

# **Navodilo za izvajanje klasične geodetske izmere v novem državnem koordinatnem sistemu (Različica 1.1, 20. 11. 2006)**

Pri pripravi navodila so sodelovali:

Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo  
(dr. Dušan Kogoj, dr. Tomaž Ambrožič, dr. Simona Savšek - Safić,  
Sonja Bogatin, Aleš Marjetič, dr. Bojan Stopar)  
Geodetski inštitut Slovenije  
(mag. Dalibor Radovan, Sandi Berk, Nika Mesner)

## **Uvod**

**Navodilo obravnava izvedbo geodetske izmere z uporabo klasične terestrične metode izmere z določitvijo koordinat točk v novem državnem koordinatnem sistemu ETRS89. Skladno s predlogom Zakona o evidentiranju nepremičnin je postavljena zahteva, da se najpozneje z letom 2008 vse spremembe obstoječih točk in koordinate novih zemljiško katastrskih točk določijo v novem koordinatnem sistemu. Navodilo je izdelano z namenom opredelitve postopkov detajlne izmere pri prehodu na nov sistem. Izvedba klasične geodetske izmere sicer ostaja nespremenjena. V navodilu so podani postopki vzpostavitve klasične izmeritvene mreže in izmere detajla. Navodilo je do uveljavitve novega koordinatnega sistema informativne narave, izvajalcem pa se skladno s Strategijo razvoja osnovnega geodetskega sistema priporoča, da ga v praksi pričnejo čimprej uporabljati. Navodilo je namenjeno predvsem tistim uporabnikom, ki bodo poleg uporabe globalnih navigacijskih satelitskih sistemov (GNSS izmera) kot enakovredno metodo uporabljali tudi klasično terestrično metodo izmere.**

Zaradi novih tehnologij (GNSS) ter neskladja med zemljiškim katastrom in osnovnim geodetskim sistemom bo prehod na nov koordinatni sistem v izvedbenem smislu zahtevno in obsežno inženirsko delo. Kombinirana uporaba GNSS izmere in klasične terestrične izmere bo v prihodnosti v praksi običajna in pogosta. Navodilo obravnava klasične terestrične merske postopke, ki temeljijo na uporabi sodobnih merskih instrumentov ter programske opreme. Predpostavlja se, da se bo klasična terestrična izmera izvajala pretežno z elektronskimi tahimetri.

Namen navodila je podrobneje določiti kriterije za izvedbo klasične terestrične izmere, ki obsegajo natančnost merske opreme, vzpostavitev izmeritvene mreže, metode in obseg meritev, obdelavo in prikaz merskih vrednosti s potrebnimi redukcijami, izmero detajla, izravnavo ter izračun cenilk natančnosti. **V navodilu je obravnavana izključno nekaj centimeterska natančnost detajla kot primerna natančnost zemljiško-katastrske izmere.**

Ko definiramo nekaj centimetersko natančnost izmere detajla pomeni, da je:

- zahtevana natančnost koordinat novo določene točke izmeritvene mreže s klasičnimi terestričnimi postopki (triangulacija, trilateracija, trigonometrično višinomerstvo, poligon) v državnem koordinatnem sistemu je v okviru nekaj centimetrov. Ocena se pri tem nanaša na natančnost koordinat točke izmeritvene mreže (določenih v ETRS 89) glede na izbrano ETRS točko. Koordinate te točke so privzete kot absolutno točne. Zahtevana natančnost horizontalnih koordinat točke pomeni natančnost, ko je:
  - daljša polos elipse s 95 % zaupanjem v koordinati točke krajša od **5 cm**, oz., da je
  - daljša polos standardne elipse zaupanja v koordinati točke krajša od **2 cm**.

Zahtevana nekajcentimeterska natančnost višine točke je natančnost, ko je:

- polovična dolžina intervala s 95 % zaupanjem v višino točke krajša od **4 cm**, oz. je
- standardni odklon višine manjši od **2 cm**.
- za določitev koordinat detajlnih točk zahtevana natančnost »dvakrat« nižja – vse navedene tolerančne vrednosti cenilk natančnosti se podvojijo.

Navodilo ločeno opisuje:

- A. vzpostavitev **izmeritvene mreže**,
- B. izmero **detajla**.

