

Univerza
v Ljubljani
Fakulteta
za gradbeništvo
in geodezijo



Jamova cesta 2
1000 Ljubljana, Slovenija
<http://www3.fgg.uni-lj.si/>

DRUGG – Digitalni repozitorij UL FGG
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

To je izvirna različica zaključnega dela.

Prosimo, da se pri navajanju sklicujete na bibliografske podatke, kot je navedeno:

Novak, M., 2016. Primerjava različnih metod določitve položaja pri katastrski izmeri. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentorica Pavlovčič Prešeren, P., somentorica Lisec, A.): 50 str.

<http://drugg.fgg.uni-lj.si/5883/>

Datum arhiviranja: 14-10-2016

University
of Ljubljana
Faculty of
Civil and Geodetic
Engineering



Jamova cesta 2
SI – 1000 Ljubljana, Slovenia
<http://www3.fgg.uni-lj.si/en/>

DRUGG – The Digital Repository
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

This is original version of final thesis.

When citing, please refer to the publisher's bibliographic information as follows:

Novak, M., 2016. Primerjava različnih metod določitve položaja pri katastrski izmeri. B.Sc. Thesis. Ljubljana, University of Ljubljana, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Pavlovčič Prešeren, P., co-supervisor Lisec, A.): 50 pp.

<http://drugg.fgg.uni-lj.si/5883/>

Archiving Date: 14-10-2016

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta za
*gradbeništvo in
geodezijo*



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

UNIVERZITETNI ŠTUDIJSKI
PROGRAM PRVE STOPNJE
GEODEZIJA IN
GEOINFORMATIKA

Kandidat:

MARKO NOVAK

**PRIMERJAVA RAZLIČNIH METOD DOLOČITVE
POLOŽAJA PRI KATASTRSKI IZMERI**

Diplomska naloga št.: 119/GIG

**COMPARISON OF DIFFERENT POSITIONING
METHODS AT CADASTRAL SURVEY**

Graduation thesis No.: 119/GIG

Mentorica:

doc. dr. Polona Pavlovčič Prešeren

Somentorica:

izr. prof. dr. Anka Lisec

Ljubljana, 20. 09. 2016

STRAN ZA POPRAVKE

Stran z napako

Vrstica z napako

Namesto

Naj bo

Ta stran je namenoma prazna.

IZJAVE

Spodaj podpisani študent Marko Novak, vpisna številka 26203596, avtor pisnega zaključnega dela študija z naslovom: Primerjava različnih metod določitve položaja pri katastrski izmeri.

IZJAVLJAM

1. *Obkrožite eno od variant a) ali b)*

- a) da je pisno zaključno delo študija rezultat mojega samostojnega dela;
- b) da je pisno zaključno delo študija rezultat lastnega dela več kandidatov in izpolnjuje pogoje, ki jih Statut UL določa za skupna zaključna dela študija ter je v zahtevanem deležu rezultat mojega samostojnega dela;

2. da je tiskana oblika pisnega zaključnega dela študija istovetna elektronski obliki pisnega zaključnega dela študija;

3. da sem pridobil/-a vsa potrebna dovoljenja za uporabo podatkov in avtorskih del v pisnem zaključnem delu študija in jih v pisnem zaključnem delu študija jasno označil/-a;

4. da sem pri pripravi pisnega zaključnega dela študija ravnal/-a v skladu z etičnimi načeli in, kjer je to potrebno, za raziskavo pridobil/-a soglasje etične komisije;

5. soglašam, da se elektronska oblika pisnega zaključnega dela študija uporabi za preverjanje podobnosti vsebine z drugimi deli s programsko opremo za preverjanje podobnosti vsebine, ki je povezana s študijskim informacijskim sistemom članice;

6. da na UL neodplačno, neizključno, prostorsko in časovno neomejeno prenašam pravico shranitve avtorskega dela v elektronski obliki, pravico reproduciranja ter pravico dajanja pisnega zaključnega dela študija na voljo javnosti na svetovnem spletu preko Repozitorija UL;

7. da dovoljujem objavo svojih osebnih podatkov, ki so navedeni v pisnem zaključnem delu študija in tej izjavi, skupaj z objavo pisnega zaključnega dela študija.

V/Na: _____

Datum:

Podpis študenta:

Ta stran je namenoma prazna.

BIBLIOGRAFSKO-DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

UDK:	528.44(043.2)
Avtor:	Marko Novak
Mentorica:	doc. dr. Polona Pavlovčič Prešeren
Somentorica:	izr. prof. dr. Anka Lisec
Naslov:	Primerjava različnih metod določitve položaja pri katastrski izmeri.
Tip dokumenta:	diplomska naloga – univerzitetni študij
Obseg in oprema:	50 str., 16 sl., 7 pregl.
Ključne besede:	zemljiški kataster, tehnologija GNSS, klasične geodetske metode, parcela, metode izmere GNSS, površina zemljišča

IZVLEČEK

Danes je v nalogah zemljiškega katastra uporaba tehnologije GNSS za določitev položajev točk nujno potrebna. V primernih pogojih za izvedbo izmere GNSS lahko položaje točk določamo neposredno z različnimi geodetskimi metodami izmere GNSS. V primerih nezmožnosti sprejema signalov s satelitov GNSS zaradi ovir na primernih mestih z GNSS vzpostavimo točke, preko katerih s klasičnimi metodami geodetske izmere določimo položaj v referenčnem koordinatnem sistemu. V diplomski nalogi smo se osredotočili na praktično uporabo različnih metod izmere GNSS pri določitvi koordinat zemljiškokatastrskih točk dveh urejenih parcel. Primerjali smo koordinate, ki so bile dobljene z različnimi metodami izmere GNSS ter kombinacijo GNSS in klasične izmere. Pri primerjavi koordinat smo za referenčne privzeli koordinate, pridobljene z obdelavo opazovanj statične izmere GNSS. Glede na te smo določali kakovost določitve koordinat z ostalimi metodami. Nadalje smo različno pridobljene koordinate uporabili za izračun površin zemljišč in ocenjevali vpliv kakovosti koordinat na izračunano površino zemljišča. Ugotovili smo, da je trikratna ponovna določitev koordinat z metodo RTK nujno potrebna, saj se v enkratni določitvi lahko zgodi, da je položaj točke zaradi vplivov na opazovanja določen nepravilno, kar nadalje vpliva na nepravilno določitev površine zemljišča. V nalogi smo ugotovili, da nepravilna določitev koordinat ene točke velikosti nekaj dm privede do napake v izračunu obravnavane površine zemljišča v vrednosti 14 m^2 , kar znaša 0,18% celotne površine parcele.

BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT

- UDC:** 528.44(043.2)
- Author:** Marko Novak
- Supervisor:** assist. prof. Polona Pavlovčič Prešeren, PhD.
- Co-advisor:** assoc. prof. Anka Lisec, PhD.
- Title:** Comparison of different positioning methods at cadastral survey
- Document type:** Graduation Thesis – University studies
- Notes:** 50 p., 16 fig., 7 tab.
- Key words:** land cadastre, GNSS technology, conventional surveying methods, land plot, GNSS surveying methods, surface area

ABSTRACT

Nowadays in the functions of a land cadastre, the use of GNSS technology in determining point positions is absolutely essential. In appropriate conditions for carrying out a GNSS survey, the positions of the points can be directly determined using various surveying methods of the GNSS survey. In situations where the signals from the GNSS satellites cannot be received due to obstacles, we can set up reference points using the GNSS, than we can use conventional surveying methods for determination of the positions in the reference coordinate system. Our thesis focuses on the practical use of the various GNSS surveying methods when trying to determine the coordinates of land cadastre points of two land plots with determined boundaries. We compared the coordinates obtained with different GNSS methods and with a combination of GNSS and conventional surveys. For the comparison, we used the coordinates obtained through processing observations of the static GNSS surveys as reference. Based on these, we established the quality of coordinate determining with other methods. Furthermore, we used the differently obtained coordinates to calculate the surface area and evaluated the impact of the coordinate quality on the calculated surface area. We found out, that it is essential to repeat the RTK measurements three times, because if done only once, the position of the points can be determined falsely due to external influences on the observation. In turn, that can also result in an incorrectly calculated surface area. Our thesis identified that, in determining the coordinates, a mistakes of just a few decimetres can lead to a far bigger mistake of 14m^2 (0,18%) in the surface area calculations.

ZAHVALA

Za pomoč pri izdelavi diplomske naloge se najlepše zahvaljujem mentorici doc. dr. Poloni Pavlovčič Prešeren. Vaši nasveti in usmerjanja so mi bili v veliko pomoč. Zahvaljujem se tudi somentorici, izr. prof. dr. Anki Lisec.

Posebej pa bi se rad zahvalil tudi svoji družini, ki me je vsa leta študija vztrajno podpirala, in sošolcem, brez katerih leta študija ne bi bila tako lepa.

