

# Navodilo za določanje višin z uporabo globalnih navigacijskih satelitskih sistemov

(Različica 2.0, 15. 11. 2010)

Pri pripravi navodil so sodelovali:

Geodetski inštitut Slovenije  
(dr. Mihaela Triglav Čekada, Nika Mesner, Katja Bajec, Sandi Berk)

Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo  
(dr. Bojan Stopar, dr. Miran Kuhar, dr. Božo Koler)

Geodetska uprava Republike Slovenije  
(mag. Blaž Mozetič, mag. Klemen Medved, Žarko Komadina)

## 1. Uvod

To navodilo za določanje višin z uporabo globalnih navigacijskih satelitskih sistemov (v nadaljevanju višinska GNSS-izmera) v državnem višinskem sistemu obravnava določanje nadmorskih višin točk z uporabo GNSS-tehnologije. Izvajanje GNSS-izmere s poudarkom na določanju horizontalnih koordinat točk je opredeljeno v Navodilu za izvajanje izmere z uporabo globalnih navigacijskih satelitskih sistemov v državnem koordinatnem sistemu.

Danes je v Sloveniji uradni sistem višin, sistem **normalnih ortometričnih višin**<sup>1</sup> ( $H^{NO}$ ), torej višin glede na ničelno nivojsko ploskev, merjeno vzdolž težiščnice. Ničelna nivojska ploskev je ploskev, ki omejuje telo, imenovano geoid. V prvem približku lahko rečemo, da geoid sovпада s ploskvijo srednjega nivoja morja; v nadaljevanju je zato za normalne ortometrične višine uporabljen termin **nadmorska višina** ( $H$ ).

V okviru GNSS-višinomerstva se neposredno določi **elipsoidna višina** ( $h$ ), ki je oddaljenost od ploskve izbranega elipsoida (GRS80), merjena vzdolž normale. Če želimo z GNSS-izmero določati višine v državnem višinskem sistemu, moramo poznati višino ploskve geoida nad ploskvijo referenčnega elipsoida, merjeno vzdolž težiščnice. To višino imenujemo **geoidna višina** ( $N$ ); zanjo se uporablja tudi sinonim geoidna ondulacija.

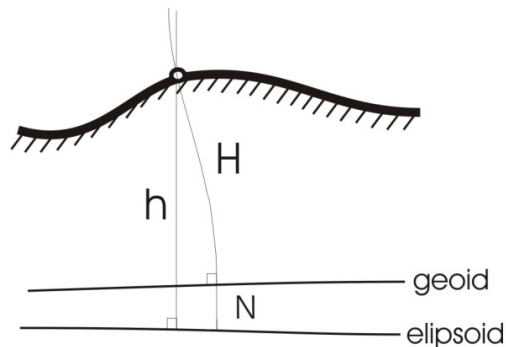
Nadmorsko višino ( $H$ ) izračunamo kot razliko elipsoidne višine ( $h$ ) in geoidne višine ( $N$ ) v izbrani točki:

$$H = h - N \quad (1)$$

---

<sup>1</sup> Normalne ortometrične višine so približek ortometričnih višin; razlika med njima je v načinu določitve težnostnega pospeška. Pri izračunu ortometričnih višin se uporablja izmerjeni težnostni pospešek, pri izračunu normalnih ortometričnih višin pa izračunani normalni težnostni pospešek. V Sloveniji so višine vseh višinskih točk (tudi točke nivelmana visoke natančnosti) izračunane kot normalne ortometrične višine, tj. brez poznavanja dejanskega težnostnega pospeška.

Geoidno višino lahko izračunamo na podlagi absolutnega modela geoida Slovenije<sup>2</sup> ali izjemoma s transformacijo, če ugotovimo, da je na danem območju model geoida preslabe kakovosti.



Slika 1: Elipsoidna višina  $h$ , nadmorska višina  $H$  in geoidna višina  $N$ .

Natančnost nadmorskih višin, določenih z uporabo GNSS-tehnologije, je odvisna od natančnosti elipsoidne višine določene z GNSS-metodo izmere in od natančnosti določitve geoidne višine. Standardni odklon nadmorske višine  $\sigma_H$  izračunamo po enačbi:

$$\sigma_H = \sqrt{\sigma_h^2 + \sigma_N^2} \quad (2)$$

kjer je  $\sigma_h$  standardni odklon elipsoidne višine in  $\sigma_N$  standardni odklon geoidne višine. Zahtevana natančnost določitve elipsoidne višine v okviru GNSS-izmere je odvisna od namena uporabe teh višin. V navodilu so obravnavani trije nivoji natančnosti višin:

- nekajcentimetrski nivo,
- nekajdecimetrski nivo ter
- metrski nivo natančnosti.

V naslednjih poglavjih je obravnavana določitev elipsoidne višine in na njeni osnovi izračun nadmorske višine za vsak nivo natančnosti posebej.

<sup>2</sup> Trenutno razpoložljivi (2010) višinski referenčni model je absolutni model geoida iz leta 2000 – t. i. Pribičevićev geoid. Poudariti je treba, da so bile za njegovo določitev upoštevane nadmorske višine reperjev, določene pred ponovno izravnavo nivelmanskih zank. Prav tako so se po izdelavi tega modela izvajale kakovostne gravimetrične meritve (nova gravimetrična mreža), GNSS-meritve na točkah nivelmana in seveda meritve nivelmanskih zank – sanacija nivelmanske mreže, ki se izvaja še naprej. V pripravi je že testni model geoida, ki bo vključeval vse trenutno razpoložljive podatke. Cilj je določiti kakovosten višinski referenčni model – po prehodu na nov višinski sistem (normalne višine) bo referenčna ploskev kvazigeoid – ki bo omogočal izvajanje GNSS-višinomerstva z natančnostjo 2 do 3 cm na celotnem ozemlju države. Trenuten absolutni model geoida na nekaterih območjih odstopa tudi 20 cm in več (!).