## A. Vzpostavitev izmeritvene mreže (baze izmere)

Izhajamo iz predpostavke, da je za dovolj kvalitetno detajlno izmero potrebno vzpostaviti niz točk izmeritvene mreže. Izmeritvena mreža bo vklopljena mreža. Geodetski datum mreže določajo točke navezovalne mreže, to so točke GPS mreže, določene v nekajcentimeterskem nivoju natančnosti. Uporabljena bo klasična terestrična metoda izmere. Razlogi:

- GPS izmera na obravnavanem območju ni možna
- samo GPS izmera ne zagotavlja dovolj visoke natančnosti

Za zagotovitev nekajcentimeterske natančnosti točk izmeritvene mreže predpostavljamo, da **MORA BITI** tudi ob uporabi obstoječih trigonometričnih in poligonskih točk državne mreže **VSAKA TOČKA MREŽE PONOVRNO IZMERJENA IN IZRAČUNANA!** Pri tem je v mrežo nujno potrebno vključiti vsaj 3 GPS točke!

Glede na to, da še ni jasno kako, kdo in v kolikšni meri bo po prehodu na nov koordinatni sistem ETRS89 in pretežno uporabo GPS tehnologije vzdrževal trajno stabilizirane geodetske točke, bo vzpostavitev izmeritvene mreže potekala z vklopom na navezovalno mrežo na več načinov in sicer:

- z vključitvijo na novo izmerjenih obstoječih trajno stabiliziranih trigonometričnih in/ali poligonskih točk v globalnem ETRS89 in državnem koordinatnem sistemu,
- preko začasnih GPS točk v globalnem ETRS89 koordinatnem sistemu.

### 1. Zagotovitev izmeritvene mreže

#### 1.1 Vrsta mreže

Vzpostavimo lahko:

- **trigonometrično mrežo z uporabo metod triangulacije, trilateracije ter trigonometričnega višinomerstva.** Pri tem upoštevamo pravila projektiranja trigonometrične mreže v horizontalnem in višinskem smislu, ki zagotavljajo ustrezno kvaliteto mreže. Točke mreže trajno ali začasno stabiliziramo.
- **poligonsko mrežo** v primerih, ko trigonometrična mreža ni možna. Po pravilu je poligon priklepni, v izjemnih primerih zaključeni. Poligon se naveže na točke navezovalne mreže. Izravnava poligona je stroga!

#### 1.2 Oblika in dimenzije mreže

Za zagotovitev ustrezne kvalitete mreže se priporoča:

- Ustrezno število povezav v mreži, kar zagotavlja dovolj veliko število nadštevilnih meritev. Vsaka točka v mreži naj **bo povezana z vsaj tremi točkami**, to pomeni, da so z vsake točke opazovane vsaj tri točke izmeritvene mreže.

- Maksimalne dolžine stranic izmeritvene trigonometrične mreže naj ne presegajo 1 km. Omejitev oddaljenosti je še posebej smiselna pri uporabi trigonometričnega višinomerstva!
- Poligoni naj bodo čimbolj iztegnjeni. Poligonske stranice naj ne bodo daljše od 250 m in ne krajše od 50 m – razmerje med najdaljšo in najkrajšo stranico naj bo 2:1 do 3:1. Poligon naj bo navezan z vsaj dvema orientacijama na dani točki. Število poligonskih točk naj bo tolikšno, da velika polos standardne elipse pogreškov najslabše točke ne presega 2 cm.

### 1.3 Stabilizacija točk mreže (trajna/začasna)

\* \* \*

### 1.4 Navezava na točke navezovalne mreže

Klasična izmeritvena mreža bo vklopljena mreža. Datum mreže bo določen z navezavo na točke navezovalne mreže. Pri izboru točk upoštevamo pravila projektiranja trigonometrične in poligonske mreže, ki bodo zagotovila zahtevano natančnost določitve koordinat točk izmeritvene mreže.