KAZALO VSEBINE

IZJAVE	III
BIBLIOGRAFSKO-DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK.....	V
BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT.....	VI
ZAHVALA.....	VII
KAZALO VSEBINE.....	VIII
KAZALO SLIK.....	X
KAZALO PREGLEDNIC.....	XI
KRATICE.....	XII
1 UVOD.....	1
1.1 Splošno o nalogi	1
1.2 Hipoteze.....	2
1.3 Struktura naloge.....	2
2 TEORETIČNA IZHODIŠČA.....	3
2.1 Koordinatna sistema D48/GK in D96/GK.....	4
2.1.1 Koordinatni sistem D48/GK.....	4
2.1.2 Koordinatni sistem D96/TM.....	4
2.2 GNSS-metode izmere	4
2.2.1 Statična metoda izmere.....	5
2.2.2 Hitra statična metoda izmere	6
2.2.3 RTK-metoda izmere	6
2.2.4 Kombinirana metoda izmere oziroma Smartpole metoda izmere	7
2.3 Izračun površine zemljišča	8
2.3.1 Izračun površine mnogokotnika iz koordinat	9
3 METODE IN MATERIALI: TERENSKO DELO.....	10
3.1 Opis delovišča	10
3.2 Priprava podatkov za izmero	11
3.3 Uskladitev starejših elaboratov z zemljiškokatastrskim prikazom	12
3.4 Predhodna izmera	13
3.5 Uporabljen instrumentarij.....	13
4 IZMERA.....	15
4.1 Statična izmera	15
4.2 RTK-metoda izmere	17

4.3	Kombinirana GNSS in klasična metoda izmere.....	17
5	OBDELAVA OPAZOVANJ IN REZULTATI	18
5.1	Izračun površin.....	28
5.1.1	Primer izračuna površin pri grobo pogrešeni točki	29
6	ZAKLJUČEK.....	30
6.1	Ideje za nadaljnje delo.....	30
VIRI.....		32

KAZALO SLIK

Slika 1: Princip delovanja relativnega določanja položaja z GNSS	5
Slika 2: Princip RTK-metode izmere	7
Slika 3: Skica večkotnika z n oglišči v koordinatnem sistemu.....	9
Slika 4: Izsek iz skice v elaboratu o ureditvi meje	10
Slika 5: Izseka iz skic v elaboratih o ureditvi meje parcel 307 (levo) in 309 (desno).....	11
Slika 6: Prikaz obravnavanih mejnih točk na podlagi DOF	11
Slika 7: Instrument Trimble 4000SSi z anteno Tribble Compact L1/L2 with ground plane.....	13
Slika 8: Instrument Leica Viva z dlančnikom	14
Slika 9: Instrumet Leica TS30 (v ozadju) in Leica Viva (spredaj).....	14
Slika 10: Število satelitov posameznih navigacijskih sistemov nad določenim položajem dne 18. 3. 2016 (<i>GNSS Planning Online</i>)	15
Slika 11: Različni DOP-faktorji po urah za 18. 3. 2016 (<i>GNSS Planning Online</i>)	16
Slika 12: Silos iz trde plastike kot ovira ob točki 6	16
Slika 13: Prikaz stojiščnih točk in orientacij pri SmartPole metodi izmere	17
Slika 14: Princip povezovanja baznih vektorjev	18
Slika 15: Točke, dobljene s statično metodo izmere, in natančnosti določitve koordinat, podane s standardnimi elipsami pogreškov	19
Slika 16: Elipse pogreškov za vsako točko in za vse metode izmere ter urejene koordinate	27

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Koordinate točk statične izmere v koordinatnem sistemu D96/TM. Višine so dobljene iz elipsoidnih višin ob uporabi modela geoida SLOG2000 (Pribičević, 2000).....	19
Preglednica 2: Rezultati radialne statične izmere.....	20
Preglednica 3: Koordinate RTK-metode izmere, ko smo točke opazovali 5 trenutkov	21
Preglednica 4: Koordinate RTK-metode, ko smo točke opazovali 180 trenutkov	22
Preglednica 5: Koordinate in odstopanja v koordinatah, dobljenih s kombinirano GNSS in klasično metodo izmere	23
Tabela 6: Urejene koordinate parcel 296 in 308 v primerjavi z našimi meritvami (statična metoda izmere).....	24
Preglednica 7: Izračun površin dobljenih iz koordinat po posameznih metodah	28

KRATICE

DOF	državni ortofoto
ETRS89	angl. European Terrestrial Reference System 1989
EUREF	angl. European Reference Frame
GNSS	angl. Global Navigation Satellite System
GRS80	angl. Global Reference System 1980
GSR	oznaka stalne postaje omrežja SIGNAL v Ljubljani
GURS	Geodetska uprava Republike Slovenije
IAG	angl. International Association of Geodesy
NGS	angl. National Geodetic Survey
PDOP	angl. Position Dilution of Precision
PPP	angl. Precise Point Positioning
RINEX	angl. Receiver Independent Exchange Format
RTK	angl. Real Time Kinematic
SIGNAL	Slovenija – Geodezija – Navigacija – Lokacija
VRS	angl. Virtual Reference Station
ZK	zemljiškokatastrski
ZKN	zemljiškokatastrski načrt
ZKP	zemljiškokatastrski prikaz

1 UVOD

Prostor ima za človeško bivanje in razvoj neprecenljiv pomen. V preteklih stoletjih smo v prostor vedno bolj posegali in v začetku 19. stoletja s prvimi katastrskimi izmerami začeli vzpostavljati podatkovne zbirke o prostoru. Zemljiški kataster se je hitro razvijal, poleg grafičnih in opisnih vsebin so pomembno vlogo dobili tudi numerični podatki v obliki koordinat zemljiškokatastrskih točk. Te so sprva določevali grafično, kasneje numerično na principu »iz velikega v malo«, kar je pomenilo, da so se pri določitvi koordinat zemljiškokatastrskih točk morali navezati na točke osnovne geodetske mreže. V danih primerih so položaje točk določali s klasičnimi metodami izmere na osnovi merjenj horizontalnih smeri, zenitnih razdalj in dolžin. Danes lahko kakovostno določamo položaje točk tudi s satelitskimi metodami izmere. Čeprav so storitve globalnih navigacijskih satelitskih sistemov (GNSS) na voljo skoraj vsakemu civilnemu uporabniku, velja poudariti, da določitev koordinat zemljiškokatastrskih točk s ceneni sprejemniki GNSS niso dovolj. V danih primerih moramo koordinate točk določati z najbolj kakovostnimi sprejemniki GNSS, ki omogočajo sprejem najbolj kakovostnih opazovanj, s katerimi lahko določamo koordinate točk v definicijskem območju od nekaj cm pa vse do mm. Vendar imajo tudi geodetske GNSS-metode izmere določene pomanjkljivosti, ki se jih je pri določitvi koordinat potrebno zavedati in se jim na primeren način izogniti.

Ker v praksi probleme rešujemo raznoliko in imamo na voljo različno geodetsko mersko opremo in programe za obdelavo opazovanj, smo se v diplomski nalogi odločili preizkusiti različne metode izmer GNSS (statična, RTK ter kombinirana GNSS in klasična metoda izmere) s ciljem pokazati kakovost določitve koordinat zemljiškokatastrskih točk in vpliv le-teh na izračunane površine zemljišč.

Uporaba metod izmere GNSS pri določitvi koordinat zemljiškokatastrskih točk je danes nujno potrebna, saj od 1. januarja 2008 kot uradne koordinate evidentirajo koordinate v slovenski realizaciji koordinatnega sistema ETRS89, imenovani D96/TM. Zato je dobro vedeti, katere metode izmere prinašajo zadovoljivo natančnost in točnost in katere metode je potrebno izvajati s posebno pazljivostjo, da lahko lastnikom zemljišč geodetske storitve izvedemo kakovostno.

1.1 Splošno o nalogi

Z diplomsko nalogo želimo pokazati izvedbo katastrske izmere na neurbanem območju s tehnologijo GNSS (angl. *Global Navigation Satellite System*) in opozoriti na pomanjkljivosti le-te. Pomembno je, da poleg sodobnih satelitskih izmer upoštevamo tudi podatke starejših elaboratov in v kolikor v naravi obstajajo materializirane točke, v izmero vključimo tudi te. Obstoječe podatke moramo pravilno povezati s sodobnimi tehnikami izmere in izbrati tako metodo, ki hkrati zagotavlja racionalnost izvedbe in zanesljivo določitev koordinat točk.

Za terensko delo smo izbrali dve kmetijski parceli na podeželskem območju. Poiskali in preučili smo vse obstoječe katastrske podatke za okolico teh parcel in jih umestili v zemljiškokatastrski prikaz. Na zemljiščih so pred približno štirimi leti z geodetsko izmero na novo uredili meje. Zemljiškokatastrske

točke so bile materializirane z mejniki, zato smo jih na terenu poiskali in jim ponovno določili položaj. Želeli smo preveriti kakovost določitve koordinat točk in določiti morebitne poškodbe ter premike mejnikov. Koordinate točk smo določili na različne načine in s tem ugotavljali, katera metoda izmere je najboljša. Izvedli smo statično oziroma hitro statično izmero GNSS, izmero RTK (angl. *Real Time Kinematic*) ter kombinirano GNSS in klasično metodo izmere za določitev položajev točk. Dodatno smo koordinate izbranih zemljiškokatastrskih točk, ki smo jih določili z izmero GNSS, primerjali z uradnimi koordinatami zemljiškega katastra (transformirane koordinate D48/GK in koordinate D96/TM). Nadalje smo obravnavali vpliv odstopanj koordinat od referenčnih, ki smo jih določili s statično metodo izmere GNSS, in določili površine zemljiških parcel.

1.2 Hipoteze

Problemi sodobnega katastra izvirajo iz dejstva, da le-ta temelji zgolj na položajih točk, pri čemer relativnim odnosom med točkami posameznih zemljiških parcel izvajalci ne posvečajo več velike pozornosti. Zato smo postavili sledeče hipoteze.

1. Priprava na terensko izmero je še vedno pomembna, in sicer predvsem za preverbo medsebojnih odnosov točk (zlasti dolžin) med koordinatami stare in nove izmere.
2. Statična ali vsaj hitra statična izmera GNSS je najboljša metoda izmere za določitev položajev točk. Četudi položaje dobimo naknadno z obdelavo, so koordinate najboljše kakovosti. Je metoda izmere, kjer lahko z različnimi programskimi orodji ocenjujemo kakovost opazovanj. Rezultat izmere niso le koordinate točk, ampak opazovanja, iz katerih lahko kadarkoli izračunamo koordinate z različnimi programskimi orodji.
3. Pri RTK-metodi izmere se lahko zgodi, da so z enkratno izmero določene koordinate točk pogrešene zaradi vplivov na opazovanja (predvsem je problematičen odboj signala GNSS od objektov v okolici).
4. Nepravilna določitev koordinat točk močno vpliva na nepravilni izračun površin parcel.

1.3 Struktura naloge

Diplomsko nalogo sestavlja šest poglavij. V uvodnem poglavju predstavimo problematiko in motive za delo ter možne rešitve. V drugem poglavju predstavimo teoretična izhodišča in podrobneje opišemo metode, ki smo jih uporabili pri terenskem delu in kasnejši obdelavi. Tretje poglavje služi opisu priprave na terensko delo, v četrtem poglavju pa sledi predstavitev poteka terenske izmere. Obdelavo opazovanj in rezultate predstavimo v petem poglavju, kjer sledi izračun površin in primerjava le-teh. Nalogo sklenemo s šestim poglavjem, kjer so zbrani zaključek in predlogi rešitev obravnavanega problema.

