslednji dve vprašanji:

- ali je izračunan empirični standardni odklon s manjši ali enak od tistega, ki ga navede proizvajalec σ ?
- ali dva empirična standardna odklona s in \tilde{s} , ki sta bila določena iz dveh različnih vzorcev opazovanj, pripadata isti populaciji, če predpostavimo, da imata oba vzorca enako število prostostnih stopenj ν ?

Za te teste izberemo interval zaupanja $1 - \alpha = 0,95$ in število prostostnih stopenj 14.

Vprašanje a)

Ničelno hipotezo, ki navaja, da je empirični standardni odklon s manjši ali enak teoretični ali vnaprej določeni vrednosti σ sprejmemo, če velja naslednje:

$$s \leq \sigma \times 1,23 \text{ (za } x \text{ in } y \text{ koordinati)} \quad (46)$$

$$s \leq \sigma \times 1,29 \text{ (za } z \text{ koordinato)} \quad (47)$$

V nasprotnem primeru ničelno hipotezo zavrnemo in sprejmemo alternativno hipotezo ($s > \sigma$).

Vprašanje b)

Ničelno hipotezo, ki navaja, da dva empirična standardna odklona s in \tilde{s} , ki sta bila določena iz dveh različnih vzorcev opazovanj, pripadata isti populaciji, sprejmemo, če velja naslednje:

$$0,44 \leq \frac{s^2}{\tilde{s}^2} \leq 2,27 \text{ (za } x \text{ in } y \text{ koordinati)} \quad (48)$$

$$0,35 \leq \frac{s^2}{\tilde{s}^2} \leq 2,86 \text{ (za } z \text{ kordinato)} \quad (49)$$

V nasprotnem primeru ničelno hipotezo zavrnemo in sprejmemo alternativno hipotezo ($\sigma \neq \tilde{\sigma}$).

9.3.6 ISO 17123-6: 6. DEL: PLOSKOVNI NIVELIRJI

Standard ISO 17123-6 opisuje terenske postopke, ki jih uporabljamo, ko določamo natančnost ploskovnih nivelirjev (primer ploskovnega nivelirja je na sliki 32) in njihove pripadajoče opreme pri opazovanjih v inženirski geodeziji. Da bi geodetska opazovanja izvedli z optimalno natančnostjo, instrument preizkusimo in na ta način določimo njegovo praktično natančnost v danih pogojih dela.

Ploskovni nivelir in opremo moramo uporabljati s stativi in nivelmanskimi latami, ki jih priporoči proizvajalec.



Slika 32: Ploskovni nivelir RT – 5Sa

Vir: <http://www.topcon.co.jp/eng/survey/rl01.html> (10.11.2006)

ISO 17123-6 opisuje dva različna terenska postopka in sicer postopek poenostavljenega preizkusa in postopek popolnega preizkusa. Uporabnik izbere tisti postopek, ki bolj ustreza projektnim zahtevam, ki so za neko izmero predpisane.

9.3.6.1 POSTOPEK POENOSTAVLJENEGA PREIZKUSA

Ta preizkus podaja oceno, ali je natančnost določenega ploskovnega nivelirja in njegove opreme znotraj navedenega dovoljenega odstopanja glede na standard ISO 4463-1.

Ponavadi se s temi preizkusi preverja natančnost ploskovnih nivelirjev, ki so v uporabi na gradbiščih.

Preizkus temelji na omejenem številu meritev, če je potrebna natančnejša ocenitev ploskovnega nivelirja pod terenskimi pogoji, se priporoča postopek popolnega preizkusa.

Za poenostavljeni postopek je priporočljivo izvajati opazovanja na preizkusnem terenu z višinskimi razlikami, ki so sprejete kot prave vrednosti. Če tak teren ni na voljo, je treba določiti neznane višinske razlike z uporabo nivelirja z natančnostjo, ki je večja od natančnosti zahtevanega ploskovnega nivelirja, ki naj bi ga uporabili.

Če preizkusnega terena z znanimi višinskimi razlikami ni možno vzpostaviti, je potrebno uporabiti postopek popolnega preizkusa.

V primeru, ko nimamo na voljo nobenega nivelirja, se lahko ploskovni nivelir, ki bo preizkušen, uporabi za določitev pravih vrednosti z merjenjem višinskih razlik med vsemi točkami.

Dve višinski razliki moramo opazovati z zasukom ploskovnega nivelirja za 180° . Srednja vrednost čitanj v obeh legah zagotavlja višinsko razliko, ki jo sprejmemo kot pravo vrednost.

