

# Navodilo za nadzor kakovosti podatkov v novem koordinatnem sistemu

(Različica 2.0, 20. 03. 2008)

Nika Mesner, Geodetski inštitut Slovenije  
Sandi Berk, Geodetski inštitut Slovenije

**Navodilo za nadzor kakovosti podatkov v novem koordinatnem sistemu obravnava metode izmere in obdelavo podatkov za potrebe nadzora položajne natančnosti zemljiškokatastrskih podatkov v novem koordinatnem sistemu. Predmet kontrole zemljiškokatastrskih podatkov so koordinate ZK-točk, ki so določene z izmero na terenu ali s transformacijo, medtem ko se ostala vsebina elaborata ne kontrolira. To navodilo opisuje celoten postopek ugotavljanja ali so koordinate ZK-točk določene z natančnostjo, ki ustreza predpisani natančnosti koordinat v Pravilniku o urejanju mej ter spreminjanju in evidentiranju podatkov v zemljiškem katastru (Uradni list RS, 8/2007; v nadaljevanju Pravilnik o urejanju mej). Pravno podlago za ukrepanje Geodetske uprave Republike Slovenije v primeru ugotovitve nepravilnosti podatkov predstavlja 8. odstavek 6. člena Zakona o evidentiranju nepremičnin (Uradni list, RS 47/2006). Osnova za pripravo teh navodil so navodila za izmero, ki jih je v letih 2006 in 2007 pripravila Geodetska uprava Republike Slovenije (Tehnično navodilo za uporabo novega koordinatnega sistema v zemljiškem katastru in Navodilo za izvajanje klasične geodetske izmere v novem državnem koordinatnem sistemu).**

V evidenci zemljiškega katastra se od 01. 01. 2008 uporablja tudi koordinatni sistem D96/TM. Vse ZK-točke, katerim koordinate so določene po tem datumu, imajo položaj določen v D96/TM. Novi koordinatni sistem in kakovostna geodetska izmera omogočata določanje koordinat ZK-točk na celotnem območju Slovenije z natančnostjo, ki jo predpisuje Pravilnik o urejanju mej. Namen nadzora kakovosti podatkov v novem koordinatnem sistemu je, da se ugotovi dejanska kakovost podatkov zemljiškega katastra v novem koordinatnem sistemu ter da se sankcionira nepravilne določitve koordinat zaradi neprofesionalnega dela geodetskih podjetij.

V primeru ugotovitve napačnih koordinat ZK-točk Geodetska uprava pozove geodetsko podjetje, da napako odpravi v določenem roku. Če ta napake ne odpravi, jo odpravi Geodetska uprava na stroške geodetskega podjetja. Ukrepe določa ZEN v 8. členu.

Za dodatne informacije o izvajanju terenskih metod izmere se priporoča uporaba Tehničnega navodila za uporabo novega koordinatnega sistema v zemljiškem katastru ter Navodila za izvajanje klasične geodetske izmere v novem državnem koordinatnem sistemu. Obe navodili sta objavljeni na spletnih straneh Geodetske uprave Republike Slovenije.

## 1 Opredelitev kakovosti podatkov v novem koordinatnem sistemu

V 35. členu Pravilnika o urejanju mej ter spreminjanju in evidentiranju podatkov v zemljiškem katastru (v nadaljevanju Pravilnik o urejanju mej) je predpisana natančnost določitve koordinat ZK-točk z daljšo polosjo standardne elipse zaupanja, ki mora biti krajša od 4 cm. Predpisana natančnost velja tako za ZK-točke, določene z meritvami na terenu, kot tudi za točke, katerih koordinate so bile določene s transformacijo (Pravilnik o urejanju mej, 39. člen).

Predmet kontrole so koordinate ZK-točk iz elaborata določene zemljiškokatastrske storitve. Načeloma se kontrolirajo koordinate vseh ZK-točk iz elaborata (določene z izmero in/ali s transformacijo), razen v primerih kontrole elaboratov obsežnejših izmer. Za te ni smotrno kontroliranje koordinat vseh točk, temveč je smiselno izvajati kontrolo na določenem vzorcu. Pri izbiri vzorca se priporoča upoštevanje naslednjih smernic:

- število točk v kontroli je 20 % vseh ZK točk;
- prostorska razporeditev točk v kontroli naj bo na območju izmere čimbolj enakomerna.

Za elaborate zelo malih izmer, kjer je število ZK-točk manjše od 5, je priporočljiv večji odstotek kontroliranih točk (npr. vsaj dve točki).

## 2 Merska in programska oprema

Za potrebe izmere za nadzor kakovosti podatkov v novem koordinatnem sistemu rabimo komplet merske opreme za GNSS- in klasično izmero, ročni razdaljemer ter pripadajočo programsko opremo.

**Komplet merske opreme za GNSS izmero** mora omogočati določitev koordinat z natančnostjo ravninskih koordinat na nivoju enega centimetra. Za izmero rabimo:

- vsaj dvofrekvenčni GNSS sprejemnik z anteno,
- možnost določitve baznih vektorjev z natančnostjo boljšo od nekaj cm,
- togo grezilo z vgrajeno dozno libelo in nastavkom za anteno ter
- stativ s trinožnim podstavkom za namestitev antene.