2 TEORETIČNA IZHODIŠČA

Zemljiški kataster je temeljna evidenca o zemljiščih. Tako kot kataster stavb, register nepremičnin, evidenco državne meje in register prostorskih enot tudi zemljiški kataster vodi in vzdržuje Geodetska uprava Republike Slovenije (v nadaljevanju GURS). Zemljiški kataster in kataster stavb se povezuje z zemljiško knjigo in skupaj predstavljajo temeljne nepremičninske evidence v Republiki Sloveniji (Mozetič in sod., 2006).

Zakon o evidentiranju nepremičnin (2006) v 15. členu določa, da je zemljiški kataster sestavljen iz zadnjih vpisanih podatkov o zemljiščih ter iz zbirke listin in podatkov, ki omogočajo historični pregled v spremembe. V zbirki listin so elaborati in druge listine, na podlagi katerih so bili opravljeni posamezni vpisi, ter načrti in podatki, vpisani pred zadnjimi vpisanimi podatki. Zbirka listin se trajno hrani v elektronski in fizični obliki. Zakon v nadaljevanju določa, da je osnovna enota zemljiškega katastra parcela, v njem pa se vodijo (Zakon o evidentiranju neprmeičnin, 2006):

- identifikacijska oznaka parcele,
- meja,
- površina,
- lastnik,
- upravljavec,
- dejanska raba,
- zemljišče pod stavbo in
- boniteta zemljišča.

V zemljiškem katastru koordinate točk vodijo v dogovorjenem državnem koordinatnem sistemu. Do 1. 1. 2008 so se podatki vodili v koordinatnem sistemu D48/GK, od takrat naprej se novi podatki evidentirajo v novem koordinatnem sistemu D96/TM, vzporedno pa danes tudi v D48/GK. Ravninske in višinske koordinate transformiramo ločeno (Mozetič in sod., 2006):

- ravninske koordinate s 4-parametrično podobnostno transformacijo, kjer transformacijski parametri niso enolično določeni,
- nadmorske višine izračunamo iz elipsoidnih višin, z interpolacijo geoidne višine iz modela absolutnega geoida Slovenije SLOG2000 (Pribičević, 2000).

V koordinatnem sistemu D48/GK se še vedno vodijo koordinate zemljiškokatastrskih točk (ZK-točk), katerih položaji so bili določeni do uvedbe novega sistema, in zemljiškokatastrski prikaz (ZKP). V novem koordinatnem sistemu, torej v slovenski realizaciji koordinatnega sistema ETRS89, ki jo imenujemo D96/TM, se vodi zemljiškokatastrski načrt (ZKN) ter koordinate novih in spremenjenih ZK-točk (Mozetič in sod., 2006).

2.1 Koordinatna sistema D48/GK in D96/GK

2.1.1 Koordinatni sistem D48/GK

Koordinatni sistem D48/GK je osnovan na elipsoidu Bessel, ki je bil definiran leta 1841 in fiksiran v fundamentalni točki Hermannskogel. Ravninske koordinate so določene v Gauß-Krügerjevi projekciji 5. meridianske cone. Širina cone je 3° , modulacija pa znaša 0,9999, s centralnim meridianom 15° . Pomik proti severu znaša $-5.000.000$ metrov, proti vzhodu pa 500.000 metrov (Peterca, 1993).

2.1.2 Koordinatni sistem D96/TM

Koordinatni sistem D96/TM je novi slovenski horizontalni koordinatni sistem, ki temelji na skupnem evropskem koordinatnem sistemu ETRS89 (angl. *European Terrestrial System 1989*) in se navezuje na rotacijski elipsoid GRS80 (angl. *Global Reference System 1980*). V Sloveniji smo sistem realizirali leta 1996, zato oznaka D96/TM. Realiziran je z državnim pasivnim omrežjem točk bivše astrogeodetske mreže Slovenije, kjer so se v okviru izmer EUREF (angl. *European Reference Frame*) opravljale meritve v letih 1995, 1996 in 1997, in s stalnimi postajami omrežja SIGNAL (Slovenija – Geodezija – Navigacija – Lokacija) (Stopar in sod., 2008).

Za prehod 3D-položajev točk v ravnino je izbrana prečna Mercatorjeva projekcija s širino cone $3^\circ 15'$. Širino cone so s treh stopinj povečali zato, da celotno ozemlje Slovenije pade v eno cono (Peterca, 1993). Linijsko merilo na srednjem, 15-stopinjskem meridianu, znaša 0,9999. Navidezni pomik proti severu je $-5.000.000$ metrov, proti vzhodu pa 500.000 metrov. Državni koordinatni sistem realizirajo koordinate točk, ki so bile določene v okviru geodetskih izmer komisije EUREF pri IAG (angl. International Association of Geodesy) (Fajdiga, 2008).

Po grobi oceni se pri pretvorbi iz starega v novi koordinatni sistem točki spremenijo koordinate (Berk in Klanjšček, 2007):

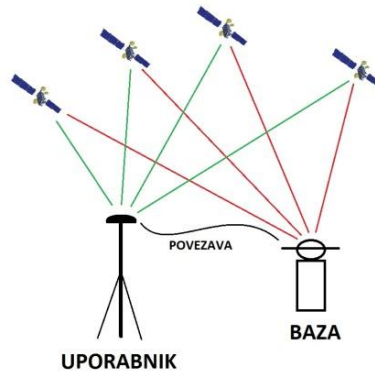
- za -370 metrov po y-osi in
- za 485 metrov po x-osi.

Za stari koordinatni sistem velja, da je nehomogen in lahko pride pri transformaciji tudi do precejšnjih razlik (Berk in Komadina, 2010).

2.2 GNSS-metode izmere

Poznamo več metod izmere GNSS. V osnovi ločimo relativno in absolutno določitev položajev točk. Absolutno določitev položajev točk z najbolj kakovostnimi faznimi opazovanji lahko izvedemo z metodo PPP (angl. *Precise Point Positioning*). V dani nalogi smo izvajali le relativne metode izmere, kjer v osnovi potrebujemo dve točki, na katerih izvajamo opazovanja istočasno. Koordinate ene točke so znane (referenčni sprejemnik), drugi točki pa jih določamo z obdelavo opazovanj GNSS. Opazovanja GNSS na točki z že znanimi koordinatami izvajamo zato, da lahko iz opazovanj izračunanega baznega vektorja med dano in novo točko določimo koordinate nove točke. Princip

delovanja je prikazan na sliki 1. V kolikor želimo koordinate določati v realnem času, moramo za prenos opazovanj od bazne postaje do instrumenta na novi točki imeti na voljo komunikacijsko povezavo.



Slika 1: Princip delovanja relativnega določanja položaja z GNSS

V geodetskem določanju položajev točk uporabljamo relativne metode izmere na osnovi kodnih in faznih opazovanj. Metoda določitve položaja temelji na odstranjevanju vplivov na opazovanja in neznank v faznih enačbah pri tvorjenju faznih razlik. Z enojno fazno razliko iz fazne enačbe odstranimo pogreške satelitovih ur, iz dvojne dodatno še sprejemnikove ure, iz trojne fazne razlike pa odstranimo tudi neznanko fazne nedoločenosti ali neznanega števila celih valov v začetnem trenutku opazovanj, ki je značilna neznanka le-teh. S kombinacijo opazovanj na več frekvencah lahko odstranimo vpliv ionosfere na razširjanje signala. V naknadni obdelavi obstaja možnost uporabe najbolj točnih podatkov o tirnicah satelitov (King in sod., 2002). Ključnega pomena za kakovostno določitev položaja je določitev neznank celih začetnih valov ali fazne nedoločenosti. Kot rešitev neznank dobimo pravo – celoštevilčno ali nepopolno – realno vrednost. V geodetskih nalogah je sprejemljiva le določitev neznank začetnih valov v območju celih števil (Kozmus in Stopar, 2003).

Relativne metode ločimo tudi glede na hitrost pridobitve rezultatov izmere. Le-te lahko pridobimo v realnem času na terenu (metoda RTK) oziroma z naknadno obdelavo opazovanj. Med te uvrščamo statično in hitro statično izmero, čeprav je naknadno mogoče obdelati tudi kinematične meritve. Metode delimo tudi na statične in kinematične, kar se navezuje na dinamiko gibanja instrumenta. Pri statični metodi instrumenti tekom izmere mirujejo, pri kinematični pa se z enim instrumentom premikamo po terenu. Na terenu smo izvajali hitro statično in RTK-metodo izmere, ki ju bomo v nadaljevanju podrobneje opisali.

2.2.1 Statična metoda izmere

Statična metoda je najbolj natančna metoda izmere. Uporabljamo jo za najbolj kakovostno določitev položajev točk, ki pogosto služijo za izhodišče drugim točkam. To so na primer meritve za vzpostavljjanje državnih mrež, naloge v inženirski geodeziji za vzpostavljjanje geodetske mreže, kontrolne meritve, geodinamične naloge in pri drugih nalogah, kjer je zahtevana visoka natančnost in

zanesljivost določitve koordinat točk. Opazovanja izvajamo v parih ali na več točkah, če nimamo dovolj instrumentov, pa meritve izvajamo v serijah. Število serij je odvisno od števila merjenih točk, razpoložljivih instrumentov in od zahteve glede neodvisnih meritev v seriji za posamezno točko. Rezultat obdelave s statično izmero pridobljenih opazovanj na več točkah so bazni vektorji med pari točk. Z izravnavo baznih vektorjev po metodi najmanjših kvadratov pridemo do končnih rezultatov, kar so koordinate točk s pripadajočimi natančnostmi. Slabost statične izmere je, da je časovno zelo potratna. Običajno traja od 30 do 120 minut in več. Točke s to metodo lahko določimo z natančnostjo nekaj milimetrov do centimetra, za višine pa je natančnost približno za polovico slabša. Za tako natančnost moramo upoštevati določene pogoje (Kogoj in Stopar, 2009).