Minimalno število točk navezovalne mreže:

- 3 za trigonometrično mrežo
- 4 (ali 2) za poligonsko mrežo

**Točke navezovalne mreže so vključene v izmero klasične izmeritvene mreže!**

### 1.5 Vkllop v novi koordinatni sistem

Vkllop v novi globalni ETRS89 koordinatni sistem bo potekal preko na novo izmerjenih točk državne mreže. Obstaja več možnosti:

- **Točke navezovalne mreže so obstoječe točke državne mreže:**
  - Izmeritvena mreža se izmeri na klasični način. Uporabimo kombinacijo triangulacije in trilateracije. GPS meritev ni potrebna.
  - Na ta način izmerjena izmeritvena mreža se izravna kot prosta mreža s transformacijo na točke navezovalne mreže ob upoštevanju obstoječih koordinat teh točk.
  - Pridobljene koordinate v državnem sistemu D48 transformiramo v novi državni koordinatni sistem ETRS89 preko lokalnih transformacijskih parametrov.

**Ta način ni dober!** Natančnost koordinat obstoječe državne mreže ni dokazljiva, zato trdimo, da natančnost ne zadošča! **Za detajlno izmero z nekajcentimetersko natančnostjo ta način ni dovoljen.** Problem predstavlja vkllop novih meritev z uporabo starih koordinat »danih« točk!

- **Točke navezovalne mreže so obstoječe točke državne mreže dodatno izmerjene z GPS:**

- Izmeritvena mreža se izmeri na klasični način. Uporabimo kombinacijo triangulacije in trilateracije. V mrežo so vključene najmanj 3 z GPS določene točke.
- Izmeritvena mreža se izravna kot vklopljena mreža ob upoštevanju vseh meritev in pridobljenih koordinat navezovalnih točk z GPS v novem državnem ETRS89 koordinatnem sistemu.

**Ta način je najboljši a tudi najdražji!** Omogoča dodatno primerjavo GPS in klasičnih terestričnih meritev v navezovalni mreži. Ob poznanih »starih« koordinatah navezovalnih točk je mogoč »kontrolni« izračun lokalnih transformacijskih parametrov!

- **Točke navezovalne mreže so obstoječe GPS točke:**

- Izmeritvena mreža se izmeri na klasični način. Uporabimo kombinacijo triangulacije in trilateracije.
- Izmeritvena mreža se izravna kot vklopljena mreža ob upoštevanju vseh meritev in pridobljenih koordinat navezovalnih točk z GPS v novem državnem ETRS89 koordinatnem sistemu.

Način omogoča primerjavo GPS in klasičnih terestričnih meritev navezovalne mreže. Točke izmeritvene mreže so lahko stabilizirane z začasno stabilizacijo! Pri tem je ob ponovni detajlni izmeri na obravnavanem območju potrebna ponovna vzpostavitev izmeritvene mreže.

## 2 Merska oprema

Izmero izmeritvene mreže izvajamo z **elektronskimi tahimetri**, ki omogočajo avtomatsko registracijo opazovanih horizontalnih smeri, zenitnih razdalj in poševnih dolžin. **Merska oprema mora biti preizkušena in umerjena na pooblaščenem servisu vsaj enkrat letno.**

### 2.1 Natančnost instrumenta

Natančnost elektronskih tahimetrov proizvajalci v večini primerov navajajo skladno s standardiziranimi preizkusi ISO ali DIN. Natančnost naj bo boljša od:

- natančnost horizontalne smeri:  $\sigma_{ISO-THEO-Hz} \leq 5''$  ali  $\sigma_{DIN 18723-THEO-Hz} \leq 5''$
- natančnost merjenja zenitne razdalje:  $\sigma_{ISO-THEO-Hz} \leq 5''$  ali  $\sigma_{DIN 18723-THEO-V} \leq 5''$
- natančnost merjenja dolžin:  $\sigma_{[mm]} \leq 5 \text{ mm}$  ;  $\sigma_{[ppm]} \leq 3 \text{ ppm}$

Natančnost razdaljemero je podana z dvema parametroma  $\sigma_{[mm]}$  in  $\sigma_{[ppm]}$ . Natančnost merjenja dolžine izračunamo po enačbi

$$\sigma_{D[mm]} = \sqrt{\sigma_{[mm]}^2 + (\sigma_{[ppm]} \cdot D_{[km]})^2} .$$

## 2.2 Dodatna oprema

Za optimalne meritve uporabimo:

- rektificirane reflektorje z vizirno tarčo. Število reflektorjev naj bo tolikšno, da je omogočeno prisilno centriranje na stativo (max. število točk mreže minus ena),
- žepni trak za določitev višine instrumenta in reflektorjev,
- rektificirane merilniki meteoroloških parametrov: barometer (ločljivost 1 mbar) in vsaj en termometer (ločljivost 1<sup>0</sup>C), delni tlak vodne pare ni potrebno določati (psihrometer ni potreben)!