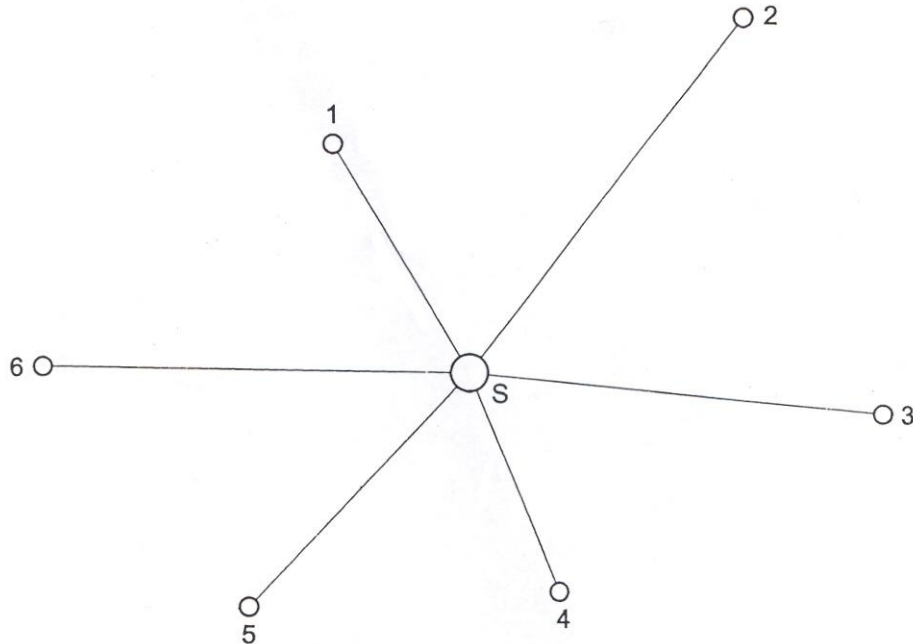
a) Oblika preizkusne baze in meritve

Izberemo horizontalno preizkusno območje, da ostane vpliv refrakcije čim manjši. Šest točk stabiliziramo na približno enako višino pri različnih dolžinah, ki naj znašajo od deset do šestdeset metrov od instrumenta. Točke čimbolj enakomerno razporedimo po preizkusnem terenu, kot kaže slika 33.

Za doseg zanesljivih rezultatov morajo biti točke označene in zanesljivo pritrjene med preizkusnimi in ponovnimi meritvami.

Višinske razlike med šestimi pritrjenimi točkami določimo z nivelirjem visoke natančnosti.

Teh pet znanih višinskih razlik je: $\bar{d}_{2,1}, \bar{d}_{3,2}, \bar{d}_{4,3}, \bar{d}_{5,4}, \bar{d}_{6,5}$.



Slika 33: Oblika preizkusne baze za postopek poenostavljenega preizkusa

Instrument postavimo nad točko S. Pred opazovanji je potrebno počakati, da se nihanje laserskega žarka umiri. Horizontalna ploskev instrumenta mora med celotnim merskim postopkom ostati nespremenjena. To zagotovimo tako, da fiksirano točko opazujemo pred in po vsakem nizu meritev j ($j = 1, \dots, 5$).

Šest posameznih odčitkov ($x_{j,1}, \dots, x_{j,6}$) izvedemo na razdelbi nivelmanske late proti vsaki točki (1, ..., 6). Med dvema nizoma meritev moramo instrument dvigniti, obrniti v smeri urnega kazalca za približno 70° , spremeniti višino in ponovno horizontirati. Čas med dvema nizoma odčitkov naj bo najmanj deset minut.

Vsak odčitek izvedemo čimbolj natančno, glede na priporočila proizvajalca.

b) Izračuni

Izpeljave in enačbe so opisane v standardu, zato bom predstavil le končni rezultat.

$$s = \sqrt{\frac{\sum r^2}{v}}; \quad (50)$$

kjer je $\sum r^2$ vsota kvadratov vseh 25 odstopanj, v je število prostostnih stopenj (25).

Empirični standardni odklon s enkrat merjene višinske razlike med dvema točkama preizkusnega terena predstavlja praktično natančnost ploskovnega nivelirja. Ta vrednost vsebuje sistematične in slučajne pogreške.