GNSS sprejemnik naj omogoča vsaj naslednje funkcije:

- možnost sprejema podatkov v formatu RTCM preko klicnega dostopa (GSM-podatkovni klic) ali preko spleta (paketni prenos GPRS);
- podpora tehnologiji VRS in posredovanju podatkov v formatu NMEA;
- podpora RTK-, kinematični in hitri statični metodi izmere;
- shranjevanje opazovanj (tudi opazovanj RTK-metode izmere).

**Komplet merske opreme za klasično izmero** sestavlja:

- elektronski tahimeter, ki omogoča avtomatsko registracijo horizontalnih smeri, zenitnih razdalj in poševnih dolžin
- rektificiran reflektor z vizirno tarčo in s poznano adicijsko konstanto,
- togo grezilo z vgrajeno dozno libelo in nastavkom za reflektor ter
- drobni pribor (žepni merski trak, termometer in barometer).

Tahimeter mora omogočati določitev horizontalnih smeri in zenitnih razdalj z natančnostjo boljšo od 10 ločnih sekund ter določitev dolžin z natančnostjo boljšo od 10 mm + 5 ppm. Merska oprema za klasično izmero mora biti preizkušena in umerjena na pooblaščenem servisu vsaj enkrat letno.

**Programska oprema** mora omogočati obdelavo GNSS- in klasičnih opazovanj, izravnavo vektorjev in klasičnih opazovanj ter izračun natančnosti koordinat točk (parametri standardne elipse zaupanja).

### 3 Metode izmere

Za potrebe nadzora kakovosti podatkov v novem koordinatnem sistemu se uporabi **GNSS- ali kombinirana metoda izmere**. Izbira načina izmere je v veliki meri odvisna od strokovne presoje kontrolorja, ki se odloči za najbolj smotno metodo izmere na posameznem delovišču. Če so izpolnjeni vsi pogoji za GNSS-izmero se vedno uporabi slednja, saj omogoča neposredno in zato enostavnejšo in hitrejšo določitev koordinat točk v novem DKS. Pogoji za uporabo GNSS-metode izmere so:

- vsaj 5 do 6 GNSS-satelitov z ugodno geometrijsko razporeditvijo,
- odsotnost fizičnih ovir v neposredni bližini detajlnih točk, posebej južno od točk izmere ter
- odsotnost odbojnih ravnih površin v neposredni bližini točk.

V nasprotnem primeru, oz. če pri GNSS-izmeri prihaja do pogoste izgube inicializacije in pogostih prekinitvev signala, se uporabi kombinirana metoda izmere. Ne glede na izbrano metodo izmere, mora biti natančnost ravninskih koordinat točk boljša od 4 cm (glede na omrežje SIGNAL).

**V primeru uporabe GNSS izmere** se koordinate točk v kontroli določijo z RTK- ali kinematično metodo izmere. Prioriteto ima RTK-metoda izmere, saj je hitrejša in rezultat (koordinate in natančnost le-teh) pridobimo neposredno na terenu. Kinematično metodo pa uporabimo samo v primerih, ko RTK-metoda ni izvedljiva zaradi težav s komunikacijo med GNSS-sprejemnikom in centrom omrežja SIGNAL (delna ali popolna nepokritost z GSM signalom). Kinematična metoda je bistveno počasnejša od RTK-metode, saj je trajanje opazovanj na posameznih točkah daljše, poleg tega pa je potrebna tudi naknadna obdelava opazovanj v pisarni. Tako pri RTK- kot tudi pri kinematični metodi se uporabi Stop&Go način zajema koordinat.

**V primeru uporabe kombinirane izmere** se uporabi tako GNSS- kot tudi klasična metoda izmere. GNSS-metoda izmere se uporabi za določitev koordinat točk izmeritvene mreže, medtem ko se klasična metoda izmere uporabi za določitev koordinat točk v kontroli. Izmeritvene točke služijo za vklop klasičnih opazovanj v novi DKS. Za določitev koordinat izmeritvenih točk se uporabi hitra statična metoda izmere, saj morajo biti koordinate določene z vsaj dvakrat višjo natančnostjo kot koordinate točk v kontroli. Izmeritvene točke se nato uporabijo kot stojišča in orientacijske točke za klasično izmero. Za klasično izmero se uporabi polarna metoda izmere, kjer koordinate točk v kontroli izračunamo na podlagi direktno merjenih smeri in dolžin. Za kakovostno izvedbo kombinirane metode izmere morata biti zagotovljena vsaj 2 osnovna pogoja:

- vsaj na nekaterih delih delovišča morajo biti izpolnjeni pogoji za izvedbo kakovostne GNSS izmere;
- izmeritvene točke morajo zagotavljati kakovostno osnovo za vklop klasičnih meritev v nov DKS.

## 4 Terenska izmera

### 4.1 Priprava na terensko izmero

Zaradi želje po čimhitrejši in hkrati kakovostni izvedbi izmere, je zelo priporočljiva **priprava na terensko izmero že v pisarni**. Na ažurni kartografski podlagi (npr. ortofotonačrt) se preveri lega točk, ki jih želimo kontrolirati. Ugotoviti je treba, ali se v okolici katere od točk nahajajo fizične in druge ovire, ki bi lahko onemogočile ali otežile izvedbo GNSS-izmere. Če se ugotovi, da ne obstajajo tehtni razlogi, da GNSS-izmera ne bi bila izvedljiva, se preveri še, če bo na načrtovani datum in čas izmere, število satelitov večje od 6 in če bodo le-ti ugodno razporejeni. Poleg tega se na spletnih straneh izbranega mobilnega operaterja preveri, če je načrtovano območje izmere dobro pokrito z GSM-signalom<sup>1</sup>.