## 3 Metode in obseg meritev

Pri meritvah uporabljamo elektronske tahimetre, ki omogočajo istočasen zajem vseh treh relativnih polarnih prostorskih koordinat z izhodiščem v geometrijskem središču centriranega in horizontiranega instrumenta in izbrano orientacijo. Smiselna je uporaba kombinirane metode izmere (triangulacija in trilateracija) in kombiniranega ureza. Za določitev višinskih razlik se uporabi metoda trigonometričnega višinomerstva. Uporaba priporočenega načina meritev zagotavlja eliminacijo večine inštrumentalnih pogreškov. Poleg inštrumentalnih pogreškov so v rezultatih meritev prisotni objektivni pogreški okolja (centriranje, signalizacija ipd.) ter subjektivni pogreški operaterja (viziranje ipd.), ki jih skušamo z izbiro optimalnih pogojev okolja in pazljivim delom zmanjšati na minimum.

### 3.1 Zagotovitev pogojev za merjenje

Zagotovitev pogojev pomeni stabilizacijo in signalizacijo točk mreže na način, ki omogoča izvedbo meritev.

Instrument in reflektor sta na fizično stabilizirano točko centrirana s pomočjo optičnega, laserskega ali togega grezila (natančnost centriranja je 0.5 mm, 1.0 mm oz. 1.5 mm – libela togega grezila mora biti rektificirana). Če točka ni fizično označena, stojiščno točko določa presečišče x in y osi tahimetra, pritrjenega na stativ. Stativi so v času merjenja mreže fiksni. Trinožni podstavek, pritrjen na stativ, omogoča prisilno centriranje (»prisilna« zamenjava reflektorja z instrumentom brez odstranitve trinožnega podstavka).

**Signalizacija točke s pomočjo reflektorja na togem grezilu ni dovoljena!**

### 3.2 Metoda meritev in število ponovitev

Z namenom eliminacije inštrumentalnih, nadzorom nad grobimi pogreški in povečanja natančnosti meritev vse meritve v navezovalnih mrežah izvajamo v dveh krožnih legah. Merjenje v več ponovitvah je potrebno zaradi zagotovitve ustrezne natančnosti in odkrivanja grobih pogreškov med opazovanji. Za nivo natančnosti nekaj centimetrov je vsa opazovanja potrebno izvajati v najmanj dveh ponovitvah.

- *merjenja smeri (št. girusov): girusna metoda, minimalno dva girusa.* Rezultat meritev so reducirane smeri, ki so med seboj mersko odvisne vrednosti, obremenjene s pogreškom začetne smeri!

- *merjenje zenitnih razdalj*: **sočasno z merjenjem horizontalnih smeri v obeh krožnih legah, dve ponovitvi**. Po možnosti za zmanjšanje vpliva vertikalne refrakcije vedno opravimo meritve v obeh smereh (tja-nazaj!).
- *merjenje dolžin*: sočasno z merjenjem horizontalnih smeri in zenitnih razdalj. Zaradi avtomatske registracije se tudi dolžine opazujejo v najmanj štirih ponovitvah (dvakrat v vsaki krožni legi).
- *višino instrumenta in reflektorja* izmerimo z žepnim trakom. Mersko vrednost odčitamo na milimeter natančno. Priporočamo dvakrat neodvisno merjenje.
- *merjenje meteoroloških parametrov*: Za namen redukcije dolžin je potrebno meriti tlak na stojišču instrumenta, temperaturo pa vsaj na stojišču instrumenta. V primeru mrež večjih dimenzij merimo temperaturo tudi na ciljnih točki. Na osnovi vseh meritev je smiselno določiti srednjo temperaturo in tlak na izmeritvenem območju in upoštevati vrednosti v postopku naknadne obdelave. Druga možnost je vnos meteoroloških parametrov v tahimeter.

Merske vrednosti avtomatsko registriramo. Registrirane vrednosti so

- horizontalna smer,
- zenitna razdalja,
- poševna dolžina z ali brez upoštevanja meteoroloških popravkov in adicijskih konstant reflektorjev.