Pogoji za kakovostno izmero so (Mozetič in sod., 2006):

- nad obzorjem mora biti vsaj 5 delujočih satelitov GNSS, ki so čim bolj enakomerno razporejeni; DOP-faktor (angl. *Dilution of Precision*), ki določa razporeditev satelitov, mora biti čim manjši;
- v okolici točke mora biti čim manj visokih ovir, ki bi lahko ovirale sprejem signalov GNSS; za geografsko širino Slovenije velja, da moramo na južni strani imeti odprt pogled brez ovir;
- odsotnost motečih ravnih površin, ki povzročajo odboj signala, kar imenujemo *multipath*;
- različni viri elektromagnetnega valovanja v bližini lahko zmotijo GNSS-signal, saj lahko povzročijo interferenco;
- potrebna je postavitvev na stativ – trinožni podstavek z izvedbo optičnega ali prisilnega centriranja in natančno horizontiranje.

2.2.1.1 PDOP faktor

PDOP je »kratica za vrednost, ki se nanaša na kakovost določitve položaja (angl. *Position Dilution Of Precision*) izraža kakovost razporeditve satelitov na obzorju. Geometrijsko je to vrednost, ki je obratno sorazmerna volumnu štiristranega enotskega tetraedra, ki ga tvorijo sprejemnik in štirje sateliti, ki so v času meritev nad obzorjem razporejeni najugodneje« (Mozetič in sod., 2006).

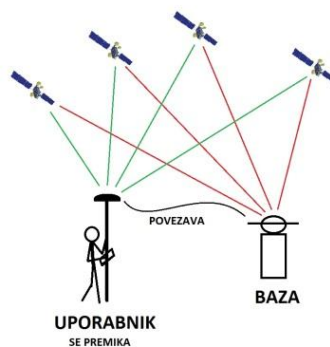
2.2.2 Hitra statična metoda izmere

Hitra statična izmera je v osnovi enaka statični. Je krajša metoda, ki traja 10 minut, vsak kilometer oddaljenosti bazne postaje od nove točke pa doda 1 minuto. Metoda se je uveljavila z razvojem algoritmov za učinkovito določitev neznanega začetnega števila celih valov ob uporabi različnih tipov opazovanj in različnih kombinacij teh opazovanj. Določitev je najbolj učinkovita ob opazovanju vsaj petih satelitov (Kogoj, Stopar, 2009).

2.2.3 RTK-metoda izmere

RTK-metoda spada med kinematične metode GNSS-izmere in omogoča nekaj centimetrsko natančnost določitve položaja v koordinatnem sistemu, vezanem na GNSS. Temelji na faznih opazovanjih in istočasni izmeri z dvema sprejemnikoma, od katerih je eden na dani točki (lastni bazni

sprejemnik ali referenčna bazna postaja), medtem ko se z drugim sprejemnikom gibamo po terenu (slika 2). Oddaljenost med referenčno in novo točko naj ne bi znašala več kot 20 kilometrov (Ermenc, 2015). Glavna prednost obravnavane metode je, da že na terenu v realnem času dobimo rezultate obdelave meritev v obliki koordinat in njihovo kakovost glede uspešne določitve neznanega števila celih valov v začetnem trenutku opazovanj in faktorjih DOP. Obdelava podatkov poteka na terenu, kar zahteva zmogljivo programsko opremo instrumenta. Glavni pogoj za RTK-izmero je stalno delujoča povezava med bazno postajo in na terenu premikajočim se instrumentom. Povezava omogoča prenos opazovanj z baznega stojišča proti novi točki, kjer se v programu instrumenta vrši obdelava.



Slika 2: Princip RTK-metode izmere

RTK-metodo izmere velikokrat uporabljajo v reševanju nalog zemljiškega katastra, saj je natančnost zadovoljiva, izvedba pa hitra. Nepogrešljiva je tudi pri detajlnih izmerah in pri nalogah inženirske geodezije. Kljub temu se moramo zavedati, da ima metoda pomanjkljivosti in se lahko zgodi, da položaji novih točk niso pravilno določeni. Pomanjkljivost izhaja iz dejstva, da se v postopku inicializacije, to je v postopku določanja neznanega števila celih valov v začetnem trenutku opazovanj, lahko zgodi, da je neznanka določena na osnovi od objekta odbitih signalov GNSS. Zato je pomembno, da položaje novim točkam določamo večkrat neodvisno z razmikom med posameznimi določitvami vsaj 20 minut, kolikor lahko traja odboj signala (Pavlovčič Prešeren in sod., 2010).

2.2.4 Kombinirana metoda izmere oziroma Smartpole metoda izmere

V praksi se zelo pogosto najdemo v situaciji, ko je treba združevati GNSS-metode izmere s klasičnimi metodami. Tako povezovanje metod močno poenostavi meritve in skrajša čas izvedbe. Za kombiniranje GNSS-metode s klasično metodo izmere se najpogosteje odločimo zato, ker je kakovostna GNSS-izmera možna le na delu območja izmere. Do takih situacij prihaja (Mozetič in sod., 2006):

- v naseljih, kjer sprejem GNSS-signalov motijo visoki objekti;
- v gozdovih in na robovih gozda, kjer sprejem GNSS-signalov moti vegetacija;
- na območjih razgibanega reliefa, kjer sprejem GNSS-signalov motijo strma pobočja;
- na območjih močnih virov elektromagnetnega valovanja.

Z GNSS-tehnologijo lahko določimo koordinate točk izmeritvene mreže, s klasično izmero pa nato detajlne točke. Pogosto GNSS-metodo uporabimo za določitev koordinat točk, ki nato predstavljajo točke za orientacijo. Priporočajo, da določimo več točk orientacije, ki se morajo nahajati na robu našeg območja izmere. Njihova natančnost pa naj bo za razred višja od detajlnih točk (Mozetič in sod., 2006).

Kombinirana izmera v realnem času je mogoča, če instrument GNSS s komunikacijsko zvezo povežemo s tahimetrom. Nadalje na sredino območja meritev, kjer je dobra vidljivost do drugih točk, postavimo tahimeter z možnostjo avtomatskega sledenja, viziranja in čitanja podatkov. Najprej z instrumentom GNSS določimo položaje orientacijskim točkam. Bolje kot so le-te določene, bolje bo določen tudi položaj točke, kjer se nahaja tahimeter. Na terenu z GNSS določimo položaje vsaj treh, priporočljivo več orientacijskih točk, ki se nahajajo na robu območja izmere in so enakomerno razporejene po območju. Ko imamo dovolj podatkov za izračun položaja tahimetra (govorimo o metodi prostega stojišča), določimo njegove koordinate, nato pa lahko začnemo z izmero detajla. Podrobneje je postopek določitve prostega stojišča z Leicinim sistemom Smartpole opisan v Izračun koordinat stojišča v detajlni izmeri (Jenič, 2015). Na trasirki, s katero hodimo po detajlnih točkah, imamo 360-stopinjno prizmo in GNSS-sprejemnik. Tako imamo tekom izmere dve možnosti – če so na izbrani točki primerni pogoji za izvedbo izmere GNSS, položaj točke določimo z GNSS-metodo izmere, drugače s klasično metodo.

S klasično metodo izmere določeni položaji točk so v relativnem smislu boljše določeni kot z RTK-metodo izmere. Je pa zelo pomembno, da so stojiščna in orientacijske točke kakovostno določene, prav tako mora biti zelo dobro določen položaj stojišča. Kombinirana metoda izmere naj bi bila boljše od RTK-metode ravno zaradi tega, ker je stojiščna točka merjena veliko več časa kot točke pri RTK-metodi izmere, ostale točke pa so relativno vezane na to točko. Natančnost metode poleg stojiščne točke tahimetra določa tudi natančnost določitve orientacijskih točk. Na natančnost določitve vplivajo še razdalja med stojiščno in ZK-točkami ter natančnost meritev kotov in razdalj. Pri RTK-metodi obstaja večja verjetnost, da položaji določenih točk niso dovolj kakovostno določeni, saj so opazovanja GNSS v določenem trenutku lahko obremenjena z različnimi vplivi (odboj signalov od objektov, slaba razporeditev satelitov, zakrito obzorje, slaba določitev neznanega števila celih valov).

2.3 Izračun površine zemljišča

Poleg kakovostne določitve koordinat lomnih točk zemljiških mej je za lastnike parcel zelo pomembna tudi površina zemljišč. Pravilnik o urejanju mej ter spreminjanju in evidentiranju podatkov v zemljiškem katastru (2007) določa, da se površina parcele izračuna v primerih ureditve ali spremembe meje parcele ali ureditve dela meje parcele, če izračun površine zahteva njen lastnik. To so postopki ureditve meje (če je meja urejena ali na zahtevo lastnika), parcelacije, komasacije, izravnave meje, vpisa zemljišča pod stavbo in drugi postopki.

Zakon o evidentiranju nepremičnin (2006) v 19. členu določa, da se površina parcele izračuna iz ravninskih koordinat zemljiškokatastrskih točk, ki določajo mejo parcele. Podatke o površini parcele

se lahko brez zahteve lastnika parcele spremeni, kadar se vpiše v zemljiški kataster na novo urejena ali spremenjena meja. V 20. členu zakon določa, da se parcelo označi kot urejeno šele, ko ima urejeno mejo in na podlagi te meje izračunano površino (Zakon o evidentiranju nepremičnin, 2006).