Na podlagi ugotovljenega se lahko že v pisarni sprejme odločitev o izbiri metode izmere, bodisi GNSS- ali kombinirane in tudi, ali bo ustrezna RTK- ali kinematična metoda GNSS-izmere. Vnaprejšnje poznavanje metode izmere, ki se bo uporabila na določenem delovišču, omogoča optimalno načrtovanje izmere (potrebe po kadrih, trajanje izmere ...).

### 4.2 Uporaba kombinirane metode izmere

Kombinirano metodo izmere se izvaja tako, da se:

- s hitro statično metodo določi koordinate izmeritvenih točk in
- s klasično (polarno) metodo določi koordinate točk v kontroli (ZK-točk).

### Vzpostavitev izmeritvene mreže

Pred samim pričetkom izmere je treba vzpostaviti izmeritveno mrežo. Pri izbiri položaja točk izmeritvene mreže je treba upoštevati naslednje:

1. Minimalno število izmeritvenih točk (za eno stojišče) je 4, kjer bo ena točka uporabljena kot stojišče, 3 točke pa kot orientacijske točke.
2. Medsebojna vidnost izmeritvenih točk: iz vsake izmeritvene točke, ki se bo uporabila kot stojišče, morajo biti vidne vsaj 3 druge izmeritvene točke, ki služijo za orientacijo.
3. Oddaljenost med izmeritvenimi točkami: razdalja med orientacijsko točko in stojiščem mora biti večja od razdalje med stojiščem in najbolj oddaljeno točko v kontroli (ZK-točko).
4. Lokacija izmeritvenih točk naj bo izbrana tako, da je mogoča izvedba GNSS-izmere (odsotnost fizičnih ovir v okolici točke).

---

<sup>1</sup> Informacije o pokritosti z GSM signalom pridobite na spletnih straneh: <http://www.mobitel.si/slo/Ponudba/GSMnarocniki/OMobitelGSM/Osnovnipodatki/PokritostSlovenije/zemljevid.asp> (Mobitel) in <http://vfjava.simobil.net/coverage/> (Simobil).

## Izmera izmeritvenih točk

Natančnost določitve izmeritvenih točk mora biti vsaj 2-krat višja od zahtevane natančnosti ZK-točk, tj. daljša polos standardne elipse zaupanja mora biti krajša od 2 cm. Za zagotovitev tega pogoja je treba **uporabiti hitro statično metodo** izmere. Parametri hitre statične metode izmere so odvisni od pogojev za GNSS-izmero. V primeru idealnih pogojev<sup>2</sup> velja:

- interval registracije je največ 5 s,
- minimalni višinski kot je vsaj 10°,
- faktor PDOP je manjši od 6,
- trajanje opazovanj je 10 min + 1 min/km oddaljenosti od stalne GNSS-postaje ali 0,5 min/km oddaljenosti od najbližje stalne GNSS-postaje, če se navežemo na VRS.

Če pogoji za GNSS-izmero niso idealni je treba:

- zmanjšati interval registracije na 1 s in
- podaljšati trajanje opazovanj na 15 do 20 min + 0,5 min/km oddaljenosti od najbližje stalne GNSS-postaje; obvezna je navezava na VRS.

Pri postavitvi GNSS-antene na izmeritveno točko mora le-ta biti nameščena na stativu, centriranje pa naj bo izvedeno z optičnim ali laserskim grezilom. Natančnost centriranja naj bo vsaj 1 mm.

Koordinate točk izmeritvene mreže so določene v okviru obdelave vektorjev med izmeritvenimi točkami in GNSS-postajami omrežja SIGNAL oz. VRS, ki služijo za vklop opazovanj v novi DKS. Za postopek glej 5.1 Obdelava GNSS opazovanj.

## Izmera točk v kontroli

Za določitev koordinat točk v kontroli se uporabi klasična (polarna) metoda izmere. Natančnost določitve točk v kontroli mora ustrezati zahtevani natančnosti ZK-točk, tj. daljša polos standardne elipse zaupanja mora biti krajša od 4 cm.

Oddaljenost točk v kontroli od stojišča ne sme presegati 100 m; maksimalna oddaljenost naj bo taka, da v danih pogojih omogoča še kakovostno viziranje. V primeru, da izmeritvene mreže ni mogoče pripeljati v ustrezno bližino detajla, si pomagamo s **prostim stojiščem**. Koordinate prostega stojišča se določijo na osnovi merjenja horizontalnih smeri, poševnih dolžin in zenitnih razdalj do najmanj treh točk 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,
- zagotoviti je treba nadštevilnost meritev (merjenje kotov v obeh krožnih legah in obojestransko merjenje dolžin),
- na začetku meritev se izmeri temperatura in zračni tlak,
- natančnost centriranja instrumenta na izmeritveni točki naj bo boljša od 1 mm.

---

<sup>2</sup> Idealni pogoji za GNSS izmero so: število vidnih satelitov večje od 6, ugodna geometrijska razporeditev satelitov, odsotnost fizičnih ovir, ki bi povzročale pogoste prekinitve (cycle slipi) ali odboj signala (multipath).