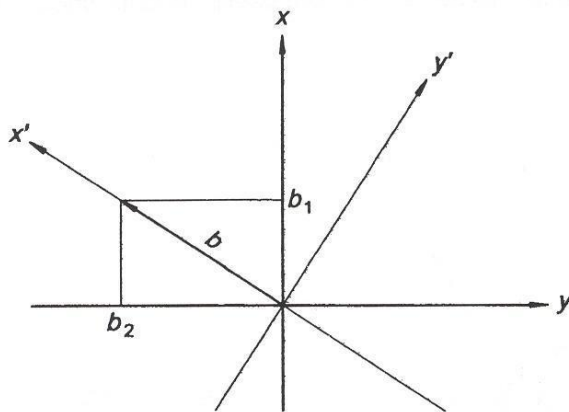
9.3.6.2 POSTOPEK POPOLNEGA PREIZKUSA

S tem postopkom se določa najvišja možna dosegljiva natančnost določenega ploskovnega nivelirja in njegove pripadajoče opreme v določenih terenskih pogojih, z eno mersko ekipo. Postopek se lahko uporabi tudi za določitev odklona a in obeh komponent odklona (glej sliki 34 in 35) vrtilne osi od prave vertikale ploskovnega nivelirja ($b = \sqrt{b_1^2 + b_2^2}$).

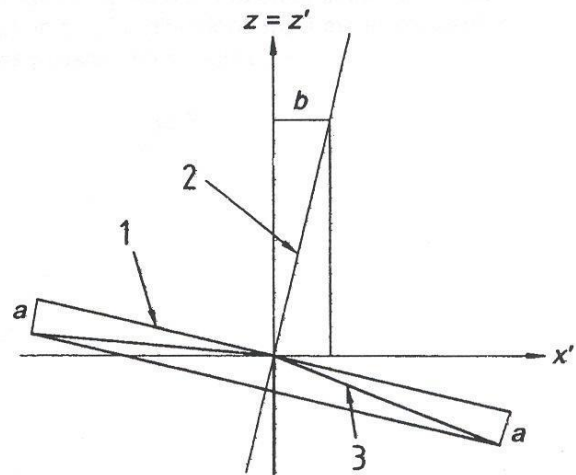
Priporočene dolžine znašajo štirideset metrov, daljše od štirideset metrov pa lahko uporabimo, kadar se to zahteva v projektu geodetskih del.

Natančnost ploskovnega nivelirja izrazimo z empiričnim standardnim odklonom s višinske razlike med instrumentom in nivelmansko lato (čitanjem na lati) pri dolžini štirideset metrov:

$$s_{ISO-ROLAS}$$



Slika 34: Horizontalna ravnina



Slika 35: Vertikalna ravnina skozi x'