Podatke o višini instrumenta, vrstah reflektorjev in meteoroloških parametrih lahko vnašamo v instrument ali zapisujemo ročno v zapisnik.

## **4 Obdelava in prikaz merskih vrednosti**

Merske vrednosti obdelujemo naknadno po opravljenih meritvah. Za obdelavo uporabljamo različna programska orodja (Liscad, WinRam, Gem, WinVim, Trim ???...) **Programska oprema mora omogočati eksakten preračun merskih vrednosti v obliko, primerno za izravnavo.**

### **4.1 Preračun merskih vrednosti**

- Iz opazovanih horizontalnih smeri v dveh girusih izračunamo aritmetično sredino posamezne smeri, ki gre v izravnavo.
- Iz opazovanih poševnih dolžin v več ponovitvah izračunamo aritmetično sredino posamezne dolžine, ki jo nato reduciramo.
- Iz opazovanih zenitnih razdalj v več ponovitvah izračunamo aritmetično sredino posamezne zenitne razdalje. Te potrebujemo za redukcijo dolžin in po enačbah trigonometričnega višinomerstva za izračun višinskih razlik, ki gredo v izravnavo višinske mreže.

## 4.2 Redukcija dolžin

Na podlagi valovne dolžine nosilnega valovanja izračunamo lomni količnik za normalno atmosfero, na podlagi izmerjenih meteoroloških podatkov izračunamo dejanski lomni količnik zraka in nato meteorološki popravek oz. dolžino, popravljeno zaradi meteoroloških vplivov.

Dobljeno dolžino preračunamo v vrednost poševne dolžine na nivju kamen – kamen. Upoštevamo vse potrebne geometrične popravke. Izračunano dolžino reduciramo na ničelni nivo, **to je nivo referenčnega elipsoida, torej za redukcijo potrebujemo elipsoidne višine**. Na koncu dolžino izračunamo v GK projekciji in jo moduliramo. Ta vrednost dolžine je vhodni podatek za izravnavo.

## 4.3 Izračun višinskih razlik

- Na osnovi merjene in za meteorološke parametre reducirane poševne dolžine, merjene zenitne razdalje ter ob upoštevanju višine instrumenta in reflektorja po znani enačbi izračunamo višinsko razliko.

**Pri preračunih merskih vrednosti uporabimo sledeče dogovorjene vrednosti:**

- polmer Zemlje:  $R = 6378000 \text{ m}$
- koeficient refrakcije  $k = 0.13$
- geoidna ondulacija  $\Delta N = 45 \text{ m}$

## 4.4 Izravnavo

Iz meritev so izločeni vsi grobi pogreški. Uteži merjenih količin določimo na osnovi natančnosti uporabljenega instrumenta in metode dela ali na osnovi ocene kvalitete opravljenih meritev pred izravnavo. Mrežo ne glede na obliko (trigonometrična, poligonska) izravnavo po strogi metodi, ločeno za izračun horizontalnih koordinat in ločeno za izračun višin. Za izravnavo lahko uporabimo različna programska orodja (Liscad, GEOS, Winram, Gem, Winvim, Trim ...) **Programska orodja morajo omogočati strogo izravnavo po metodi najmanjših kvadratov!**

## 4.5 Prikaz rezultatov

Rezultat izravnavo so definitivne vrednosti iskanih količin (vrednosti horizontalnih koordinat in višin točk izmeritvene mreže določene na osnovi nadštevilnih meritev) ter podatki o natančnosti merjenih in iskanih količin. **Dokaz korektnosti končnih rezultatov je izpis datoteke rezultatov izravnavo.**



## B. Izmera detajla

### 1. Metoda

Klasična terestrična numerična detajlna izmera pomeni zajemanje numeričnih koordinat detajlnih točk v lokalnem polarnem in ortogonalnem koordinatnem sistemu. Poznani in splošno uveljavljeni sta **polarna in ortogonalna metoda detajlne izmere**. Pri obeh na terenu opravimo meritve v takoimenovanem merskem prostoru.

»Poceni« sodobna merska tehnologija omogoča tudi enostavnejše postopke detajlne izmere. **Uporaba ročnega elektronskega razdaljemera v kombinaciji z GPS sprejemnikom na togem grezilu za detajlno izmero z nekajcentimetersko natančnostjo NI DOVOLJENA.** Razloge za neuporabnost tega načina za dosego predvidene natančnosti so:

- koordinate detajlne točke v tem primeru določamo z detajlne točke, kar je nedopustno,
- obravnavana kombinacija instrumenta in pribora ter načina izmere ne omogoča nikakršne merske kontrole,
- efektivna točka odboja elektromagnetnega valovanja razdaljemera ni eksaktno določena!