## **2. Določitev elipsoidne višine**

### **2.1 Nekajcentimeterski nivo natančnosti**

**Za ta nivo natančnosti se ne priporoča uporaba GNSS-višinomerstva, temveč uporaba klasične metode določanja višin (geometrični nivelman).**

### **Določitev elipsoidne višine**

Natančnost elipsoidne višine točke v tem navodilu obravnavamo kot nekajcentimetersko natančnost, ko je:

- standardni odklon elipsoidne višine manjši od **3 cm**,
- polovična dolžina intervala s 95 % zaupanjem višine točke krajša od **6 cm**.

### **Uporaba**

Ta nivo natančnosti je primeren za:

- določanje višin v inžinierski geodeziji (razen za natančnejša dela, kot je npr. zakoličba kanalizacije, vodovoda ipd.),
- izdelavo geodetskih načrtov velikih meril (1 : 1.000 in 1 : 500),
- izmero nekaterih objektov zbirnega katastra gospodarske javne infrastrukture in
- druge naloge, kjer je zahtevana nekajcentimeterska natančnost višin.

### **Metode izmere**

Določitev nadmorskih višin za nekajcentimeterski nivo natančnosti je z GNSS-metodo izmere zelo težko dosegljiva<sup>3</sup>. Tudi določitev elipsoidnih višin pa zahteva za ta nivo natančnosti dolgotrajna GNSS-opazovanja (večdnevna), uporabo preciznih efemerid in obdelavo v trenutno aktualnem ITRF<sup>4</sup>. Zaradi dolgotrajne izmere in pridobivanja podatkov<sup>5</sup> uporaba GNSS-višinomerstva za nekajcentimeterski nivo natančnosti običajno ni smotna. Če je zahtevana natančnost višine nekaj centimetrov, se priporoča uporaba klasičnih metod določanja višin (geometrični nivelman). Uporaba GNSS-metode izmere je sicer možna, vendar zamudna in dražja od klasičnih metod.

---

<sup>3</sup> Ključni problem za določitev kakovostnih nadmorskih višin na podlagi GNSS-izmere predstavlja predvsem nekakovosten model geoida – glej str. 2, opomba 2.

<sup>4</sup> Problem pri navezavi na omrežje SIGNAL je slabo poznavanje tako geodinamičnih dogajanj na območju države kot tudi lokalne stabilnosti referenčnih točk anten (dnevna, mesečna in sezonska nihanja) in s tem slabša kakovost določitve višin stalnih postaj.

<sup>5</sup> Dolgotrajno pridobivanje podatkov se nanaša predvsem na pridobivanje preciznih efemerid, ki so na voljo šele več kot teden dni po izvedeni izmeri.

## 2.2 Nekajdecimeterski nivo natančnosti

Za **nekajdecimeterski nivo natančnosti** se elipsoidne višine točk določijo z RTK- ali kinematično metodo izmere, geoidne višine pa določimo s pomočjo absolutnega modela geoida. Če se ugotovi, da je absolutni model geoida na konkretnem območju slabe kakovosti se nadmorsko višino lahko določi s pomočjo 7-parametrične podobnostne transformacije.

### Določitev elipsoidne višine

Kot nekajdecimetersko natančnost elipsoidne višine točke v tem navodilu obravnavamo natančnost, ko je:

- standardni odklon elipsoidne višine manjši od **10 cm**,
- polovična dolžina intervala s 95 % zaupanjem v višino točke krajša od **20 cm**.

### Uporaba

Ta nivo natančnosti je primeren za:

- izmero v zemljiškem katastru,
- izmero v katastru stavb,
- izdelavo geodetskih načrtov merila 1 : 5.000 in topografskih kart merila 1 : 10.000
- izdelavo trirazsežnih modelov mest in
- druge naloge, kjer je zahtevana nekajdecimeterska natančnost višin.

### Metode izmere

Osnovni metodi izmere sta:

- RTK-metoda in
- kinematična metoda.

Za določitev elipsoidne višine točk v ETRS89 (D96) se priporoča navezava GNSS-opazovanj na stalno postajo omrežja SIGNAL, virtualno referenčno postajo ali točko s predhodno določenimi koordinatami v ETRS89.

## **Pogoji za kakovostno izmero so:**

- uporaba dvofrekvenčnega GNSS-sprejemnika (L1&L2, carrier phase and code) ali kakovostnega enofrekvenčnega sprejemnika, ki omogoča določanje višin na podlagi obdelave faznih opazovanj,
- uporaba opazovanj vsaj 5 GNSS-satelitov (istega sistema) nad obzorjem in njihova enakomerna geometrijska razporeditev,
- odsotnost fizičnih ovir v bližini točke (visoki objekti, drevesa, neugoden relief), posebej južno od točke izmere,
- odsotnost motečih površin (npr. pločevinastih streh), ki povzročajo odboje signalov (multipath),
- odsotnost radijskih in televizijskih oddajnikov zaradi možnosti interference z GNSS-signali (Guidelines for the Use of GPS in Surveying and Mapping, 2003).