Koordinate prostega stojišča se določijo z izravnavo opazovanj po metodi najmanjših kvadratov. Natančnost ravninskih koordinat mora biti boljša od 2 cm (daljša polos standardne elipse zaupanja).

Pri izvedbi meritev za **določitev koordinat točk v kontroli** je treba upoštevati naslednje:

- pred začetkom izmere se na vsakem stojišču izmeri tlak in temperature zraka;
- višina instrumenta mora biti zaokrožena na mm;
- orientacijske smeri morajo biti izmerjene na 3 izmeritvene točke v dveh krožnih legah;
- signalizacija točk z reflektorjem na togem grezilu, ki mora imeti vgrajeno rektificirano dozno libelo;
- točke v kontroli se merijo v eni krožni legi z minimalnim številom opazovanj (smer, zenitna razdalja in dolžina).

Na koncu izmere se izvede še kontrola meritev tako, da:

- se preveri stabilnost instrumenta s ponovno izmero ene orientacijske smeri (razlika mora biti manjša od 20 sekund), in da
- se izvedejo neodvisne kontrolne meritve (z ročnimi razdaljemeri) kot so fronti, križne mere, idr. (v kontrolne meritve morajo biti vključene vse točke).

### **Shranjevanje podatkov z opazovanji**

V okviru kombinirane izmere je treba shranjevati vse surove podatke z opazovanji:

- opazovanja GNSS-izmere in
- opazovanja klasične izmere (smeri, zenitne razdalje ter dolžine).

### **4.3 Uporaba GNSS metod izmere**

Primerni GNSS-metodi za določitev koordinat točk v kontroli s predpisano natančnostjo 4 cm (daljša polos standardne elipse zaupanja) sta:

- RTK (angl. Real-Time Kinematic) in
- kinematična metoda izmere.

Priporočljivo je, da se uporabi RTK-metoda izmere, saj je hitrejša in koordinate točk dobimo neposredno na terenu. Na deloviščih, ki so slabo ali popolnoma nepokrita z GSM-signalom, je uporaba RTK-metode nemogoča; le v takih primerih se uporabi kinematična metoda izmere.

Tako pri RTK- kot tudi pri kinematični metodi se uporabi Stop&Go način zajema koordinat.

### **RTK-metoda izmere**

Za izvedbo RTK-metode izmere je treba vzpostaviti komunikacijsko povezavo med omrežjem SIGNAL (stalna GNSS-postaja ali VRS) in GNSS-sprejemnikom. Preko te povezave se pošiljajo popravki opazovanj, kar omogoča obdelavo opazovanj v realnem

času. Rezultat obdelave so koordinate točk v novem DKS in pripadajoča natančnost letih.

Komunikacijo povezavo z omrežjem SIGNAL lahko vzpostavimo na 2 načina:

- GSM-povezava (podatkovni klic) ali
- GPRS-povezava (paketni prenos podatkov).

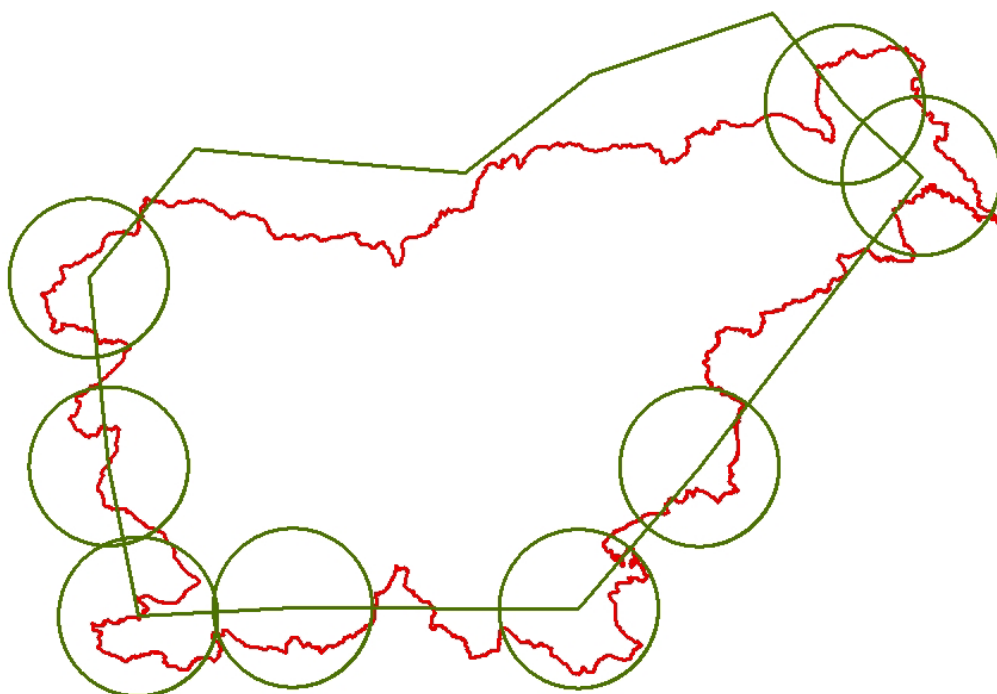
Če je mogoče, se uporabi GPRS-povezava, saj je strošek prenosa podatkov bistveno manjši. Toda v primeru preobremenjenosti omrežja mobilnega operaterja ali slabega GSM-signala GPRS-povezava ni možna oz. je preko GPRS-povezave slab prenos podatkov, kar se kaže v dolgotrajni ali neuspešni inicializaciji. Takrat se komunikacijska povezava z omrežjem SIGNAL vzpostavi preko podatkovnega klica (GSM-povezava).