#### 1.1 Polarna detajlna izmera

Polarna metoda detajlne izmere pomeni izračun koordinat detajlnih točk na osnovi direktno merjenih relativnih prostorskih polarnih koordinat detajlnih točk. Koordinatni sistem določa stojišče instrumenta (točka izmeritvene mreže ali prosto stojišče) in ena ali več orientacijskih smeri (točke izmeritvene mreže). Položaj detajlne točke je določen na podlagi istočasnega merjenja horizontalnega kota, zenitne razdalje in poševne dolžine do detajlne točke. **Polarna detajlna izmera je v današnjem času praktično edina uporabljana metoda klasične detajlne izmere.** Pri meritvah uporabljamo elektronske tahimetre.

#### 1.2 Ortogonalna detajlna izmera

Ortogonalna metoda detajlne izmere pomeni izračun koordinat detajlnih točk na osnovi direktno merjenih relativnih ravninskih pravokotnih koordinat detajlnih točk. Horizontalni koordinatni sistem določa merska linija (točki izmeritvene mreže). **Ortogonalna izmera je v današnjem času uporabljana v izjemnih primerih, kadar se zahteva največja natančnost izmere.** Pri meritvah uporabljamo teodolit, bazno lato ter dodatni pribor. Višino detajlne točke določimo z detajlnim nivelmanom. Metoda se uporablja predvsem v inženirski geodeziji!

**V nadaljevanju obravnavamo samo polarno detajlno izmero!**

## 2 Merska oprema

Polarno detajlno izmero izvajamo z **elektronskimi tahimetri**, ki omogočajo avtomatsko registracijo horizontalnih smeri, zenitnih razdalj in poševnih dolžin. **Merska oprema mora biti preizkušena in umerjena na pooblaščenem servisu vsaj enkrat letno.**

### 2.1 Natančnost instrumenta

Natančnost elektronskih tahimetrov navajamo skladno s standardi ISO ali DIN. Zahteve:

- natančnost horizontalne smeri:  $\sigma_{ISO-THEO-Hz} \leq 10''$  ali  $\sigma_{DIN\ 18723-THEO-Hz} \leq 10''$
- natančnost merjenja zenitne razdalje:  $\sigma_{ISO-THEO-Hz} \leq 10''$  ali  $\sigma_{DIN\ 18723-THEO-V} \leq 10''$
- natančnost merjenja dolžin:  $\sigma_{[mm]} \leq 10\text{ mm}$  ;  $\sigma_{[ppm]} \leq 5\text{ ppm}$

Natančnost razdaljemerov je podana z dvema parametroma  $\sigma_{[mm]}$  in  $\sigma_{[ppm]}$ . Natančnost merjenja dolžine izračunamo po enačbi:

$$\sigma_{D[mm]} = \sqrt{\sigma_{[mm]}^2 + (\sigma_{[ppm]} \cdot D_{[km]})^2} .$$

### 2.2 Dodatna oprema

Za optimalne meritve uporabimo:

- rektificiran reflektor z vizirno tarčo in s poznano adicijsko konstanto,
- togo grezilo kot nosilec reflektorja z možnostjo samostojne postavitve in z rektificirano dozno libelo,
- žepni merski trak za določitev višine instrumenta in reflektorjev,
- ročni merski trak ali ročni razdaljemer,
- rektificiran barometer (ločljivost 1 mbar) in termometer (ločljivost 1<sup>0</sup>C).

## 3 Zagotovitev stojišča

### 3.1 Centriranje instrumenta na točko izmeritvene mreže

Centriranje instrumenta naj bo izvedeno z optičnim, laserskim ali togim grezilom (natančnost centriranja je 0.5 mm, 1.0 mm oz. 1.5 mm).