## **Postopek izmere**

Pri izmeri upoštevamo naslednje smernice (Guidelines for the Use of GPS in Surveying and Mapping, 2003):

- izračun višin točk na podlagi nadštevilnih opazovanj, tj. vsaj dveh neodvisnih opazovanj (med posamezni nizi opazovanj mora preteči vsaj pol ure);
- priporočeni trajanji opazovanj glede na oddaljenost od stalne postaje omrežja SIGNAL pri RTK- in kinematični izmeri z naknadno obdelavo opazovanj (natančnost izmere elipsoidne višine 20 mm + 2 ppm) sta:
  - 5 s za oddaljenost do 1 km in
  - 1 min za oddaljenost do 15 km;
- najmanjši višinski kot satelitov za sprejem GNSS-signala je 15° ;
- priporoča se izračun koordinat točke z uporabo opazovanj VRS-postaje, če je oddaljenost od stalne postaje omrežja SIGNAL večja od 5 km; pri oddaljenosti večji od 20 km pa je uporaba koncepta VRS oziroma podobne tehnološke rešitve obvezna;
- pri RTK-metodi izmere se priporoča sprotno preverjanje natančnosti (standardnega odklona) določitve višine.

## **Kontrolna opazovanja**

Kontrolna opazovanja izvajamo tako, da določimo višino eni ali več točkam z danimi elipsoidnimi višinami (kontrolne točke) v koordinatnem sistemu ETRS89; dopustno odstopanje med dano in izmerjeno višino je 20 cm. Na podlagi kontrolnih opazovanj in danih nadmorskih višin lahko za vse dane točke izračunamo tudi geoidne višine. Te lahko uporabimo za oceno kakovosti podatkov absolutnega modela geoida na območju izmere.

## **Izračun elipsoidne višine**

Elipsoidna višina, ki je določena na podlagi nadštevilnih opazovanj, se izračuna kot povprečje dveh ali več neodvisnih določitve višine. Razlike med posameznimi določitvami višine iste točke ne smejo presežati 20 cm.

## **Dodatna opazovanja za potrebe izračuna transformacijskih parametrov**

Če se na podlagi kontrolnih opazovanj ugotovi, da je absolutni model geoida na območju izmere slabe kakovosti, lahko nadmorske višine določimo s 7-parametrično transformacijo; glej 3.2. Za izračun transformacijskih parametrov je treba elipsoidno višino določiti vsaj 4 točkam z dano nadmorsko višino. Pri določitvi višin danih točk upoštevamo naslednje smernice:

- hitra statična metoda izmere;
- priporočeno trajanje opazovanj je 20 minut + 5 minut/km oddaljenosti od stalne postaje omrežja SIGNAL oz. druge točke za navezavo;
- vsaka dana točka naj bo opazovana v vsaj dveh serijah.

## 2.3 Metrski nivo natančnosti

Za **metrski nivo natančnosti določitve nadmorskih višin** se elipsoidne višine točk določijo z DGPS- ali kinematično metodo izmere, geoidne višine pa določimo s pomočjo absolutnega modela geoida ali pa z uporabo karte geoidnih višin.

### Izmera elipsoidne višine

Kot podmetrsko natančnost elipsoidne višine točke v tem navodilu obravnavamo natančnost, ko je:

- standardni odklon elipsoidne višine manjši od **50 cm**,
- polovična dolžina intervala s 95 % zaupanjem v elipsoidno višino točke krajša od **1 m**.

### Uporaba

Ta nivo natančnosti je primeren za:

- izmero višin v GIS, kjer je zahtevana višinska natančnost podatkov boljša od enega metra,
- vzdrževanje kart merila 1 : 5.000 in manjših meril ter
- druge naloge, kjer je zahtevana natančnost višine boljša od enega metra

### Metode izmere

Osnovni metodi izmere sta:

- DGPS-metoda in
- kinematična metoda.

Za določitev elipsoidne višine točk v ETRS89 (D96) se priporoča navezava opazovanj na stalno postajo omrežja SIGNAL, virtualno referenčno postajo ali točko s predhodno določenimi koordinatami v ETRS89.

## Pogoji za kakovostno izmero so:

- uporaba kakovostnega enofrekvenčnega sprejemnika, ki omogoča določanje višin na podlagi obdelave faznih opazovanj;
- vsaj 5 GNSS-satelitov (istega sistema) nad obzorjem in njihova enakomerna geometrijska razporeditev;
- odsotnost fizičnih ovir v bližini točke (visoki objekti, drevesa, neugoden relief), posebej južno od točke izmere;
- odsotnost motečih površin (npr. pločevinastih streh), ki povzročajo odboje signalov (multipath);
- odsotnost radijskih in televizijskih oddajnikov zaradi možnosti interference z GNSS-signali (Guidelines for the Use of GPS in Surveying and Mapping, 2003).

## Postopek izmere

Pri izmeri upoštevamo naslednje smernice:

- priporočljivo časovno trajanje meritev glede na oddaljenost do stalne postaje omrežja SIGNAL za **DGPS** in **kinematično izmero z naknadno obdelavo opazovanj (natančnost izmere elipsoidne višine 50 cm)** je:
  - 5 s za oddaljenost do 1 km in
  - 1 min za oddaljenost do 15 km;
- najmanjši višinski kot satelitov za sprejem GNSS signala je  $15^\circ$  ;
- pri RTK-metodi izmere se priporoča sprotno preverjanje natančnosti (standardnega odklona) določitve višine.

## Kontrolna opazovanja

Kontrolna opazovanja izvajamo tako, da določimo višino eni ali več točkam z danimi elipsoidnimi višinami v koordinatnem sistemu ETRS89; dopustno odstopanje med dano in opazovano višino je 1 m. Na podlagi kontrolnih opazovanj in danih nadmorskih višin lahko za vse dane točke izračunamo tudi geoidne višine. Te lahko uporabimo za oceno kakovosti podatkov absolutnega modela geoida na območju izmere.