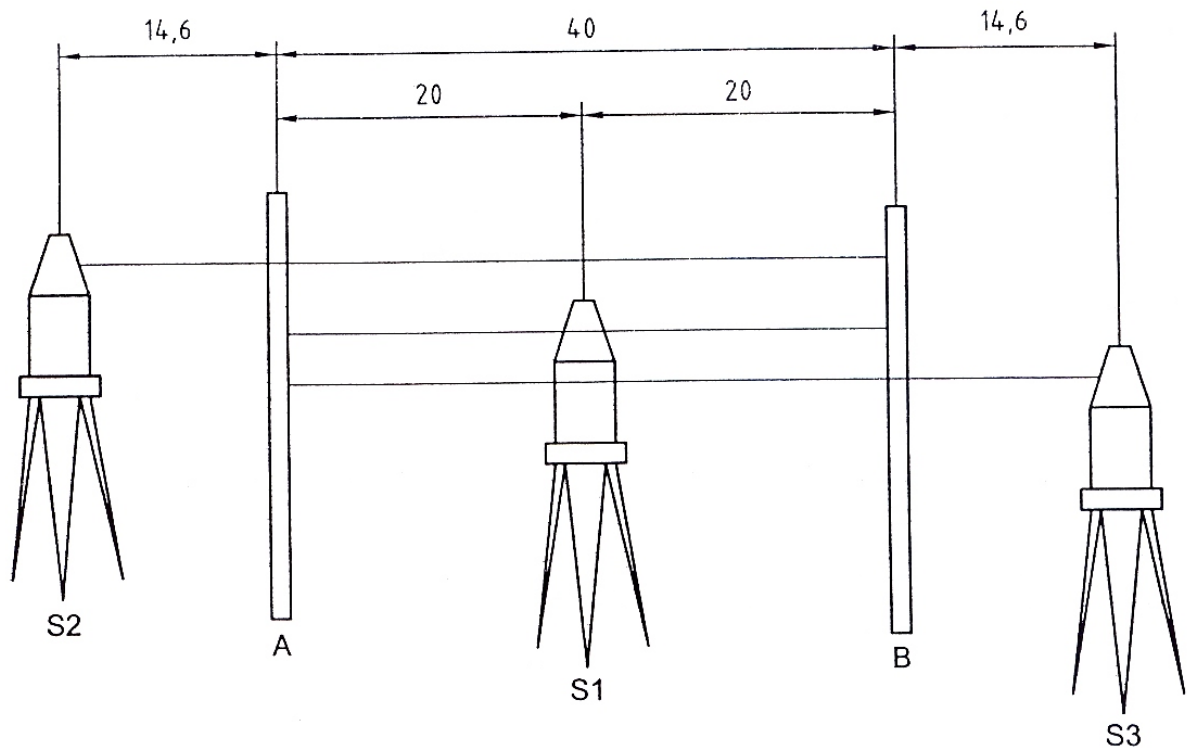
Legenda

- 1 Nagnjena ravnina
- 2 Os stožca
- 3 Nagnjeni stožec

a) Oblika preizkusne linije in meritve

Vpliv refrakcije mora ostati čim manjši, v ta namen izberemo horizontalno preizkusno območje. Tla naj bodo trdna, površje pa nespremenljivo. Izogibamo se asfaltnim in betonskim površinam. Pri neposredni sončni svetlobi je treba instrument in nivelmanski lati zasenčiti.

Dve nivelmanski točki A in B postavimo približno štirideset metrov narazen. Da je preizkus zanesljiv, morata biti nivelmanski lati stabilni in pritrjeni med preizkusnimi opazovanji, kakor tudi med ponavljanji opazovanj. Instrument postavimo na položaje S1, S2 in S3. Dolžine od instrumenta do nivelmanskih točk naj bodo takšne, kot prikazuje slika 36. Položaj S1 naj bo na sredini med nivelmanskima točkama A in B.



Slika 36: Oblika preizkusne linije za postopek popolnega preizkusa

Pred začetkom meritev instrument pripravimo po navedbah proizvajalca. Izvedemo štiri serije meritev. Pri vseh serijah je potrebno instrument postaviti na vsa tri stojišča (S1, S2 in S3). Po postavitvi instrumenta se mora nihanje laserskega žarka umiriti.

Odčitke na nivelmanskih latah A in B izvedemo v štirih nizih iz vsakega instrumenta, med nizi instrument zasučemo za 90° . Instrument mora biti enako orientiran v položajih S1, S2 in S3. S tem zagotovimo, da je odstopanje instrumenta vedno usmerjeno v isto glavno stran na magnetni igli. Ohraniti je potrebno smer orientacije. Različne smeri izberemo skladno z morebitnimi danimi osmi instrumenta.

Z vsako novo nastavitvijo izbrane referenčne smeri je potrebno instrument ponovno pazljivo horizontirati. Če ima instrument kompenzator, mora le-ta delovati pravilno.

Za vsak merski niz lahko predstavimo štiri orientacije instrumenta v treh položajih in skupno dvanajstih opazovanjih. Vsi odčitki morajo biti natančni.

b) Izračuni

Odčitke na nivelmanskih latah popravimo z upoštevanjem odklonov a in b kot kaže preglednica 11.

Preglednica 11: Popravki odčitkov

| Smer | Dolžina 14,6 m | Dolžina 20,0 m | Dolžina 54,6 m |
|------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 1 | $0,365 (a + b_1)$ | $0,500 (a + b_1)$ | $1,365 (a + b_1)$ |
| 2 | $0,365 (a + b_2)$ | $0,500 (a + b_2)$ | $1,365 (a + b_1)$ |
| 3 | $0,365 (a - b_1)$ | $0,500 (a - b_1)$ | $1,365 (a + b_1)$ |
| 4 | $0,365 (a - b_2)$ | $0,500 (a - b_2)$ | $1,365 (a + b_1)$ |

Enačbe opazovanj serij in vse izpeljave so podane v standardu. Prav tako tudi prikaz instrumentalnih odstopanj ploskovnega nivelirja na slikovnem primeru. Predstavil bom le končne enačbe.

Empirični standardni odklon štirih serij izračunamo po enačbi:

$$s = \sqrt{\frac{\sum r_1^2 + \sum r_2^2 + \sum r_3^2 + \sum r_4^2}{4 \times 8}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^4 \sum r_i^2}{32}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^4 s_i^2}{4}} = s_{ISO-ROLAS} \quad (51)$$

Parametri, pridobljeni iz vseh serij opazovanj, so srednje vrednosti:

$$a = \frac{\sum_{i=1}^4 a_i}{4} \quad (52)$$

$$b_1 = \frac{\sum_{i=1}^4 b_{1,i}}{4} \quad (53)$$

$$b_2 = \frac{\sum_{i=1}^4 b_{2,i}}{4} \quad (54)$$

$$b = \sqrt{b_1^2 + b_2^2} \quad (55)$$

kjer je b odklon vrtilne osi od prave vertikalne ploskovnega nivelirja, pri dolžini štirideset metrov.

c) Statistični testi

Za interpretacijo rezultatov uporabimo statistične teste, ki obravnavajo empirični standardni odklon višinske razlike med instrumentom in nivelmanko lato pri dolžini štirideset metrov. Obravnavajo tudi odklonsko napako pri dolžini štirideset metrov in njen empirični standardni odklon, ter odklon vrtilne osi od prave vertikalne ploskovnega nivelirja pri dolžini štirideset metrov in njegov empirični standardni odklon.