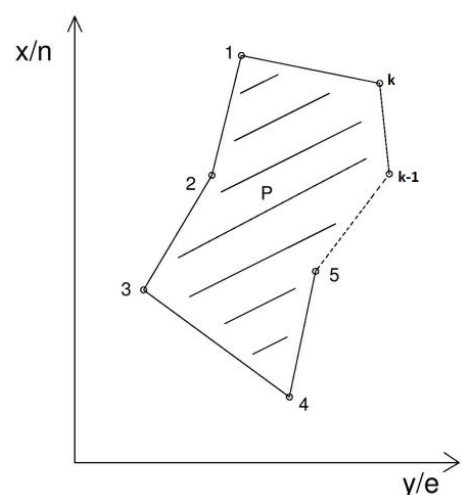
Uradne površine, ki se vodijo v zemljiškem katastru, se izračunajo iz numeričnih ravninskih koordinat zemljiškokatastrskih točk. Če se zgodi, da vse zemljiškokatastrske točke nimajo numeričnih koordinat, se površina parcele izračuna iz grafičnih koordinat zemljiškokatastrskih točk. Leta 2008 smo prešli iz starega koordinatnega sistema D48/GK v novi koordinatni sistem D96/TM, zato se v praksi pogosto srečamo s situacijo, ko so koordinate točk meje parcele določene v različnih koordinatnih sistemih (GURS, 2007).

Pravilnik o urejanju mej ter spreminjanju in evidentiranju podatkov v zemljiškem katastru (2007) v 38. členu določa naslednje: »Če so koordinate zemljiškokatastrskih točk, ki določajo mejo parcele, določene delno v koordinatnem sistemu D96/TM in delno v koordinatnem sistemu D48/GK, se za izračun površine parcele in površine zemljišča pod stavbo izvede transformacija teh koordinat tako, da se vse koordinate zemljiškokatastrskih točk določijo v enem koordinatnem sistemu.« Ob tem velja poudariti, da je kakovost na ta način izračunane površine zemljišča veliko slabša kot v prejšnjih primerih. Vemo namreč, da s transformacijo med koordinatnimi sistemi vedno izgubimo na natančnosti.

Isti pravilnik v 20. členu določa tudi, da mora geodet v elaboratu navesti, na kakšen način je izračunal površino parcele in površino zemljišča pod stavbo. V 36. členu pa navaja, da se po natančnejši določitvi koordinat zemljiškokatastrskih točk površina parcele ponovno izračuna.

2.3.1 Izračun površine mnogokotnika iz koordinat

Površino zemljišča izračunamo iz ravninskih koordinat zemljiškokatastrskih točk. Parcele skoraj nikoli nimajo povsem pravilnih oblik, ampak predstavljajo poljubni večkotnik s k -oglišči, kot je prikazano na sliki 3. Površino parcel lahko računamo tudi ločeno, na primer iz več trikotnikov. V dani nalogi smo izbrali način za izračun površine, ki ga predstavlja enačba (1). Imamo oglišča $P_1(e_1, n_1)$, $P_2(e_2, n_2)$, ..., $P_k(e_k, n_k)$, kjer zaporedna številka predstavlja zaporedno oglišče. Če so oglišča zaporedno označena v nasprotni smeri urinega kazalca, potem dobimo pozitiven rezultat ploščine, sicer negativno (Bartič in sod., 1997).



Slika 3: Skica večkotnika z k oglišči v koordinatnem sistemu

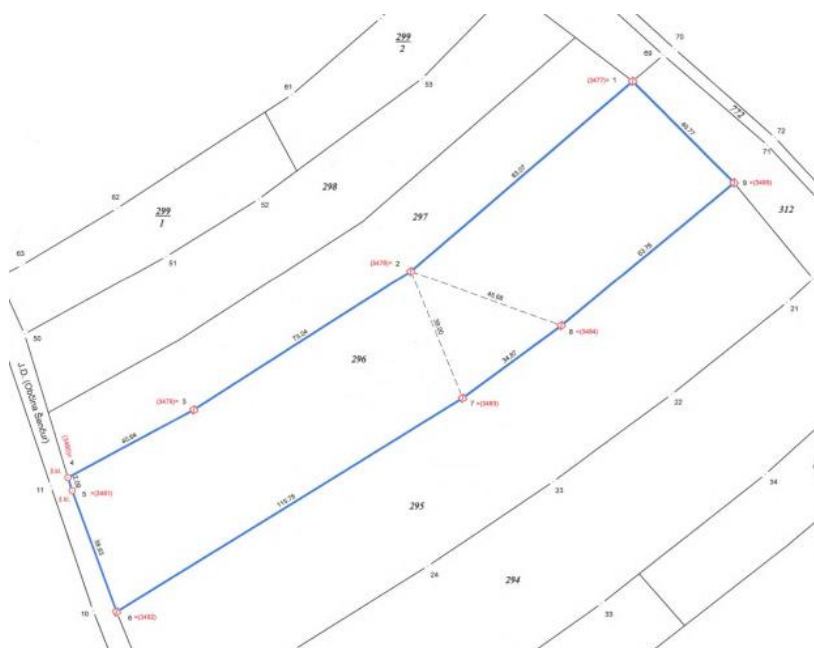
$$P = \frac{1}{2} [(e_1 - e_2) \times (n_1 + n_2) + (e_2 - e_3) \times (n_2 + n_3) + \dots + (e_k - e_1) \times (n_k + n_1)] \quad (1)$$

3 METODE IN MATERIALI: TERENSKO DELO

3.1 Opis delovišča

Za delovišče smo izbrali dve kmetijski parceli na severozahodnem delu Slovenije, ki se nahajata v katastrski občini 2124 Hrastje občine Šenčur. Gre za raven in obdelan svet v bližini manjše površine gozda (slika 6). Parcela s številko 296 ima od jeseni leta 2012 novo določene koordinate v koordinatnem sistemu D96/TM, vse meje so označene kot urejene. Izsek iz elaborata predstavljamo na sliki 4. Parcela ima:

- 9 zemljiškokatastrskih točk,
- 4 različne mejaše,
- 7990 m² površine,
- vrsta rabe je njiva četrtega katastrskega razreda s 60 bonitetnimi točkami.



Slika 4: Izsek iz skice v elaboratu o ureditvi meje

Del parcele 308 je bil urejen jeseni 2012, del pa jeseni 2013. Izsek iz elaborata predstavljamo na sliki 5. Parcela ima:

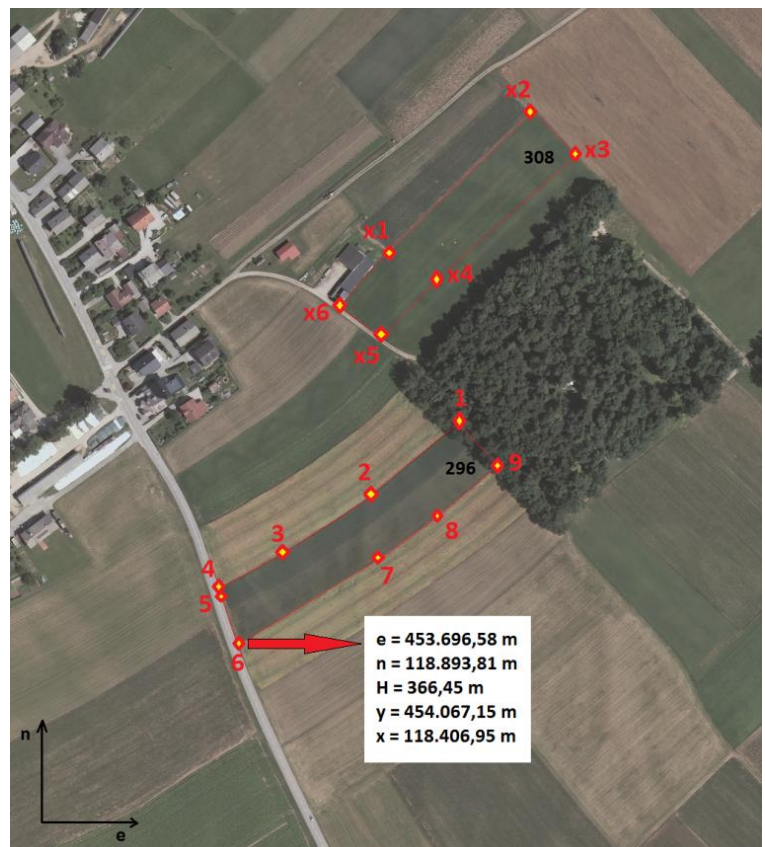
- 6 zemljiškokatastrskih točk,
- 6 različnih mejašev,
- 5401 m² površine,
- raba je njiva petega katastrskega razreda z 52 bonitetnimi točkami.



Slika 5: Izseka iz skic v elaboratih o ureditvi meje parcel 307 (levo) in 309 (desno)

3.2 Priprava podatkov za izmero

Pred terensko izmero smo naročili podatke na Geodetski upravi Republike Slovenije (v nadaljevanju GURS), in sicer državni ortofoto (v nadaljevanju DOF) in podatke zemljiškega katastra (ZK-točke in zemljiškokatastrski prikaz, ZKP). Priskrbeli smo si tudi vse starejše elaborate za širšo okolico izmere in iskali zapise o naravnih mejnikih, npr. večji kamni, jarki, skalne stene, vodotoki in podobni elementi, ki jasno določajo zemljiške meje. Slednji za obravnavano območje ne obstajajo. O naravnih mejnikih smo poizvedovali tudi pri domačinih ter preiskali okolico. Za lažjo predstavo smo si na DOF (slika 6) označili mejnike obeh parcel in definirali koordinate najbolj južne točke.



Slika 6: Prikaz obravnavanih mejnih točk na podlagi DOF

Na danem območju obstajajo trije elaborati zazidljivih parcel, ki so bile dovolj blizu, da so nam bili v pomoč. Ohranjen je elaborat iz leta 1939 brez numerično določenih mejnih točk. Obstaja pa še nekaj

novejših elaboratov, nastalih po letu 2010. Poleg dveh elaboratov obravnavanih parcel so bili dostopni tudi elaborati za štiri zemljišča z urejenimi mejami.