### 3. Prehod z elipsoidnih višin na nadmorske višine

**Za prehod z elipsoidnih višin na nadmorske se priporoča uporaba absolutnega modela geoida Slovenije.** Če se na podlagi kontrolnih opazovanj ugotovi nedopustno odstopanje med geoidnimi višinami, določenimi iz modela geoida, in dejanskimi, se priporoča uporaba naslednjih metod določitve nadmorskih višin:

- 7-parametrična podobnostna transformacija ali
- uporaba karte geoidnih ondulacij (metoda je primerna samo za metrski nivo natančnosti).

Posamezne metode za prehod z elipsoidnih višin na nadmorske so podrobneje opisane v naslednjih podpoglavjih.

#### 3.1 Absolutni model geoida

Za prehod z elipsoidnih višin na nadmorske višine se uporabi absolutni model geoida Slovenije, ki vsebuje podatke o oddaljenosti geoida od ploskve elipsoida (GRS80). Absolutni model geoida je podan v obliki pravilne mreže z velikostjo celice  $1' \times 1,5'$ ; formata zapisa sta ASCII CSV in GRD (Surfer-grid). Pridobiti ga je mogoče na Geodetski upravi Republike Slovenije. Možnosti uporabe podatkov absolutnega modela geoida so naslednje:

- **v realnem času:** če GNSS-sprejemnik podpira uporabo modela geoida, lahko le-tega uporabljamo za določitev nadmorskih višin novih točk neposredno na terenu v okviru RTK- ali DGPS-metode izmere; elipsoidne višine se pretvorijo v nadmorske na podlagi interpolacije geoidne višine iz modela geoida;
- **pri naknadni obdelavi GNSS-opazovanj:** če programska oprema za obdelavo GNSS-opazovanj podpira uporabo modela geoida, lahko le-tega uporabljamo za pretvorbo elipsoidnih višin v nadmorske; pretvorba poteka na podlagi interpolacije geoidne višine iz modela geoida;
- **z naknadno pretvorbo** s programsko opremo (npr. SiTra), ki omogoča interpolacijo geoidne višine na podlagi horizontalnih koordinat in elipsoidne višine točke.

Na podlagi razpoložljivih točk za oceno natančnosti geoidnih ondulacij je dobljena homogena ocena natančnosti za celotno Slovenijo in znaša 2 do 3 cm (Pribečević, 2000). **V praksi lahko odstopanja med vrednostmi geoidnih višin v absolutnem modelu geoida Slovenije in pravimi geoidnimi višinami znašajo tudi 20 centimetrov in več (!).** Zato je treba pred vsako uporabo modela geoida preveriti kakovost le-tega na območju izmere. Ustreznost modela geoida preverimo s primerjavo na podlagi opazovanj določenih geoidnih višin (razlika nadmorske in elipsoidne višine) in geoidnih višin, ki smo jih določili z interpolacijo modela geoida (Glej 2.2 Kontrolna opazovanja).

Če se ugotovi, da absolutni model geoida ne ustreza zahtevam nekajdecimetrskega nivoja natančnosti, se priporoča izračun nadmorske višine s 7-parametrično podobnostno transformacijo. Glej 3.2.

### 3.2 7-parametrična podobnostna transformacija

Nadmorsko višino točk s 7-parametrično podobnostno transformacijo uporabljamo, ko kakovost absolutnega modela geoida na območju izmere ne omogoča doseganje zahtevane natančnosti nadmorskih višin. Pri uporabi 7-parametrične transformacije je treba preveriti odstopanja med danimi in s transformacijo določenimi nadmorskimi višinami točk.

#### Vhodni podatki

Niz vsaj 4 točk z danimi ravninskimi  $(y, x)$  oz.  $(e, n)$  ali elipsoidnimi koordinatami  $(\varphi, \lambda)$  in z dano elipsoidno  $(h)$  ter nadmorsko  $(H)$  višino

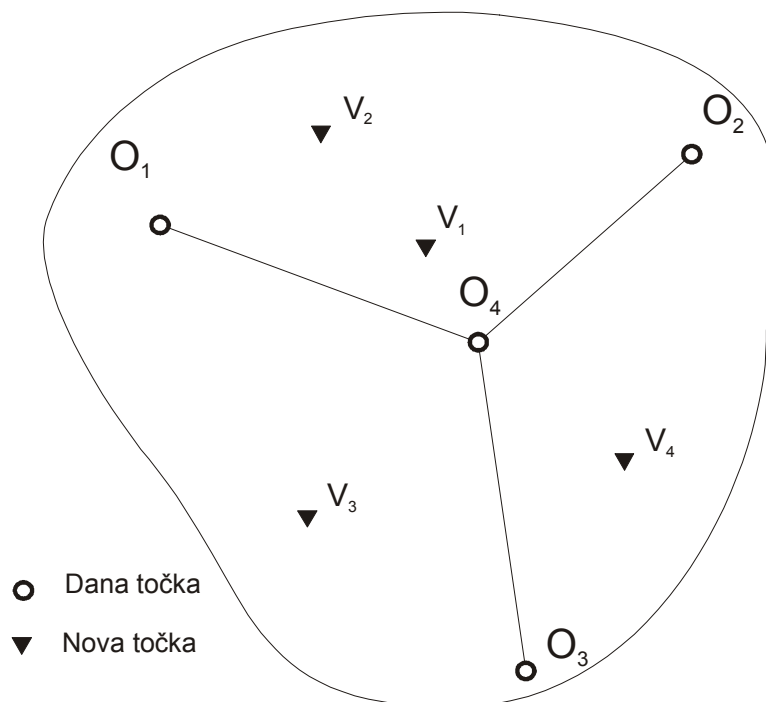
$(\varphi, \lambda, h) \rightarrow (\varphi, \lambda, H)$  ali

$(y, x, h) \rightarrow (y, x, H)$  ali

$(e, n, h) \rightarrow (e, n, H)$

#### Izbira veznih točk

Za izračun transformacijskih parametrov uporabimo vsaj 4 vezne točke, priporočljivo 5 ali več. Če elipsoidnih višin nimamo na razpolago, jih je treba določiti z GNSS-izmero. Elipsoidne višine danih točk morajo biti določene z višjo natančnostjo kot nove točke. Glej 2.2 Dodatna opazovanja za potrebe izračuna transformacijskih parametrov.