Pri teh testih skušamo odgovoriti na naslednja vprašanja:

- ali je izračunan empirični standardni odklon s enega odčitka na nivelmanski lati pri dolžini štirideset metrov manjši od tistega, ki ga navede proizvajalec σ ?
- ali dva empirična standardna odklona s in \tilde{s} , ki sta bila določena iz dveh različnih vzorcev opazovanj, pripadata isti populaciji, če predpostavimo, da imata oba vzorca enako število prostostnih stopenj ν ?
- ali je odklonska napaka a enaka nič?
- ali je odklon b vrtilne osi od prave vertikalne enak nič?

Za te teste izberemo interval zaupanja $1 - \alpha = 0,95$ in število prostostnih stopenj 32.

Vprašanje a)

Ničelno hipotezo, ki navaja, da je empirični standardni odklon s manjši ali enak teoretični ali vnaprej določeni vrednosti σ sprejmemo, če velja naslednje:

$$s \leq \sigma \times 1,20 \quad (56)$$

V drugem primeru ničelno hipotezo zavrnilo in sprejmemo alternativno hipotezo ($s > \sigma$).

Vprašanje b)

Ničelno hipotezo, ki navaja, da dva empirična standardna odklona s in \tilde{s} , ki sta bila določena iz dveh različnih vzorcev opazovanj, pripadata isti populaciji, sprejmemo, če velja naslednje:

$$0,50 \leq \frac{s^2}{\tilde{s}^2} \leq 2,02 \quad (57)$$

V nasprotnem primeru ničelno hipotezo zavrnemo in sprejmemo alternativno hipotezo ($\sigma \neq \tilde{\sigma}$).

Vprašanje c)

Ničelna hipoteza, ki navaja, da je odklonska napaka a ploskovnega nivelirja enaka nič, je sprejeta, če velja naslednje:

$$|a| \leq s \times 0,51 \quad (58)$$

V nasprotnem primeru ničelno hipotezo zavrnemo in sprejmemo alternativno hipotezo ($a \neq 0$).

Vprašanje d)

Ničelno hipotezo, ki navaja, da je odklon b vrtilne osi od prave vertikale enak nič sprejmemo, če velja naslednje:

$$b \leq s \times 0,42 \quad (59)$$

V nasprotnem primeru ničelno hipotezo zavrnemo in sprejmemo alternativno hipotezo ($b \neq 0$).

9.3.7 ISO 17123-7: 7.DEL: OPTIČNA GREZILA

Zadnji del standarda ISO 17123 opisuje terenske postopke ki jih uporabljamo, ko določamo in ocenjujemo natančnost optičnih grezil in pomožne opreme, kadar jih uporabljamo pri opazovanjih v inženirski geodeziji. Geodetska opazovanja moramo izvesti z optimalno natančnostjo, zato instrument preizkusimo in na ta način določimo njegovo praktično natančnost v danih pogojih dela.

Uporabimo opremo s stativi, ki jih priporoči proizvajalec.

Za postopek preizkusa, ki je opisan v tem delu standarda ISO 17123, je obvezna uporaba rasterske x - y mreže. Razmik mreže mora ustrezati naslednjemu pogoju:

$$t[mm] \geq 2,9 \times \frac{h}{\Gamma}; \quad (60)$$

kjer je 2,9 konstanta, $h[m]$ je višina grezenja, Γ pa povečava daljnogleda.

a) Vrste optičnih grezil in princip preizkusa

- instrumenti z libelami,
- instrumenti s kompenzatorjem,
- instrumenti z dvema kompenzatorjema.

Instrumenti z libelo ali z enim kompenzatorjem zagotavljajo, da je vizurna os v vertikalni ravnini pravokotna na smer grezenja. Grezilna linija je presek dveh vertikalnih ravnin, ki sta med seboj pravokotni.

Instrument z dvema kompenzatorjema zagotavlja, da vizurna os sovpada z grezilno linijo v vsaki smeri.

Z optičnimi grezili lahko grezimo navzgor, navzdol ali oboje. Postopek preizkusa je enak za vse primere.