Prenos podatkov z opazovanj oz. popravki opazovanj GNSS-postaje ali VRS je možen v formatu RTCM 2.3 in 3.0. Če je mogoče, naj se uporablja format RTCM 3.0, saj je količina podatkov za polovico manjša kot v formatu 2.3.

Za navezavo na nov DKS se lahko uporabi:

- najbližja stalna GNSS-postaja omrežja SIGNAL ali
- navidezna referenčna postaja VRS.

Znotraj oboda omrežja SIGNAL (glej zaključeni poligon na Sliki 1) naj se uporablja navezava na VRS, medtem ko se je izven tega oboda bolje navezati na najbližjo GNSS-postajo. Sicer je tudi znotraj oboda možna uporaba navezave na posamezno GNSS-postajo, vendar le v primerih, ko je ta od območja izmere oddaljena manj kot 10 km.



**Slika 1: Območje uporabe navezave na VRS (znotraj poligona) ter navezave na stalno GNSS-postajo (znotraj krogov).**

Parametri RTK-metode izmere so odvisni od pogojev za GNSS-izmero. V primeru idealnih pogojev<sup>3</sup> velja:

- interval registracije je 1 s,
- minimalni višinski kot je 10 °,
- faktor PDOP je manjši od 6 ter
- trajanje opazovanj na posamezni točki je najmanj 10 s.

Če pogoji za GNSS-izmero niso idealni, je treba podaljšati trajanje opazovanj (20–60 s), povečati višinski kot (največ 15 °) ter se obvezno navezati na VRS.

Priporoča se, da se za izmero točk v kontroli uporabi togo grezilo s trinožnikom, kar omogoča natančno centriranje antene na točki.

Pri RTK-metodi izmere je obvezno shranjevanje surovih opazovanj za potrebe dokumentiranja izmere in naknadne obdelave opazovanj v pisarni za potrebe kontrole rezultatov.

### **Kinematična metoda izmere**

Kinematična metoda se od RTK-metode razlikuje le v tem, da se obdelava opazovanj izvaja naknadno v pisarni. Ne glede na to je treba pred začetkom izmere točk izvesti inicializacijo, tako da zagotovimo dovolj opazovanj, da bo v pisarni mogoč izračun neznanega števila celih valov. Trajanje opazovanj za potrebe inicializacije je odvisno od števila vidnih satelitov:

- več kot 6 satelitov: 2 minuti
- 6 satelitov: 3 minute
- 5 satelitov: 5 minut

Smiselno je, da opazovanja za potrebe inicializacije izvajamo na čimbolj odprtem delu delovišča. Če se fizičnim oviram za GNSS-opazovanja ne moremo izogniti, pa je smiselno trajanje opazovanj za potrebe inicializacije podaljšati. Če bo opazovanj premalo za izračun neznanega števila celih valov, namreč ne bo mogoč izračun koordinat točk v kontroli in terensko izmero bo potrebno ponoviti.

Parametri kinematične metode izmere so v primeru idealnih pogojev enaki kot pri RTK-metodi izmere, le da je trajanje opazovanj na posameznih točkah daljše (najmanj 30 sekund). V primeru slabših pogojev za GNSS-izmero se priporoča dodatno podaljšanje časa opazovanj (60–120 sekund). Priporoča se, da se za izmero točk v kontroli uporabi togo grezilo s trinožnikom, kar omogoča kakovostno centriranje antene na točki.

Koordinate točk v kontroli se določijo v okviru obdelave vektorjev med temi točkami in VRS oz. najbližjo GNSS-postajo, ki služita za vklop opazovanj v novi DKS. Za postopek izračuna glej 5.1 Obdelava GNSS opazovanj.

**Zaradi zagotovitve nadštevilnih opazovanj** je treba tako pri RTK- kot tudi pri kinematični izmeri vsako točko izmeriti dvakrat; pri čemer mora med zaporednimi meritvami identičnih točk preteči vsaj 30 minut. Pred začetkom druge serije meritev je treba sprejemnik ponovno inicializirati Nato se izvede še kontrola meritev z neodvisnimi

---

<sup>3</sup> Idealni pogoji za GNSS izmero so: število vidnih satelitov večje od 6, ugodna geometrijska razporeditev satelitov, odsotnost fizičnih ovir, ki bi povzročale pogoste prekinitve (cycle slipi) ali odboj signala (multipath), uporaba navezave na VRS ali oddaljenost od najbližje GNSS postaje manjša od 5 km.



kontrolnimi meritvami z ročnimi razdaljemerji kot so fronti, križne mere, idr. (v kontrolne meritve morajo biti vključene vse izmerjene točke).

#### 4.4 Zapisnik izmere

Med izvedbo izmere je treba voditi zapisnik izmere, iz katerega so razvidni vsi parametri uporabljene metode izmere in sam potek meritev. Podatki v zapisniku izmere so osnova za obdelavo opazovanj ter izračun koordinat točk v kontroli.