Slika 2: Pravilna razporeditev veznih točk z danimi nadmorskimi in elipsoidnimi višinami.

Za uporabo transformiranih nadmorskih višin pri nekajdecimetskem nivoju natančnosti odstopanje višin ne sme presegati 20 cm, za potrebe metrskega nivoja natančnosti pa dobljeno odstopanje ne sme presegati 1 m.

**Za prevelika odstopanja višin** po izravnavi sta možna dva razloga:

- grobo pogrešena višina ene ali več danih točk ali pa
- prevelika razgibanost geoida glede na velikost območja izmere.

Če je po izločitvi morebitnih grobih napak odstopanje še vedno preveliko, je najverjetneje vzrok prevelikega odstopanja, prevelika razgibanost geoida na območju izmere. V tem primeru je treba zmanjšati območje transformacije oziroma izvajati transformacijo po manjših območjih.

#### **OPOZORILA**

- **Dane točke naj bodo čimbolj enakomerno razporejene po območju izmere.**
- **Če je geoid na lokalnem območju zelo razgiban, mora biti območje transformacije čimmanjše (za pomoč pri oceni razgibanosti geoida uporabi karto geoidnih višin – v prilogi).**
- **Za izračun transformacijskih parametrov se priporoča več kot 4 dane točke.**

### **3.3 Uporaba karte geoidnih višin**

Na karti geoidnih višin so izrisane črte enakih geoidnih višin z ekvidistanco 10 cm. Karta omogoča grafično odčitavanje geoidnih višin, ki zadosti potrebam metrskega nivoja natančnosti; glej Prilogo 1.

Na podlagi odčitane vrednosti geoidne višine in elipsoidne višine, se nadmorska višina izračuna po enačbi (1).

## 4. Dokumentacija

V dokumentaciji naj se poleg nadmorske višine vedno vodi tudi izvorna elipsoidna višina. Samo izvorni podatki omogočajo kasnejšo naknadno transformacijo višin in odpravljanje morebitnih napak.

Dokumentacija o GNSS-izmeri vsebuje koordinate točk v D96 z vsemi pripadajočimi podatki, ki omogočajo naknadno ovrednotenje pridobljenih koordinat ter rekonstrukcijo izmere:

- **splošne podatke o izmeri** (tip sprejemnika in antene, datum izmere, delovišče, podatke o namenu izmere – npr. ime projekta, ime izvajalca in operaterja ipd.),
- **podatke o uporabljeni metodi izmere:**
  - RTK ali DGPS (interval registracije, povprečno število meritev na točki, najmanjši višinski kot, shranjevanje opazovanj – da/ne, splošna ocena pogojev za izvedbo GNSS-izmere),
  - kinematična ali hitra statična metoda z naknadno obdelavo podatkov (interval registracije, trajanje opazovanj, najmanjši višinski kot, tip efemerid, uporabljen programski paket),
- **podatke o navezavi na D96:**
  - ime omrežja za navezavo (npr. omrežje SIGNAL),
  - vrsta tehnologije za navezavo (npr. VRS-tehnologija),
  - referenčna točka za navezavo (ime in oznaka točke, koordinate v D96, oddaljenost delovišča od referenčne točke, oddaljenost od najbližje stalne GNSS-postaje (samo ob uporabi VRS-tehnologije), ki je vključena v omrežni sistem, vir podatkov),
- **podatke o kontrolnih meritvah** (oznaka točke, dane in z opazovanji določene koordinate v D96, odstopanja med danimi in opazovanimi koordinatami v N-E-U<sup>6</sup> lokalnem koordinatnem sistemu),
- **podatke o naknadni obdelavi opazovanj:**
  - podatke o obdelavi vektorjev: od/do točke, tip rešitve, ena izmed cenilk kakovosti določitve vektorja<sup>7</sup>,
  - podatke o izravnavi vektorjev: število nadštevilnih opazovanj, globalni preizkus modela, delež odkritih grobih pogreškov med vsemi opazovanji,
  - **podatke o izmerjeni višini antene:** seznam točk z izmerjenimi višinami anten in opredelitev načina merjenja višin,
- **seznam elipsoidnih koordinat točk ( $\varphi$ ,  $\lambda$ ,  $h$ )** s pripadajočimi RMS-vrednostmi koordinat ter viru podatka o natančnosti koordinat (npr. podatek instrumenta, obdelava vektorja, izravnavna mreže),
- **seznam izračunanih nadmorskih višin točk,**
- **način izračuna nadmorske višine** (z absolutnim modelom geoida, 7-parametrično podobnostno transformacijo ali z uporabo karte geoidnih ondulacij),

<sup>6</sup> N-E-U lokalni koordinatni sistem je trirazsežni pravokotni koordinatni sistem, ki ima izhodišče v projekciji dane točke na elipsoid, x-os je usmerjena proti severu (N – North), y-os proti vzhodu (E – East), z-os pa sovpada z normalo na elipsoid v dani točki in je usmerjena navzgor (U – Up).