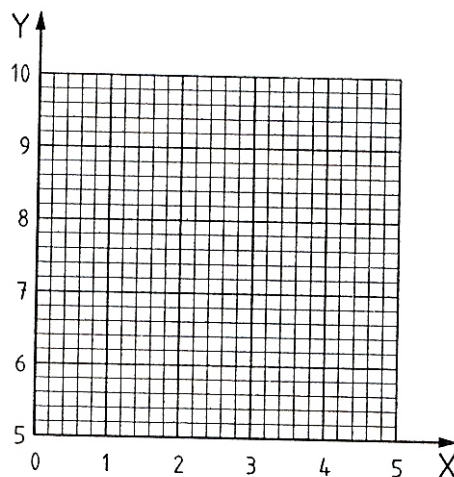
Postopek preizkusa uporabimo za določitev praktične natančnosti posameznega optičnega grezila in pomožne opreme pod terenskimi pogoji.

Praktična natančnost katerekoli vrste optičnih grezil je odvisna od višine grezenja.

Dosegljiva praktična natančnost je izražena kot relativni praktični standardni odklon ene komponente točke, prenesene enkrat preko ustrezne višine grezenja: $s_{ISO-plumb}$.

b) Preizkusna oblika in meritve

Kot rečeno, vzpostavimo rastersko x - y mrežo pri višini grezenja h . Slika 37 prikazuje primer mreže z intervalom dva milimetra in oštevilčenjem, ki se izogiba zamenjavi x - y vrednosti. Takšno kalibrirano mrežo naravnamo približno in namestimo vertikalno nad ali pod točko, nad katero je grezilo centrirano.



Slika 37: Primer rasterske x - y mreže

Pred začetkom opazovanj se mora instrument prilagoditi temperaturi okolice (zahtevan čas je okrog dve minuti za 1°C temperaturne spremembe). Pred preizkusom moramo preveriti tudi pogrešek nehorizontalnosti vizurne osi.

Izvedemo tri serije meritev, vsaka serija vsebuje deset nizov meritev. Med posamezno serijo meritev moramo instrument dvigniti in ponovno postaviti. Pri postavljanju optičnega grezila je treba biti pozoren na centriranje le tega nad osnovno točko.

Vsak niz meritev vsebuje dve opazovanji $x_{j,I}$ in $x_{j,II}$, kjer je daljnogled v nasprotnih smereh I in II.

Vsak niz vsebuje tudi dve opazovanji $y_{j,I}$ in $y_{j,II}$, kjer je daljnogled spet v nasprotnih smereh.

c) Izračuni

Meritve vsake serije se ocenijo posebej. Potek računanja, izpeljave enačb in pojasnjevalna skica izračunov so podani v standardu.

Empirični standardni odklon δ , ki predstavlja končni rezultat, izračunamo po enačbi:

$$s_{\delta} = s \left(\frac{1}{\sqrt{3}} \times \frac{1}{\sqrt{10}} \right) \quad (61)$$

d) Statistični testi

Za interpretacijo rezultatov uporabimo statistične teste, ki obravnavajo empirični standardni odklon s enega grezenja v obeh krožnih legah. Obravnavajo tudi odklon σ vizurne osi in njen empirični standardni odklon.

Pri testiranjih skušamo odgovoriti na naslednja vprašanja:

- ali je izračunan empirični standardni odklon s manjši od tistega, ki ga navede proizvajalec σ ?
- ali dva empirična standardna odklona s in \tilde{s} , ki sta bila določena iz dveh različnih vzorcev opazovanj, pripadata isti populaciji, če predpostavimo, da imata oba vzorca enako višino grezenja h in enako število prostostnih stopenj ν ?
- ali je standardni odklon s_x x -komponente enak standardnemu odklonu s_y y -komponente rezultata grezenja?
- ali je odklon δ vizurne osi enak nič?

Za te teste izberemo interval zaupanja $1 - \alpha = 0,95$.

Vprašanje a)

Ničelno hipotezo, ki navaja, da je empirični standardni odklon s , manjši ali enak teoretični ali vnaprej določeni vrednosti σ sprejmemo, če velja naslednje:

$$s \leq \sigma \times 1,16 \quad (62)$$

V nasprotnem primeru ničelno hipotezo zavrnemo in sprejmemo alternativno hipotezo ($s > \sigma$).

Vprašanje b)

Ničelno hipotezo, ki navaja, da dva empirična standardna odklona s in \tilde{s} , ki sta bila določena iz dveh različnih vzorcev opazovanj, pripadata isti populaciji sprejmemo, če velja naslednje:

$$0,34 \leq \frac{s^2}{\tilde{s}^2} \leq 1,71 \quad (63)$$

V nasprotnem primeru ničelno hipotezo zavrnemo in sprejmemo alternativno hipotezo ($\sigma \neq \tilde{\sigma}$).