V [Prilogi 1](#) in [Prilogi 2](#) sta obrazca, v katera vpisujemo podatke o izmeri:

- zapisnik GNSS-izmere in
- zapisnik kombinirane izmere.

## 5 Obdelava podatkov

### 5.1 Obdelava GNSS-opazovanj

Naknadna obdelava GNSS-opazovanj je potrebna samo za opazovanja kinematične in hitre statične izmere. Postopek obdelave opazovanj je za obe metodi izmere praktično enak.

#### Navezava na novi DKS

Za potrebe obdelave GNSS-opazovanj in izračuna koordinat v novem DKS, je treba pridobiti podatke z opazovanji VRS ali opazovanji na stalni GNSS-postaji. Podobno kot pri RTK-metodi izmere, tudi tukaj velja, da je za navezavo najbolje uporabiti VRS. Če se točke nahajajo izven oboda omrežja SIGNAL, se je treba navezati na najbližjo stalno GNSS-postajo (glej Sliko 1).

#### Priprava podatkov

Za obdelavo GNSS-opazovanj so potrebni naslednji podatki:

- opazovanja hitre statične oz. kinematične izmere,
- opazovanja VRS- oz. stalne GNSS-postaje ter
- položaj satelitov v času izmere (efemeride).

Podatke z opazovanji VRS- oz. stalne GNSS-postaje je treba pridobiti za enak časovni interval, kot so bile izvedene meritve na točkah v kontroli oz. na izmeritvenih točkah. Podatki z opazovanji v formatu RINEX so dostopni na spletni strani Službe za GPS <http://www.gu-signal.si>. Po pridobitvi podatkov z opazovanji je treba preveriti pravilnost koordinat točk za navezavo, tipe anten, sprejemnikov in višine anten na posameznih točkah.

Priporoča se, da se za podatke o položaju satelitov uporabi Ultra-Rapid efemeride, ki so na voljo že v času izmere in do katerih se lahko dostopa preko spletne strani <http://igsceb.jpl.nasa.gov/igsceb/product>. Če so v času obdelave na voljo tudi IGS Rapid efemeride pa uporabimo slednje, ki so dostopne na isti spletni strani s časovno zakasnitvijo 24 ur.

## Obdelava vektorjev

Po uvozu opazovanj in pregledu pravilnosti uvoženih podatkov sledi tvorba vektorjev med dano točko (VRS- ali stalna GNSS-postaja) in novimi točkami (izmeritvene in točke v kontroli). Vektorji gredo nato v obdelavo. Kot uspešno obdelan vektor lahko obravnavamo primer, ko je neznano število celih valov določeno kot celo število (angl. Fixed solution); v nasprotnem primeru (float solution) vektor ni primeren za izračun koordinat izmeritvenih točk. Osnovne nastavitve obdelave vektorja so:

- višinski kot: 10 ° do 15 °,
- model troposfere: Hopfield,
- Ultra Rapid ali Rapid efemeride (če so na voljo) in
- obdelava vektorja na L1 oz. na L3 (če so vektorji daljši od 5 km).

Nato je treba oceniti kakovost obdelanega vektorja. Cenilke kvalitete so:

- tip rešitve,
- razmerje (angl. Ratio) in
- RMS obdelanega vektorja.

Tip rešitve vektorja se nanaša na določitev neznanega števila celih valov. Za izračun koordinat točk sta edini sprejemljivi rešitvi L1 fixed in L3 (Lc) fixed.

Razmerje (Ratio) med a posteriori referenčno varianco prve in druge najboljše rešitve vektorja mora biti čim večje, in sicer vsaj 1,5 pri kinematični izmeri ter vsaj 2 pri hitri statični izmeri.

RMS obdelanega vektorja mora biti čim manjši, in sicer največ 1.5 cm (hitra statična metoda izmere) oz. 3 cm (kinematična metoda izmere).

Če cenilke kakovosti obdelanega vektorja ne ustrezajo zgoraj opisanim kriterijem, tak vektor ni primeren za izračun koordinat niti izmeritvenih točk niti točk v kontroli.

## 5.2 Izračun koordinat

Postopek izračuna koordinat točk v kontroli je odvisen od metode izmere, tj. GNSS- ali kombinirana.

### GNSS-metoda izmere

Zaradi zagotovitve nadštevilnih opazovanj pri kinematični in RTK-metodi izmere je vsaka točka v kontroli izmerjena dvakrat, kar pomeni, da za identične točke obstajata po dva para koordinat. Končni rezultat je izravnani par koordinat točk, ki je izračunan kot povprečje obeh parov koordinat po sledeči formuli:

$$T(N, E) = \frac{T(N_1, E_1) + T(N_2, E_2)}{2}$$

## Kombinirana metoda izmere

Koordinate izmeritvenih točk so določene v okviru obdelave opazovanj hitre statične izmere (glej 5.1 Obdelava GNSS-opazovanj) in se v okviru klasične izmere uporabijo kot stojišča in orientacijske točke. Koordinate točk v kontroli se izračunajo po običajnih postopkih obdelave klasičnih opazovanj, tj. koordinat stojišča, srednjega orientacijskega kota ter merjenega kota in dolžine do točke v kontroli. Glej Navodilo za izvajanje klasične geodetske izmere v novem državnem koordinatnem sistemu.