3.3 Uskladitev starejših elaboratov z zemljiškokatastrskim prikazom

Najprej smo začeli s preučevanjem starejših elaboratov arhiva zemljiškega katastra. V neposredni okolici obravnavanih parcel ni bilo veliko starih elaboratov. V vasi Prebačevo, ki se nahaja slabih 200 metrov od delovišča, je veliko več starejših elaboratov, ki so predvsem elaborati za potrebe izgradnje ceste in elaborati zazidljivih parcel. Za naše delo so nam bili v pomoč zgolj slednji – elaborati zazidljivih parcel, ki mejijo na polja, in elaborati kmetijskih zemljišč v bližini naše izmere, ki pa jih ni bilo veliko. Uporabili smo dva elaborata katastrskih postopkov zazidljivih parcel, ki sta zadnji zazidljivi parceli v smeri proti našemu delovišču, in dva elaborata kmetijskih zemljišč. Najstarejši elaborat, ki obsega le eno stran z osnovnimi podatki in skico, sega v leto 1939. Gre za grafičen prikaz parcelacije, kjer so podane grafične meje in zapisani lastniki zemljišč, a ne vsebuje numeričnih koordinat.

Za isto območje obstaja elaborat iz leta 2002, ki obravnava parcelacijo zazidljive parcele in združitev dveh parcel v eno. Podane so koordinate vseh mejnih točk parcel in tudi vogalov stavb. Podane so tudi številne fronte (t. j. relativne izmere dolžin med ZK-točkami), ki so lahko v veliko pomoč. Naslednji elaborat za parcelo, ki je malo bolj oddaljena od obravnavanih parcel (250 metrov), je nastal leta 2008 in se nanaša na ureditev meje. Podane so koordinate mejnikov, medtem ko izmerjene fronte niso vključene v elaborat. Za sosednjo parcelo obstaja še en elaborat iz leta 1973, ki grafično podaja meje parcel, vendar je smiselneje obravnavati novejšega. Novejši elaborat je koristen, saj se nahaja na drugi lokaciji in omogoča bolj enakomerno prilagajanje geometrije ZKP pri vklopu merjenih vredosti. Obravnavali smo še en novejši elaborat, pri katerem gre za ureditev meje kmetijskih zemljišč. Parcela, ki jo opisuje, je v neposredni bližini preučevane parcele s številko 308, kar je bilo še posebej v pomoč, saj je elaborat vseboval izmerjene fronte in tudi koordinate v starem in novem koordinatnem sistemu.

Danes se premalo zavedamo, da sta poglobljen pregled starih elaboratov in izvedba predhodne izmere za rekonstrukcijo stanja še vedno zelo pomembna pri katastrskih postopkih. Pogosto se preveč zanašamo na satelitske tehnike določitve koordinat, kar v katastru ni dovolj, saj je pomembna tudi zgodovina in relativna povezanost med parcelami. Zato smo za naš primer najprej združili skice prejšnjih elaboratov bližje okolice s približnim geolociranjem v okoljih geografskih informacijskih sistemov (GIS). Prikaz nam je bil v pomoč pri predhodni izmeri, da smo lažje našli in določili iskani parceli, hkrati pa je zagotavljal, da nismo zanemarili oziroma ne upoštevali katerega od starejših elaboratov. Uporabili smo štiri prej omenjene elaborate in izrezali njihove skice. V pomoč nam je bilo programsko okolje ArcMap, v katerega smo skice uvozili kot slike s končnico *.jpg. Kot podlago smo v ArcMap uvozili tudi grafične podatke zemljiškega katastra.

Rastrske slike grafičnih prikazov smo georeferencirali in jih tako umestili na pravo mesto. Georeferenciranje je postopek določanja položaja izbranim točkam na rastru, ki mu sledi transformacija teh točk. Za transformacijo rastrskih slik v referenčni sistem smo izbrali identične

lomne točke poligonov zemljiških parcel, ki so bile prikazane na skici in so ZK-točke. Za transformacijo smo uporabili Helmertovo transformacijo, pri kateri je šlo za približno geolociranje, saj smo rastrske slike geolocirali z zelo omejenim številom točk. Ko smo uskladili skice starejših elaboratov z ZKP in ZK-točkami, smo oblikovali pregleden grafični prikaz, ki je kasneje služil pri predizmeri in ga prilagamo kot prilogo A. Ta prikaz ni zanesljiv v natančnosti, lahko pa je zelo koristen za lažjo orientacijo na terenu pri ugotavljanju poteka meje še neurejene parcele. Obstaja tudi možnost, da v tem prikazu na vsaki skici ustvarimo povezavo do celotnega elaborata. Ob uporabi ustreznega prenosnega komunikatorja je na terenu omogočen tudi vpogled v numerične in opisne podatke starejših elaboratov.

Po ureditvi obravnavanih parcel bomo izdelali dopolnjen prikaz, kjer bomo dodali tudi novejša elaborata. Ta prikaz bo nalogi dodan kot priloga B.

3.4 Predhodna izmera

Po pripravi urejenega prikaza zemljiškokatastrskih točk in podatkov starih elaboratov smo izvedli predhodno izmero za rekonstrukcijo stanja. Na teren smo vzeli kopije pripravljenih podatkov, 30-metrski merski trak in kramp za morebitno odkopavanje mejnikov. Na podlagi pripravljenega prikaza, starejših elaboratov in jasnih mej med zemljiškimi parcelami smo obravnavani parceli hitro našli. Z GNSS-sprejemnikom smo določili položaje nekaj mejnim točkam na ogliščih parcel, da smo se kasneje prepričali o približni pravilnosti položaja.

Na tem mestu bi se predhodna izmera za neurejene parcele lahko končala. V našem primeru pa sta obravnavani parceli že urejeni in so bile mejne točke materializirane z mejniki. S pomočjo front smo na terenu poiskali še mejnike. Ker je bila izmera narejena pred štirimi leti, smo vse mejnike našli. Nekateri so bili že nekoliko prekriti s prstjo, vendar smo jih vseeno lahko odkopali. Dva mejnika se nahajata na robu asfaltne ceste, eden tik ob njej, drugi mejnik je na robu makadamske ceste, ostali pa se nahajajo v prsti na parcelnih mejah, ki so gosto porasle s travo. Med mejnimi znamenji ni bilo videti uničenega, če pa je bil kakšen malo premaknjen, smo to ugotavljali s ponovno izmero le-tega. Nekateri mejniki so namreč med dvema njivama, kjer se zemljo večkrat letno strojno obdela in je verjetnost premikov velika.

3.5 Uporabljen instrumentarij

Točke smo izmerili s tremi različnimi metodami in za vsako metodo uporabili nekoliko drugačen instrumentarij oziroma pribor.

Za statično metodo izmere točk smo uporabili (slika 7):

- instrumente Trimble 4000 Ssi,
- antene *Trimble Compact L1/L2 with ground plane* in
- trinožno stojalo (stativ).



Slika 7: Instrument Trimble 4000SSi z anteno Trimble Compact L1/L2 with ground plane

Za RTK-metodo izmere smo uporabili (slika 8):

- GNSS-sprejemnik Leica Viva GS15,
- dlančnik, ki je s sprejemnikom povezan preko brezžične povezave in
- trasirko z dozno libelo (natančnost 8').



Slika 8: Instrument Leica Viva z dlančnikom

Za kombinirano klasično in GNSS-metodo izmere smo uporabili (slika 9):

- tahimeter Leica TS30,
- GNSS-sprejemnik Leica Viva GS15,
- 360° stopinjsko prizmo in
- trinožno stojalo ter trasirko z dozno libelo (natančnost 8').



Slika 9: Instrumet Leica TS30 (v ozadju) in Leica Viva (spredaj)

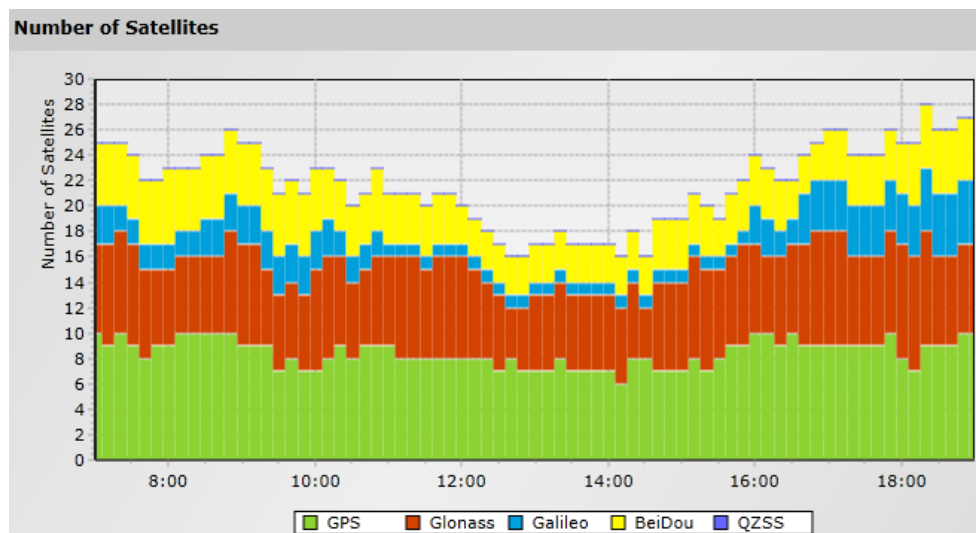
4 IZMERA

Izmero smo izvedli v dveh terenskih dneh. Prvič smo se na teren odpravili 18. 3. 2016. Izmero smo začeli s statičnimi opazovanji GNSS, saj le-ta trajajo najdlje.