Vprašanje c)

Ničelno hipotezo, ki navaja, da empirična standardna odklona s_x in s_y pripadata isti populaciji sprejmemo, če velja naslednje:

$$0,46 \leq \frac{s_x^2}{s_y^2} \leq 2,16 \quad (64)$$

V nasprotnem primeru ničelno hipotezo zavrnemo in sprejmemo alternativno hipotezo ($\delta_x \neq \delta_y$).

Vprašanje d)

Ničelno hipotezo, ki navaja, da je odklon vizurne osi δ enak nič sprejmemo, če velja naslednje:

$$|\delta| \leq s \times 0,37 \quad (65)$$

V nasprotnem primeru ničelno hipotezo zavrnemo in sprejmemo alternativno hipotezo ($\delta \neq 0$).

10 UPORABNOST PREDSTAVLJENIH STANDARDOV

Preglednica 12: Uporabnost predstavljenih standardov za stroko

| ISO STANDARD | UPORABNOST ZA STROKO |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ISO 31 (11.del): matematični znaki in simboli, ki so v uporabi v naravoslovnih znanostih in tehnologiji. | Pomoč pri študiju, lažje razumevanje in poznavanje matematičnih operacij uporabnih v geodeziji. |
| ISO 3534 (1.del): verjetnost in osnovni statistični pojmi. | Študij statističnih ved, lažje razumevanje standarda ISO 17123 zaradi pojmov, ki so v tem standardu pomembni (varianca, testi). |
| ISO 7078: zakoličevanje, merjenje in opazovanje – slovar in vodnik. | Zagotavlja razumljiv jezik različnim strokovnjakom pri gradnji objektov (geodeti, gradbeniki, strojniki), ki morajo zaradi kakovosti izvedbe med seboj sodelovati. |
| ISO 4463 (1. in 2. del): planiranje in organiziranje, merski postopki, dovoljena odstopanja, merske točke in signali. | Podaja dovoljena odstopanja med izračunanimi količinami (dolžine, smeri, višine) in izmerjenimi količinami. Predstavljeni so primeri topografije in načini stabilizacije merskih točk in signalov. |
| ISO 3443 (1., 2., 3., 4. in 6. del): dovoljena odstopanja pri gradnji objektov in statistična kontrola. | Določitev vrednosti odstopanj gradbenih elementov, pomoč pri načrtovanju spojev, podaja odstopanja v sestavljenih elementih in statistično kontrolo. |
| ISO 7737: podatki za oceno natančnosti posameznih dimenzij. | Uporabnikom predstavi merske podatke opazovane dimenzionalne točnosti, da se lahko ponovno uporabijo. |
| ISO 7976 (1. in 2. del): merske metode in instrumenti, položaj merskih točk. | Glej ISO 7078. Poleg tega podaja metode kontrolnih merjenj, da lahko preverimo npr. vertikalnost zidov, ... |

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ISO 9849: geodetski in merski instrumenti – slovar. | Terminologija geodetskih instrumentov, s čimer lažje razumemo sestavo in delovanje določenega instrumentarija. |
| ISO 12858 (1. in 2. del): invar nivelmanske late, stativi. | Z upoštevanjem zahtev tega standarda dosežemo željeno natančnost preciznih meritev. |
| ISO 17123 (1. do 7. del): terenski postopki za preizkušanje geodetskih in merskih instrumentov. | Ugotavljanje primernosti določenega instrumenta za neko nalogo in izračun njegove najvišje možne dosegljive natančnosti. |

11 ZAKLJUČEK

Poglavitni namen mojega diplomskega dela je bil opisati nekatere ISO standarde, ki so v uporabi v inženirski geodeziji in geodetski izmeri. Nekateri standardi se bolj kot geodezije tičejo gradbeništva, vendar so zaradi medsebojne povezanosti dveh sorodnih strok prav tako pomembni in jih je zelo pomembno vsaj v osnovi spoznati.

Geodetska merjenja so sestavni del vseh faz izgradnje objektov. Gradnje kakršnegakoli objekta si ni mogoče predstavljati brez kakovostnih in natančnih geodetskih meritev, ki so prisotne že v fazi začetka gradnje, torej v fazi zakoličbe in izkopa.

Kakovostne in natančne geodetske meritve pa je možno doseči, če uporabljamo instrumentarij in opremo, ki sta bila predhodno terensko preizkušena in jima je bila določena natančnost, ki je za določeno nalogo geodetske izmere zahtevana s strani naročnika oziroma investitorja.

Vsekakor so zelo pomembni tudi statistični testi, s katerimi se na koncu vsakega poglavja o preizkusih instrumentov med drugim izračunava tudi empirični standardni odklon s , s katerim se izrazi natančnost geodetskih in merskih instrumentov.