<sup>7</sup> Različni programi podajajo različne cenilke kakovosti, npr. razmerje rešitev vektorja (angl. ratio), število in delež ustrezno izvedenih neodvisnih inicializacij ipd.

- **podrobnejše podatke o izračunu**
  - če je bil uporabljen absolutni model geoida:
    - podatke o uporabljenem modelu geoida Slovenije (vir, leto izdaje);
  - če je bila uporabljena 7-parametrična podobnostna transformacija:
    - seznam koordinat veznih točk z nadmorsko in elipsoidno višino,
    - največje odstopanje nadmorske višine na veznih točkah po transformaciji,
    - vir danih podatkov o veznih točkah;
  - če je bila uporabljena karta geoidnih višin:
    - podatki o karti geoidnih višin (vir, leto izdaje).

## 5. Pojmovnik

### Imena in kratice

<b>DGPS</b>	Kratika metode GPS-izmere, ki upošteva princip določitve relativnega položaja v realnem času (iz angl. <u>D</u> ifferential <u>G</u> PS); omogoča jo npr. omrežje SIGNAL.
<b>ETRS 89</b>	Kratika imena evropskega terestričnega referenčnega sistema (iz angl. <u>E</u> uropean <u>T</u> errestrial <u>R</u> eference <u>S</u> ystem 1989); gre za evropski referenčni sistem, katerega sestavni del je tudi geocentrični geodetski datum, sprejet s strani EUREF; temelji na GRS 80; letnica predstavlja trenutek oziroma epoho (1989,0), v kateri je ta geodetski datum sovpadal z ITRS 89; je temelj novega slovenskega koordinatnega sistema.
<b>GNSS</b>	Je kratica skupnega imena za globalne navigacijske satelitske sisteme (iz angl. <u>G</u> lobal <u>N</u> avigation <u>S</u> atellite <u>S</u> ystem), kot so npr. ameriški GPS, ruski GLONASS, evropski Galileo in kitajski Beidou.
<b>GPS</b>	Kratika imena ameriškega vojaškega globalnega navigacijskega satelitskega sistema (iz angl. <u>G</u> lobal <u>P</u> ositioning <u>S</u> ystem), ki deluje v okviru programa NAVSTAR, pod okriljem ameriškega ministrstva za obrambo
<b>GRS 80</b>	Kratika imena globalnega referenčnega sistema (iz angl. <u>G</u> lobal <u>R</u> eference <u>S</u> ystem 1980) – letnica pomeni leto uveljavitve –, ki ga je leta 1979 sprejela Mednarodna zveza za geodezijo in geofiziko (angl. International Union of Geodesy and Geophysics – IUGG); definira štiri osnovne geofizikalne parametre Zemlje, in sicer veliko polos, geocentrično gravitacijsko konstanto, dinamični faktor oblike in kotno hitrost vrtenja Zemlje; iz teh parametrov je izpeljana, med drugim tudi druga polos globalnega elipsoida GRS 80.
<b>RMS/MSE</b>	RMS je kratica za kvadrat srednjega kvadratnega odklona (iz angl. <u>R</u> oot <u>M</u> ean <u>S</u> quare, tudi <u>M</u> ean <u>S</u> quare <u>E</u> rror pa je srednji kvadratni odklon; običajen statistični način podajanja točnosti; predstavlja polovično dolžino 68,3-odstotnega intervala zaupanja – glejte tudi standardni interval zaupanja; opazovanja, ki od srednje vrednosti odstopajo za več od trikratnika te vrednosti, se običajno obravnavajo kot grobe napake.
<b>RTK</b>	Kratika za kinematično metodo GNSS-izmere v realnem času (iz angl. <u>R</u> eal <u>T</u> ime <u>K</u> inematic); glejte RTK-metoda izmere.
<b>SIGNAL</b>	Kratika imena slovenskega državnega sistema za zagotavljanje popravkov opazovanj (iz <u>S</u> I- <u>G</u> eodezija- <u>N</u> avigacija- <u>L</u> okacija) – ime slovenskega omrežja stalnih GPS-postaj. V omrežje je vključenih 15 stalnih GPS-postaj, in sicer Bodonci, Bovec, Brežice, Celje, Črnomelj, Ilirska Bistrica, Koper, Ljubljana, Maribor, Nova Gorica, Ptuj, Radovljica, Trebnje in Velika Polana.
<b>VRS</b>	Kratika za virtualno referenčno postajo (iz angl. <u>V</u> irtual <u>R</u> eference <u>S</u> tation); gre za eno izmed tehnik za zagotavljanje omrežnih popravkov opazovanj, in sicer glede na poljubno točko znotraj omrežja stalnih GNSS-postaj; podpira jo npr. omrežje SIGNAL;