4.1 Statična izmera

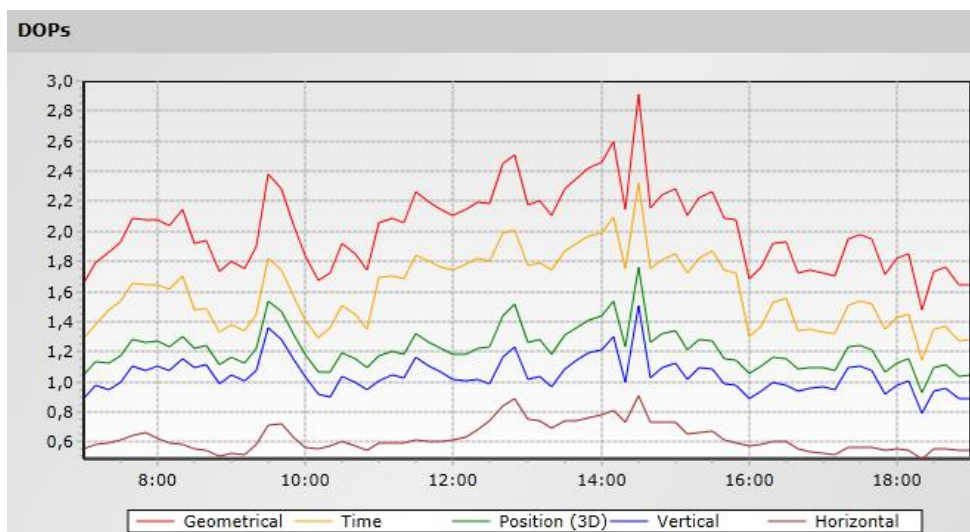
Na voljo smo imeli štiri instrumente Trimble 4000 Ssi (slika 7), zato smo v eni seriji lahko opazovali na štirih točkah. Instrumente smo na točkah pustili uro in pol. Po zaključeni prvi seriji smo jih še trikrat prestavili na druge točke. Nastavili smo jih, da so zapisovali podatke na vsakih 5 sekund za satelite, ki so imeli višinski kot nad 10° .

Za čas izmere smo v predhodnem planiranju z uporabo spletne aplikacije *GNSS Planning Online* (<http://www.trimble.com/GNSSPlanningOnline/#/Settings>) pridobili informacije glede števila satelitov nad obzorjem in pričakovanih faktorjev DOP, kar prikazujemo na sliki 10 (število satelitov določenih združb po urah) in sliki 11 (velikosti faktorjev DOP, ki opisujejo kakovost razporeditve satelitov na obzorju).



Slika 10: Število satelitov posameznih navigacijskih sistemov nad določenim položajem dne 18. 3. 2016 (GNSS Planning Online)

S slike 10 lahko vidimo, da smo imeli ves čas na voljo dovolj – več kot štiri – satelitov.



Slika 11: Različni DOP-faktorji po urah za 18. 3. 2016 (GNSS Planning Online)

Izpisane dobimo številne DOP-faktorje, kot na primer časovni, položajni, vertikalni, horizontalni in geometrični, ki nas najbolj zanima. Za kakovostno izmero mora biti DOP faktor čim manjši. Če doseže vrednost nad 6, opazovanja niso več zanesljiva. V našem primeru, kot vidimo na sliki 11, faktor v najslabšem trenutku doseže vrednost nekaj pod 3, kar pomeni, da je bila razporeditev satelitov ves čas zadovoljiva, če ne dobra.

Statično izmero GNSS smo izvedli na vseh devetih točkah parcele 296 in na vseh šestih točkah parcele 308. V pisarni smo ugotovili, da opazovanja na šesti točki parcele 308 niso dovolj dobra, zato smo jih 1. 4. 2016 ponovili. Opazovanja smo pridobili na dveh točkah, kar je omogočilo izračun baznega vektorja med njima. Problematična točka 6 se nahaja ob večji konstrukciji (slika 12) – koruznem silosu, narejenem iz velikih ravnih plastičnih površin. Predvidevamo, da bi bila lahko to površina, od katere se signal GNSS odbija.

Koordinate točk, dobljene s statično izmero in izravnavo obdelanih nadštevilnih vektorjev, smo v nadaljevanju privzeli za dane oziroma referenčne. Glede na te koordinate točk smo kasneje primerjali koordinate, dobljene z drugimi metodami izmere, hkrati pa smo preverili tudi kakovost koordinat urejenih točk, ki so bile v postopku ureditve meje evidentirane v uradne baze podatkov.



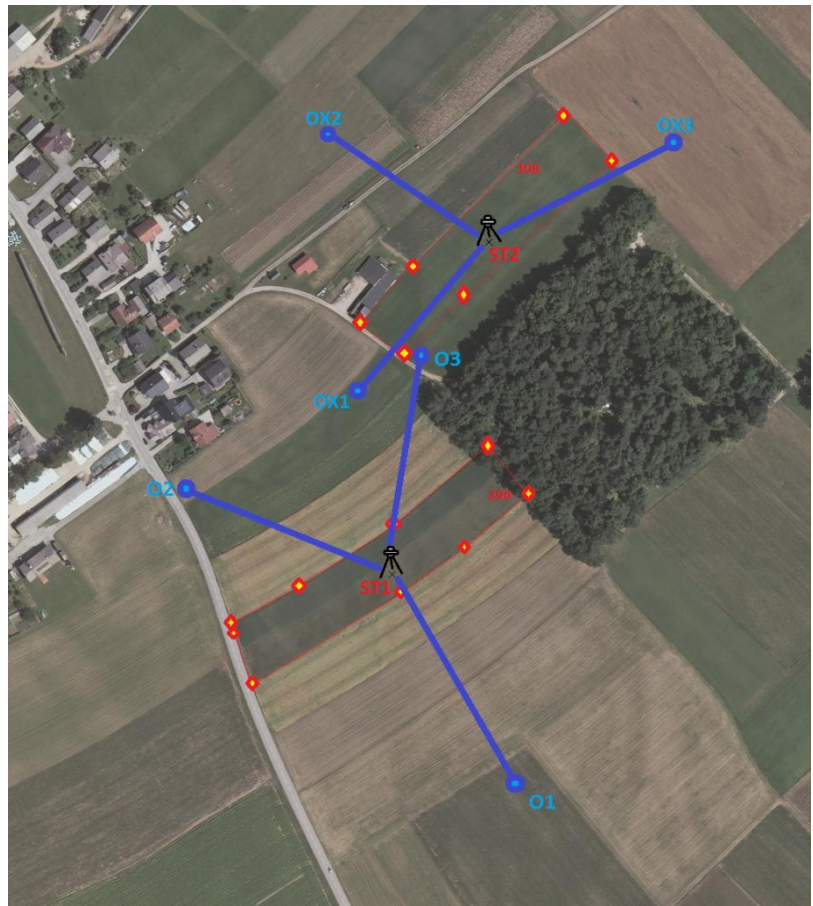
Slika 12: Silos iz trde plastike kot ovira ob točki 6

4.2 RTK-metoda izmere

Pri RTK-metodi so točke določene glede na trenutno razporeditev satelitov. Zato smo meritve vseh točk izvedli trikrat, in sicer s časovnim zamikom približno ene ure. V tem času se razporeditev satelitov GNSS na obzorju spremeni, zato lahko trdimo, da imamo opravka z neodvisnimi meritvami. Točko smo v vsakem obhodu določili na dva načina. Prvič smo jo opazovali le 5 zaporednih trenutkov, nato pa še 180 trenutkov. S tem smo želeli preveriti, kolikšna je razlika v določitvi koordinat točk, če na točki izvajamo opazovanja zelo kratek čas ali malo dlje. Izmero smo izvedli z instrumentom, nameščenim na dvonožnem stojalu, ki nam je bilo v pomoč pri horizontiranju trasirke s GNSS-sprejemnikom in dlančnikom. Interval registracije smo v instrumentu nastavili na 1 epoho, višinski kot pa na 15° (10°).

4.3 Kombinirana GNSS in klasična metoda izmere

Meritve so trajale približno eno uro, kar pomeni, da smo položaj stojišča tahimetra določili na osnovi predhodno določenih položajev orientacijskih točk z GNSS-metodo izmere. Za vsako parcelo smo tahimeter posebej postavili in položaj izračunali na osnovi meritev do več orientacijskih točk. Orientacijske točke smo določili na oddaljenosti, da so bile vse točke izmere znotraj območja orientacij, kar vidimo na sliki 13. Ves čas smo uporabljali dvonožno stojalo, še posebej pa smo bili previdni pri horizontiranju orientacijskih točk, saj to pripomore k natančnosti določitve stojiščne točke tahimetra. Približni položaji stojiščnih točk in orientacij na našem terenu so prikazani na sliki 13.



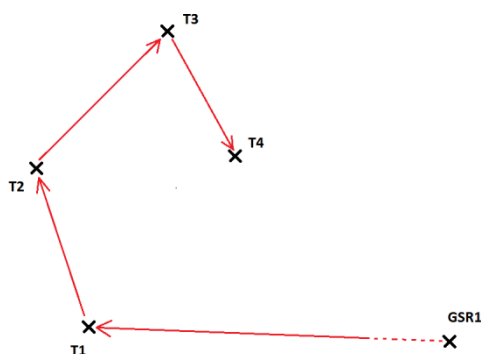
Slika 13: Prikaz stojiščnih točk in orientacij pri SmartPole metodi izmere

5 OBDELAVA OPAZOVANJ IN REZULTATI

Obdelava podatkov je potrebna le pri statični oziroma hitri statični metodi izmere. Podatke smo obdelali v programskem okolju Leica Geo Office. V program smo uvozili:

- podatke opazovanj GNSS,
- precizne efemeride (podatki o tirnicah satelitov),
- podatke referenčne postaje SIGNAL v Ljubljani (GSR1) in podatke virtualne točke (VRS), vzpostavljene v omrežju stalnih postaj SIGNAL in
- podatke o kalibracijah anten, pridobljene na spletni strani NGS (<https://www.ngs.noaa.gov/ANTCAL/>).

Točko referenčne postaje smo označili kot dano in nato povezali točke tako, da smo dobili več baznih vektorjev. Vektorji so povezani med seboj tako, da je prvi navezan na referenčno postajo GSR1 v Ljubljani, nadaljnje povezave pa so določene v obliki poligona in niso povezane v zaključeni lik, kar je prikazano na sliki 14.