Natančnost meritev je odvisna od različnih stvari: natančnosti instrumenta, metode dela, izkušnosti opazovalca in pogojev okolja.

Pri natančnosti govorimo o objektivnih in subjektivnih vplivih, ki vplivajo na natančnost. Na objektivne komponente ne moremo vplivati, subjektivne komponente pa so odvisne od osebe, ki meritve izvaja, torej opazovalca. Torej je doseganje željene natančnosti v veliki meri odvisno od samega operaterja. Pri preizkusu in oceni natančnosti instrumenta vedno upoštevamo tako objektivne, kot subjektivne vplive.

Praktična natančnost se imenuje tudi zunanja natančnost instrumenta in v povezavi s to natančnostjo podajamo natančnost instrumenta.

VIRI IN LITERATURA

Kvamme K., Oštir- Sedej K., Stančič Z., Šumrada R. 1997. Geografski informacijski sistemi. Ljubljana, znanstveno raziskovalni center slovenske akademije znanosti in umetnosti: 476 str.

Perme, Z. 1995. Terminologija v geodeziji v inženirstvu. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, FGG: 73 str.

Spletna stran mednarodne organizacije za standardizacijo (ISO):

<http://www.iso.org/> (29.9.2006)

Spletna stran slovenskega inštituta za standardizacijo (SIST):

<http://www.sist.si/slo/g1/g112.htm> (29.9.2006)

Spletna stran ameriškega inštituta za nacionalne standarde (ANSI):

<http://webstore.ansi.org/ansidocstore/product.asp> (10.11.2006)

Spletna stran združbe TOPCON:

<http://www.topcon.co.jp/eng/survey/r101.html> (10.11.2006)

Spletna stran združbe TOPCON:

<http://www.topcon.co.jp/eng/survey/dl.html> (10.11.2006)

Spletna stran podjetja GEOSERVIS:

<http://www.geoservis.si/main.php?pg=produkti.htm> (10.11.2006)

Standardi:

ISO 31-11: 1992. Quantities and units – Part 11: Mathematical signs and symbols for use in the physical sciences and technology.

ISO 3534-1: 1993(E/F). Statistics – Vocabulary and symbols – Part 1: Probability and general statistical terms.

ISO 7078 - 1985(E/F). Building construction – Procedures for setting out, measurement and surveying – Vocabulary and guidance.

ISO 4463-1: 1989(E). Measurement methods for building – Setting out and measurement – Part 1: Planning and organization, measuring procedures, acceptance criteria.

ISO 4463-2: 1995(E). Measurement methods for building – Setting out and measurement – Part 2: Measuring stations and targets.

ISO 3443/6 - 1986(E). Tolerances for building – Part 6: General principles for approval criteria, control of conformity with dimensional tolerance specifications and statistical control – Method 1.

ISO 7737 - 1986(E). Tolerances for building – Presentation of dimensional accuracy data.

ISO 7976-1: 1989(E). Tolerances for building – Methods of measurement of buildings and building products – Part 1: Methods and instruments.

ISO 7976-2: 1989(E). Tolerances for building – Methods of measurement of buildings and building products – Part 2: Position of measuring points.

ISO 9849: 2000(E/F). Optics and optical instruments – Geodetic and surveying instruments – Vocabulary.

ISO 12858-1: 1999(E). Optics and optical instruments – Ancillary devices for geodetic instruments – Part 1: Invar levelling staffs.

ISO 12858-2: 1999(E). Optics and optical instruments – Ancillary devices for geodetic instruments – Part 2: Tripods.

ISO 17123-1: 2002(E). Optics and optical instruments – Field procedures for testing geodetic and surveying instruments – Part 1: Theory.

ISO 17123-2: 2001(E). Optics and optical instruments – Field procedures for testing geodetic and surveying instruments – Part 2: Levels.

ISO 17123-3: 2001(E). Optics and optical instruments – Field procedures for testing geodetic and surveying instruments – Part 3: Theodolites.

ISO 17123-4: 2001(E). Optics and optical instruments – Field procedures for testing geodetic and surveying instruments – Part 4: Electro – optical distance meters (EDM instruments).

ISO 17123-5: 2005(E). Optics and optical instruments – Field procedures for testing geodetic and surveying instruments – Part 5: Electronic tacheometers.

ISO 17123-6: 2003(E). Optics and optical instruments – Field procedures for testing geodetic and surveying instruments – Part 6: rotating lasers.

ISO 17123-7: 2005(E). Optics and optical instruments – Field procedures for testing geodetic and surveying instruments – Part 7: Optical plumbing instruments.