Rezultati izravnave opazovanj orientacijskih točk so tudi pokazatelj kakovosti relativnih odnosov med izmeritvenimi točkami. Če se ugotovijo prevelika odstopanja, je treba ponoviti postopek obdelave GNSS-opazovanj in izračuna koordinat izmeritvenih točk.

### 5.3 Ocena natančnosti koordinat

Izračunati je treba parametre standardne elipse zaupanja koordinat točk:

- daljšo polos (a),
- krajšo polos (b) in
- zasuk elipse ( $\theta$ ).

Vendar nas najbolj zanima dolžina daljše polosi (a), katere maksimalna dolžina (4 cm) je predpisana v Pravilniku o urejanju mej (35. člen). Za izračun parametrov elipse zaupanja moramo poznati standardne odklone koordinat ( $\sigma_N$ ,  $\sigma_E$ ) ter kovarianco ( $\sigma_{NE}$ ). Daljšo polos standardne elipse zaupanja se izračuna po formuli:

$$a = \sqrt{\frac{\sigma_N^2 + \sigma_E^2}{2}} + \sqrt{\frac{(\sigma_N^2 - \sigma_E^2)^2}{4} + \sigma_{NE}^2}$$

Dolžina polosi a mora biti krajša od 4 cm; v nasprotnem primeru se koordinate te točke ne morejo uporabiti za kontrolo koordinat ZK-točke.

Izračun standardnih odklonov koordinat za potrebe izračuna standardne elipse zaupanja je odvisen od uporabljene metode izmere.

### GNSS-metoda izmere

V okviru GNSS-izmere dobimo kot rezultat izračuna koordinat (iz programa) tudi standardne odklone koordinat vektorja med točko za navezavo (VRS- ali GNSS-postaja) in točko v kontroli (ZK-točka). Ker nas zanima natančnost določitve točke glede na omrežje SIGNAL, so natančnosti koordinatnih komponent vektorja dejansko enake standardnemu odklonu koordinat točk v kontroli.

Koordinate točk določene v okviru GNSS-metode izmere so izračunane kot povprečje koordinat določenih v dvakratnih meritvah. Standardni odkloni in kovarianca določitve izmerjenih točk so ( $\sigma_{N1}$ ,  $\sigma_{E1}$ ,  $\sigma_{N1E1}$ ) ter ( $\sigma_{N2}$ ,  $\sigma_{E2}$ ,  $\sigma_{N2E2}$ ); standardne odklone in kovarianco izravnanih koordinat točk v kontroli izračunamo po formuli:

$$\sigma_N = \frac{\sqrt{\sigma_{N1}^2 + \sigma_{N2}^2}}{2}$$

Ekvivalentno formulo uporabimo tudi za izračun  $\sigma_E$  in  $\sigma_N$ .

## Kombinirana metoda izmere

Za izračun natančnosti koordinat točk v kontroli, ki so določene s kombinirano metodo izmere, je treba najprej izračunati natančnost koordinat izmeritvenih točk in nato le-te uporabiti pri izračunu natančnosti točk v kontroli.

Natančnost koordinat izmeritvenih točk (standardni odkloni) je izračunana v okviru obdelave vektorjev, kjer so standardni odkloni koordinatnih komponent vektorja enaki standardnim odklonom koordinat izmeritvenih točk. Če je izmeritvena točka izračunana v okviru izravnave vektorjev (navezava na več GNSS-postaj oz. VRS), so standardni odkloni koordinat privzeti iz rezultatov izravnave.

Sledi ocena natančnosti koordinat točk v kontroli, tako da v izračun vključimo:

- natančnost koordinat izmeritvenih točk (stojišče in orientacijske točke),
- natančnost kota (razlik smeri) do točke v kontroli ter
- natančnost razdalje med stojiščem in točko v kontroli.

Najprej je treba izračunati natančnost srednjega orientacijskega kota v okviru izravnave opazovanj orientacijskih smeri, natančnost merjenega kota in dolžine do točke v kontroli. Sledi izračun standardnih odklonov in kovariance koordinat točke v kontroli v skladu z zakonom o prenosu varianc in kovarianc.

Možnost izračuna natančnosti koordinat točk v kontroli je treba preveriti v programskem orodju, ki se bo uporabljalo za obdelavo klasičnih opazovanj. V kolikor izračun v tem programskem orodju ni mogoč, se je treba dogovoriti o možnostih nadgradnje ali uporabe drugega programskega orodja, ki to omogoča.

### 5.4 Izračun absolutnega odstopanja horizontalnega položaja

Končni rezultat obdelave podatkov in hkrati vhodni podatek za kontrolo kakovosti koordinat ZK-točk je absolutno odstopanje horizontalnega položaja identičnih točk, ki se izračuna po formuli

$$\sqrt{(N_K - N_{ZK})^2 + (E_K - E_{ZK})^2} .$$

Kjer so:

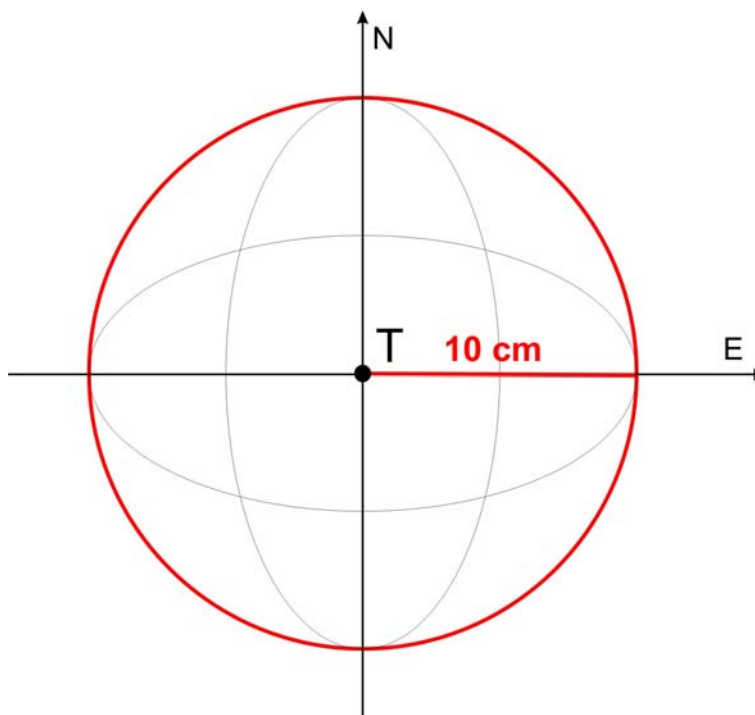
- $(N_K, E_K)$  ... koordinate točke v kontroli in
- $(N_{ZK}, E_{ZK})$  ... koordinate ZK-točke (iz elaborata v kontroli).

## 6 Vrednotenje rezultatov kontrole

V okviru nadzora kakovosti položajnih podatkov zemljiškega katastra se preverja zgolj ali so absolutne koordinate ZK-točk točne v okviru predpisane natančnosti v Pravilniku o urejanju mej (35. člen). Če se ugotovi nedopustno odstopanje koordinat, naloga Geodetske uprave ni, da išče vzroke za napako, temveč samo da poda mnenje, ali so koordinate ZK-točk iz elaborata v kontroli statistično enake točnim koordinatam<sup>4</sup> teh točk (v okviru predpisane natančnosti).

### 6.1 Opredelitev največjega še odstopanja koordinat

V Pravilniku o urejanju mej (35. člen) je predpisana natančnost ZK-točk s standardno elipso zaupanja, katere daljša polos je lahko največ 4 cm. Maksimalno odstopanje koordinat pa je opredeljeno z velikostjo maksimalne pripadajoče 95 % elipse zaupanja, katere daljša polos je 10 cm. Odvisno od koreliranosti ravninskih koordinat je lahko elipsa različno orientirana, zato smo pri definiranju maksimalnega odstopanja vzeli dva ekstrema: ko je elipsa orientirana v smeri N-osi oziroma v smeri E-osi. Okrog teh dveh elips lahko opišemo krog z radijem 10 cm; znotraj tega kroga so vse možne 95 % elipse zaupanja (neglede na njihovo orientacijo). **Največje dopustno odstopanje horizontalnega položaja ZK-točke tako znaša 10 cm.**



**Slika 2: Maksimalno odstopanje koordinat, izpeljano iz predpisane natančnosti koordinat ZK-točk.**

Če je ugotovljeno absolutno odstopanje horizontalnega položaja manjše od 10 cm, se smatra, da so koordinate ZK-točke ustrezne kakovosti, tj. določene s predpisano natančnostjo.

<sup>4</sup> Tu predpostavljamo, da so koordinate točk, določene po postopkih, opisanih v tem navodilu, točne.

V primeru ugotovitve nedopustnega odstopanja ni potrebna nobena dodatna izmera oz. ponoven izračun točk v kontroli, saj so koordinate določene na podlagi nadštevilnih meritev in končni rezultati so dodatno preverjeni z neodvisnimi merskimi kontrolami. Če pa se tekom izračuna pokaže sum na obstoj grobih pogreškov v opazovanjih, se vseeno priporoča, da se rezultati preverijo z dodatnimi opazovanji oz. da se preveri pravilnost obdelave podatkov.

## 6.2 Mejni primeri odstopanj

V nekaterih primerih bodo odstopanja koordinat nad dovoljeno mejo, vendar v vseh primerih ni smiselno zavračanje rezultatov (koordinat ZK-točke). Če odstopanje samo malenkostno prekorači dovoljeno mejo 10-ih cm (npr. do 12 cm) je smiselno upoštevati morebitne za izmero posebej težke pogoje in se tako odstopanje tolerira. Prav tako se tolerirajo nekoliko večja odstopanja, če točke določajo mejo parcele na območju manj intenzivne rabe zemljišč.

## 7 Poročilo o izvedeni kontroli

Poročilo o izvedeni kontroli naj obsega:

- podatke o elaboratu v kontroli: izvajalec, identifikacijske številke ZK-točk,
- seznam izmerjenih koordinat ZK-točk (s strani izvajalca),
- zapisnik kontrolne izmere,
- seznam izmerjenih koordinat ZK-točk (s strani kontrolorja),
- ocene natančnosti izmerjenih koordinat ZK-točk (s strani kontrolorja),
- presojo o ustreznosti/neustreznosti koordinat ZK-točk z obrazložitvijo in
- arhiviranje surovih opazovanj (priloga v digitalni obliki).

Predlog strukture poročila o izvedeni kontroli je podan v [Prilogi 3](#).