## Ostali termini

<b>absolutni model geoida</b>	Je ploskev absolutnih geoidnih višin oziroma višinskih odstopanj med absolutnim (geocentričnim) elipsoidom (npr. GRS 80) in geoidom na danem območju.
<b>elipsa 95-odstotnega zaupanja</b>	Standardna elipsa zaupanja, povečana s faktorjem 2,447; gre za elipso, znotraj katere se nahaja 95 odstotkov vseh parov slučajnih spremenljivk iz dvorazsežne populacije, npr. parov koordinat točke.
<b>elipsoid, rotacijski elipsoid (sferoid)</b>	Geodetska referenčna ploskev, s katero aproksimiramo Zemljo kot planet je elipsoid, natančneje rotacijski elipsoid, ki nastane z vrtenjem elipse okoli njene manjše osi
<b>elipsoidna višina</b>	Je višina točke nad referenčnim elipsoidom, merjena vzdolž normale na elipsoid. Definirana je popolnoma geometrijsko. Za preračun med elipsoidnimi in nadmorskimi višinami je treba poznati vrednost geoidne višine v točki.
<b>geoid</b>	Fizikalna referenčna ploskev, s katero aproksimiramo Zemljo kot planet, je geoid. Gre za telo, katerega omejuje ničelna nivojska ploskev – geoid.
<b>geoidna višina (ondulacija)</b>	Geoidna višina (N) je višinska razlika med referenčnim elipsoidom in geoidom. Ločimo absolutno in relativno geoidno višino, pri čemer se absolutna nanaša na geocentrični elipsoid (npr. GRS 80), relativna pa na lokalne referenčne elipsoide (npr. Besslov).
<b>hitra statična metoda GNSS-izmere</b>	Hitra statična metoda GNSS-izmere (angl. fast static) je vrsta statične metode izmere, ki se je pojavila z razvojem algoritmov za učinkovito določitev neznanega začetnega števila celih valov ob uporabi različnih tipov opazovanj (fazi valovanja L1 in L2, C/A- in P-koda, vrednost Dopplerjeve frekvence za valovanji L1 in L2) in različnih kombinacij teh opazovanj, kar omogoča hitro in zanesljivo določitev začetnih neznanih vrednosti celih valov.
<b>inicializacija</b>	Visoka kakovost določitve koordinat na osnovi faznih opazovanj temelji na zanesljivi določitvi števila celih valov (angl. resolving the ambiguity) valovanja med satelitom in sprejemnikom. Pri kinematičnih metodah je neznano število celih valov določeno z inicializacijo v začetnem trenutku opazovanj in je konstantno v času izvajanja neprekinjenih opazovanj. V primeru prekinitve sprejemanja signalov (npr. ovire) je treba inicializacijo ponoviti (tj. ponovno določiti neznano število celih valov).
<b>interval 95-odstotnega zaupanja</b>	Standardni interval zaupanja, povečan s faktorjem 1,960; gre za interval, znotraj katerega se nahaja 95 odstotkov vseh slučajnih spremenljivk iz enorazsežne populacije, npr. koordinat točke.
<b>kinematična metoda GNSS izmere</b>	Je dinamična metoda GNSS-izmere, ki temelji na faznih opazovanjih in istočasni izmeri z dvema sprejemnikoma. En sprejemnik je postavljen na dani točki, z drugim (premičnim) sprejemnikom pa izvajamo izmero. Končne koordinate detajlnih točk so določene v okviru naknadne obdelave opazovanj, pridobljenih z obema sprejemnikoma. Določitev koordinat detajlnih točk je lahko avtomatski (časovni ali dolžinski interval) ali na zahtevo – glejte stop&go metoda izmere.

<b>nadmorska višina</b>	Je višina točke nad geoidom oziroma nad srednjim nivojem morja in je definirana z geometrično (višinsko) razliko in s težnostnim pospeškom. Nadmorske višine so normalne-ortometrične višine.
<b>normalne-ortometrične višine</b>	Višine v slovenskem državnem višinskem sistemu so podane v sistemu normalnih ortometričnih višin z navezavo na višinski datum Trst. Normalne ortometrične višine so definirane na podlagi predpostavk (računskih modelov) o težnostnem polju in so določene brez izmerjenih vrednosti težnostnega pospeška. V praksi se za normalne-ortometrične višine uporablja kar izraz nadmorske višine.
<b>relativni model geoida</b>	Je ploskev relativnih geoidnih višin oziroma višinskih odstopanj med referenčnim (lokalnim) elipsoidom (npr. Besslov) in geoidom na danem območju.
<b>RTK-metoda GNSS-izmere</b>	RTK metoda GNSS-izmere (angl. <u>R</u> ea <u>T</u> <u>T</u> ime <u>K</u> inematic) je v osnovi kinematična metoda izmere, pri čemer se obdelava podatkov izvaja v času izmere in tako že med samo izmero pridobimo podatke o položaju in kakovosti le-tega. Uspešnost metode temelji na zanesljivi določitvi neznanega števila celih valov v začetnem trenutku opazovanj. Metoda je primerna za najrazličnejše geodetske naloge, od detajlne izmere do nalog inženirske geodezije (predvsem stop&go metoda).
<b>stalna GNSS-postaja</b>	Stalna GNSS-postaja (tudi permanentna GNSS-postaja), če podpira samo GPS pa stalna GPS-postaja (tudi permanentna GPS-postaja). Gre za kakovostno stabilizirano točko, z nameščeno kakovostno GNSS-opremo in na kateri se izvajajo neprekinjene GNSS-meritve. Namenjene so zagotavljanju popravkov GNSS-opazovanj.
<b>standardna elipsa zaupanja</b>	Običajen način podajanja razpršenosti dvorazsežne populacije (npr. natančnosti para horizontalnih koordinat). Elipsa je podana s tremi parametri: veliko polosjo elipse (a), malo polosjo elipse (b) ter azimutom velike polosi ( $\theta$ ); gre za elipso, znotraj katere se nahaja 39,4 odstotkov vseh parov slučajnih spremenljivk iz dvorazsežne populacije (npr. parov koordinat točke).
<b>standardni interval zaupanja</b>	Običajen način podajanja razpršenosti enorazsežne populacije (npr. natančnosti koordinate). Interval je podan z dvakratno vrednostjo dolžine, ki jo določa standardni odklon ( $\sigma$ ); gre za interval, znotraj katerega se nahaja 68,3 odstotkov vseh slučajnih spremenljivk iz enorazsežne populacije (npr. koordinat točke).
<b>standardni odklon</b>	Standardni odklon (tudi standardna deviacija, srednji pogrešek) je najbolj pogosto uporabljena mera statistične razpršenosti; gre za kvadratni koren iz variance; glejte tudi standardni interval zaupanja.