### 3.2 Orientacijske točke - signalizacija

Orientacijo zagotavljajo dobro vidne točke izmeritvene mreže. **Oddaljenost orientacijskih točk od stojišča naj bo večja kot je največja oddaljenost od stojišča do detajlne točke!** Orientacijske točke signaliziramo z:

- reflektorjem na stativu, centriranje izvedemo s tahimetrom,
- izjemoma za signalizacijo uporabimo togo grezilo z reflektorjem in tarčo, ki ga podpremo s trinožnikom.

Signalizacijo orientacijskih točk ohranimo ves čas izmere detajla z enega stojišča zaradi kontrole orientacije.

### 3.3 Prosto stojišče

V primeru, da v bližini detajla ni ustrezne izmeritvene točke oziroma izmeritvene mreže ne moremo pripeljati v ustrezno bližino detajla, si pomagamo s prostim stojiščem. Prosto stojišče je poljubno, glede na detajl čim bolj primerno izbrano stojišče instrumenta. Koordinate prostega stojišča se določijo na osnovi merjenja horizontalnih smeri, poševnih dolžin in zenitnih razdalj proti **najmanj dvema točkama** izmeritvene mreže. Programska oprema večine sodobnih elektronskih tahimetrov vključuje posebno programsko orodje za izračun koordinat prostega stojišča. **Prosto stojišče ni točka izmeritvene mreže!** Zahteve:

- **oddaljenost** prostega stojišča od točk izmeritvene mreže **ne sme presegati 200 m**,
- **oddaljenost od najbližje točke izmeritvene mreže mora biti manjša kot je najkrajša oddaljenost med točkami izmeritvene mreže**,
- nadštevilne meritve (minimalno 2 horizontalni smeri, 2 zenitni razdalji ter 2 poševni dolžini),
- izračun koordinat prostega stojišča z izravnavo po metodi najmanjših kvadratov,
- oceno natančnosti položaja in višine prostega stojišča:
  - **daljša polos standardne elipse zaupanja v koordinati točke je krajša od 2 cm**,
  - **standardni odklon višine je manjši od 2 cm**.

## 4 Izvedba meritev

Meritve izvajamo ločeno po posameznih stojiščih. Na vsakem stojišču za vsako detajlno točko istočasno zajemamo se tri relativne prostorske polarne koordinate detajlne točke. Priprava stojišča pomeni:

- centriranje in horizontiranje tahimetra,
- izmera višine instrumenta z ročnim merskim trakom (zaokrožitev na 1 mm),
- izmera zračnega tlaka in temperature ter vnos teh vrednosti v tahimeter: **zračni tlak in temperaturo izmerimo ob pričetku snemanja na posameznem stojišču**.

## 4.1 Orientiranje

- **Horizontalne smeri orientiramo na najmanj dve orientacijski točki izmeritvene mreže.** S tem kontroliramo grobe napake v meritvah. Za izračun koordinat detajlnih točk uporabimo srednji orientacijski kot.
- **Orientacijsko smer izmerimo v dveh krožnih legah.** Programi za obdelavo podatkov detajlne polarne izmere prepoznajo ponovljeno meritev orientacije na isto orientacijsko točko v drugi krožni legi.
- Med meritvami detajla približno vsakih 20 detajlnih točk kontroliramo stabilnost instrumenta s ponovno izmero smeri na vsaj eno od orientacijskih točk. Ponovljeno meritev orientacije registriramo, meritev pa se upošteva pri izračunu srednjega orientacijskega kota. **Razlika glede na prvotno vrednost orientacijske smeri naj ne bo več kot 20".** Če je razlika večja, je potrebna ponovna orientacija. Snemanje nadaljujemo brez ponavljanja že opravljenih meritev.

## 4.2 Signalizacija detajlne točke

- Detajlno točko signalizirano z reflektorjem s tarčo. Za centriranje uporabimo togo grezilo z dozno libelo. Zahteve, omejitve:
  - **maksimalna dolžina togega grezila je 2 m,**
  - **dozna libela togega grezila mora biti rektificirana**
  - **v primeru snemanja mejnika za zagotovitev stabilnosti uporabimo trinožnik (poseben stativ za togo grezilo).**
- Posebni primeri: Zaradi dimenzijskih omejitev reflektorja na togem grezilu signalizacijo ne moremo izvesti direktno za detajlne točke, ki ležijo neposredno ob oziroma na pokončnih ovirah.

### Primeri:

(A) Zunanji vogal objekta detajlno izmerimo tako, da postavimo prizmo vzporedno z zunanjim vogalom, izmerimo samo dolžino  $d$ , nato popravimo horizontalno smer za vrednost  $\Delta\alpha$ .