## 6. Viri

ICSIM (2007). Standards and practices for control surveys (SP1), Inter-governmental committee on surveying and mapping, Avstralija.

<http://www.icsm.gov.au/icsm/publications/sp1/sp1v1-7.pdf>

Pribičević, B. (2000). Uporaba geološko-geofizičnih in geodetskih baz podatkov za računanje ploskve geoida Republike Slovenije. Doktorska disertacija, FGG, Ljubljana.

Pribičević, B. (1999). Nov preračun geoida Republike Slovenije. Magistrska naloga, FGG, Ljubljana.

Pribičević, B., Medak, D. (2003). Geodezija u građevinarstvu, V. B. Z., d. o. o., Zagreb.

RICS guidance note (2003). Guidelines for the Use of GPS in Surveying and Mapping, RICS Business Service Limited, Velika Britanija.

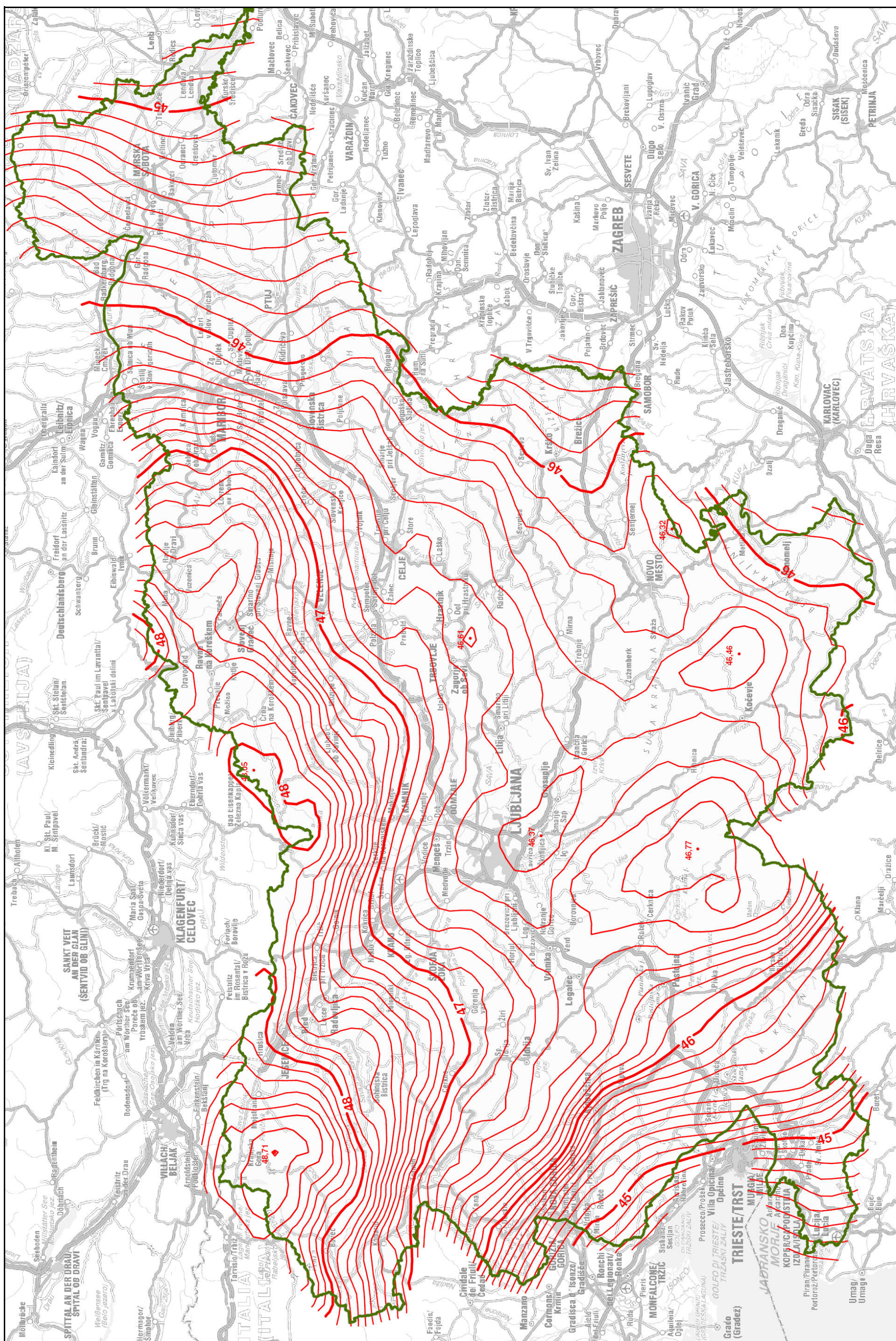
Roberts, C. (2005). GPS for cadastral surveying – practical considerations, Proceedings of SSC 2005 Spatial intelligence, Inovation and Praxis: The national Biennial Conference of the Spatial Sciences Institute, Melbourne.

Stopar, B., Kuhar, M. (2001). Moderni geodetski koordinatni sistemi in astrogeodetska mreža Slovenije, Geodetski vestnik 45, 1&2, str. 11–25.

Stopar, B., Pavlovčič Prešeren, P. (2000). GPS v geodetski praksi. Študijsko gradivo, FGG, Ljubljana.

Urbanč, M. (2008). Ocena natančnosti geoidnega modela Slovenije, diplomska naloga, FGG, Ljubljana.

Vodopivec, F. (1988). Precizni nivelman, FAGG, Ljubljana.



Geoid na karti merila 1 : 1.000.000 – prikazane so črte enakih geoidnih višin.