(B) Notranji vogal objekta izmerimo tako, da prizmo postavimo v vogal in viziramo sredino prizme pri tem pa z vertikalno nitjo naviziramo notranji rob. Registriramo vse tri merske količine, z žepnim trakom pa dodatno izmerimo manjkajoči del od sredine prizme do vogala. To vrednost si zapišemo in jo kasneje prištejemo (v digitalnem zapisniku meritev) horizontirani dolžini.

Zgornjima problemoma se izognemo, če uporabljamo razdaljemere, ki omogočajo merjenje dolžin brez uporabe reflektorja. Pri tem pa je zelo pomembno pravilno mesto viziranja (efektivna odbojna točka)! **Merjenja brez uporabe reflektorjev se poslužujemo le v primerih, kadar običajne meritve niso mogoče!**

## 4.3 Zajem merskih vrednosti za detajlne točke

- **Maksimalna oddaljenost** detajlnih točk je odvisna od zahtevane natančnosti določitve položaja detajlne točke. Pogojujejo jo tudi trenutne vremenske razmere, saj npr. ob močni pripeki migotanje zraka onemogoča dobro viziranje že na 50 m.

Glede na vrsto detajlne točke in s tem povezano možnostjo kvalitetnega centriranja reflektorja upoštevamo sledeči vrednosti:

- **do 100 m za ZK točke (mejniki) in zgradbe,**
- **do 150 m za infrastrukturne objekte.**
- Meritve do detajlnih točk izvajamo v eni krožni legi.
- **Neodvisne merske kontrole** – kontrolne mere kot so fronti ali čelne mere, križne mere idr. lahko izvedemo z ročnimi merskimi trakovi ali ročnimi elektronskimi razdaljmeri. **Vrsta in količina kontrolnih meritev je odvisna od vrste detajla! Priporoča se, da se na vsako detajlno točko nanaša vsaj ena neodvisna kontrolna merska vrednost.**

## 5 Obdelava in prikaz merskih vrednosti

### 5.1 Zapisnik terenskih meritev

V sodobnih elektronskih instrumentih se terenski zapisnik merskih vrednosti shranjuje v notranji pomnilnik instrumenta. Shranjene merske vrednosti za posamezno detajlno točko so:

- številka in koda detajlne točke,
- horizontalna smer,
- zenitna razdalja,
- poševna dolžina z upoštevanjem meteoroloških parametrov in adicijske konstante,
- višina reflektorja.

Določene merske vrednosti, predvsem kontrolne mere, je potrebno zapisati. Priporočljivo je zapisati tudi posamezne spremembe višine reflektorja.

### 5.2 Obdelava merskih vrednosti

Postopek obdelave meritev glede na zahtevano natančnost ni problematičen. Pri redukciji dolžin upoštevamo zahteve državne kartografske projekcije. Dolžino reduciramo

- na nivo referenčnega elipsoida, za redukcijo potrebujemo torej elipsoidne višine ???

Primer: oddaljenost detajlne točke 100 m:

$$\begin{array}{ll} y_m = 130 \text{ km} & \Delta S = 0.010 \text{ m} \\ h_m = 1000 \text{ m} & S_m - S_0 = 0.015 \text{ m} \end{array}$$

- na Gauß Krügerjevo projekcijsko ravnino in jo moduliramo

Pri izračunu višinske razlike ni potrebno upoštevati vpliva ukrivljenosti Zemlje in vertikalne refrakcije. **Pri preračunih merskih vrednosti uporabimo sledeče dogovorjene vrednosti:**

- **polmer Zemlje:**  $R = 6378000 \text{ m}$
- **geoidna ondulacija:**  $\Delta N = 45 \text{ m}$

**Ob upoštevanju teh zahtev lahko izvedemo izračun koordinat detajlnih točk na tahimetru.**

## ***6 Arhiviranje***

**Obrazec izmere, ki naj vsebuje:**

- **podatke o instrumentu, operaterju, načinu izmere, posebnostih ...**
- **elaborat izmere s terensko skico**
  - **izračun koordinat prostega stojišča**
  - **izračun (spisek) koordinat detajlnih točk**
  - **skica izmere**
  - **geodetski načrt**