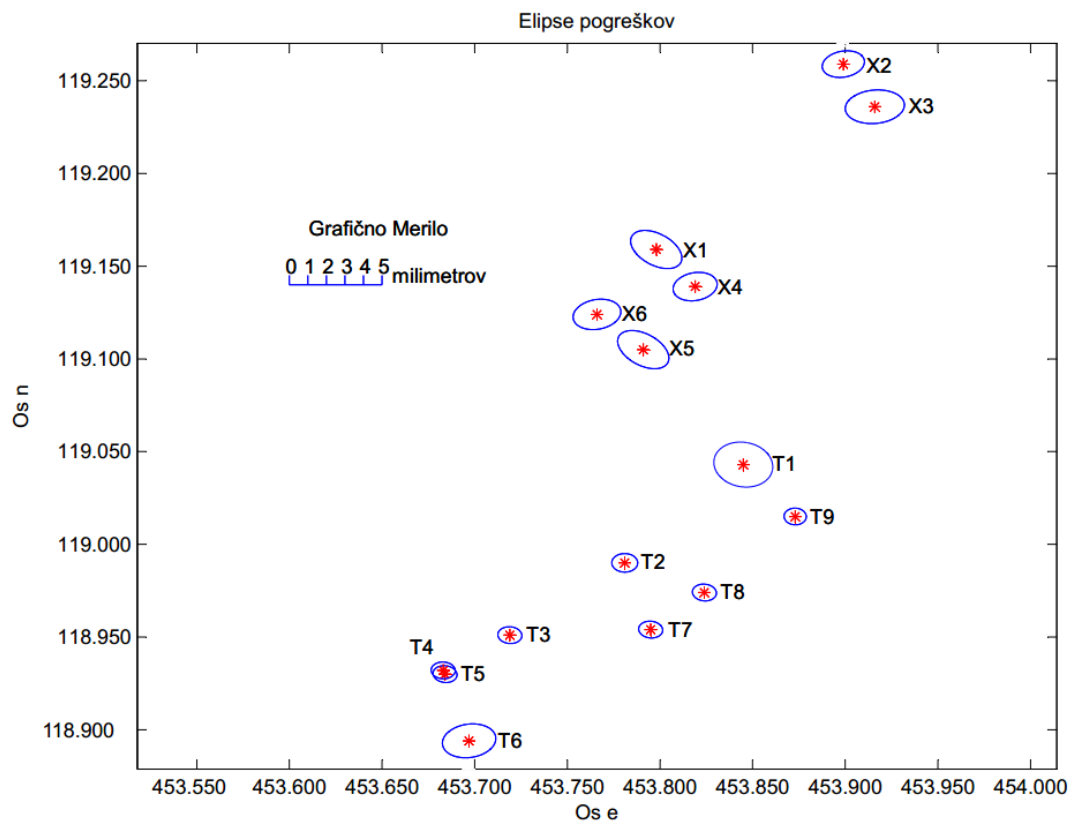
Slika 14: Princip povezovanja baznih vektorjev

Sledila je izravnava, kjer lahko po potrebi izločimo kritične vektorje, ki so določeni s Tau testom. Kot rezultat dobimo izravnane koordinate (φ, λ) v slovenski realizaciji koordinatnega sistema ETRS89. Za lažjo primerjavo in nadaljnjo uporabo smo jih pretvorili v obliko ravninskih koordinat v koordinatnem sistemu D96/TM (SiTraNet, 2016). Koordinate statične metode podajamo v preglednici 1.

S statično metodo smo pridobili položaje točk z nekajmilimetrsko natančnostjo. V nadaljevanju na sliki 15 prikazujemo standardne elipse pogreškov za vse točke. Če je elipsa sploščena, pomeni, da je točka v smeri večje polosi podana slabše kot v smeri krajše polosi. Bolj kot so elipse podobne krogu, bolj so natančnosti v obeh smereh enake velikosti. Bolj natančno kot je točka določena, manjšo ima elipso.

Preglednica 1: Koordinate točk statične izmere v koordinatnem sistemu D96/TM. Višine so dobljene iz elipsoidnih višin ob uporabi modela geoida SLOG2000 (Pribičević, 2000).

Parcela	Točka	e [m]	n [m]	H [m]
296	T1	453.844,693	119.043,450	367,440
	T2	453.780,852	118.990,169	365,785
	T3	453.718,903	118.951,117	365,674
	T4	453.682,952	118.932,186	366,645
	T5	453.683,587	118.930,190	366,641
	T6	453.696,576	118.893,810	366,446
	T7	453.795,476	118.953,966	365,891
	T8	453.823,748	118.974,386	366,051
	T9	453.873,026	119.014,790	367,145
308	X1	453.797,573	119.158,735	367,062
	X2	453.898,549	119.258,246	367,415
	X3	453.916,397	119.236,261	367,505
	X4	453.819,227	119.138,565	367,270
	X5	453.791,109	119.105,283	367,478
	X6	453.766,483	119.124,357	367,427



Slika 15: Točke, dobljene s statično metodo izmere, in natančnosti določitve koordinat, podane s standardnimi elipsami pogreškov

S statično metodo smo dosegli visoko natančnost določitve položajev ZK-točk. Večje polosi standardnih elips so velikostnega reda do treh milimetrov. Točke T3, T4, T5 in T6, ki smo jih opazovali v prvi seriji, so zelo natančno določene. Izstopa točka T6, ki se nahaja tik ob cesti z rednim prometom, kar pomeni, da je lahko vibracija vozil vzrok malo slabše kakovosti. Med točkami T1, T2, T7 in T8, ki smo jih opazovali v drugi seriji, izstopa točka T1. Nahaja se pod gostimi vejami na prehodu gozda v njive, kar bi lahko vplivalo na delno slabšo kakovost določitve položaja, čeprav so bile ovire na severni strani. Točke TX2, TX3, TX4 in T9, opazovane v tretji seriji, imajo položajno natančnost blizu dveh milimetrov, le točka T9 ima natančnost nekoliko višjo. Točki TX5 in TX6 pa sta bili določeni v drugi izmeri in imata natančnost podobno ostalim točkam. Elipse so različno usmerjene.

Naredili smo tudi nekoliko drugačno obdelavo, saj smo obdelali vse vektorje na način, da so imeli isto krajišče (radialna izmera) v točki GSR1. Vektorji zato niso medsebojno povezani, mreža pa ne vsebuje nadštevilnih povezav. Opisan način naj bi prinašal slabše rezultate od prejšnjega. Rezultate radialne obdelave podatkov in njena odstopanja od koordinat, dobljenih s statično metodo izmere, podajamo v preglednici 2.

Preglednica 2: Rezultati radialne statične izmere

Radialna metoda obdelave podatkov						
Točka	e [m]	Δe [mm]	n [m]	Δn [mm]	H [m]	ΔH [m]
Parcela št. 296						
T1	453.844,691	2	119.043,455	-5	367,447	-0,007
T2	453.780,853	-1	118.990,170	-1	365,789	-0,004
T3	453.718,904	-1	118.951,117	0	365,675	-0,001
T4	453.682,950	2	118.932,187	-1	366,646	-0,001
T5	453.683,591	-4	118.930,190	0	366,638	0,003
T6	453.696,576	0	118.893,808	2	366,443	0,003
T7	453.795,477	-1	118.953,965	1	365,89	0,001
T8	453.823,746	2	118.974,387	-1	366,054	-0,003
T9	453.873,038	-12	119.014,807	-17	367,127	0,018
Parcela št. 308						
X1	453.797,574	-1	119.158,735	0	367,064	-0,002
X2	453.898,547	2	119.258,244	2	367,412	0,003
X3	453.916,398	-1	119.236,261	0	367,51	-0,005
X4	453.819,233	-6	119.138,564	1	367,257	0,013
X5	453.791,107	2	119.105,285	-2	367,471	0,007
X6	453.766,48	3	119.124,357	0	367,429	-0,002

Točke, dobljene z radialno obdelavo statične izmere, se od rezultatov prejšnje obdelave v povprečju razlikujejo od 0 do 6 milimetrov. Pri točki T9 so odstopanja še večja. To potrjuje, da je pomembno povezati točke med seboj z baznimi vektorji, saj so rezultati natančnosti določitve položajev točk veliko boljši.

V nadaljevanju (preglednica 3) primerjamo koordinate istih točk, ki smo jih določili z RTK-metodo izmere. Ker smo RTK-metodo izmere izvedli na dva načina, najprej predstavljamo koordinate, pridobljene z merjenjem v 5-ih trenutkih. Kot pravo vrednost smo vzeli povprečje treh merjenj, ki so bili izvedeni v razmiku ene ure.

Preglednica 3: Koordinate RTK-metode izmere, ko smo točke opazovali 5 trenutkov

RTK-metoda (5 trenutkov)						
Točka	e [m]	Δe [mm]	n [m]	Δn [mm]	H [m]	ΔH [m]
Parcela št. 296						
T1	453.873,031	-5	119.014,795	-5	367,093	0,052
T2	453.873,051	-24	119.014,800	-10	367,092	0,053
T3	453.823,743	5	118.974,378	8	366,042	0,009
T4	453.823,744	4	118.974,378	8	366,048	0,003
T5	453.795,479	-3	118.953,961	5	365,888	0,003
T6	453.795,477	-1	118.953,963	3	365,881	0,010
T7	453.696,579	-3	118.893,805	5	366,425	0,021
T8	453.696,578	-2	118.893,807	3	366,427	0,019
T9	453.683,621	-34	118.930,205	-15	366,629	0,012
Parcela št. 308						
X1	453.797,578	-5	119.158,730	5	367,014	0,048
X2	453.797,576	-3	119.158,724	11	367,020	0,043
X3	453.898,561	-12	119.258,244	2	367,301	0,114
X4	453.898,559	-10	119.258,246	0	367,309	0,106
X5	453.916,417	-20	119.236,261	0	367,393	0,112
X6	453.916,419	-22	119.236,262	-1	367,393	0,112

Iz preglednice 3 vidimo, da točke RTK-metode odstopajo od statično določenih točk od 2 do 8 milimetrov. Po drugi strani pa je tudi veliko točk, ki od rezultatov obdelave statične metode izmere odstopajo tudi do 2 ali 3 centimetre. Odstopanja so za razred slabša od hitre statične izmere in jasno nakazujejo možnost, da RTK-metodi izmere v celoti ne moremo zaupati. Nekatere točke so zelo dobro določene, odstopanje na točki X6 pa potrjuje hipotezo, da je pri določanju položajev točk z RTK-metodo potrebno biti veliko bolj pozoren kot pri prejšnjih dveh metodah. Ker ne vemo, kdaj bo prišlo

do večjega odstopanja, moramo ob uporabi samo RTK-metode brez dodatnih kontrol upoštevati, da so vse točke določene s slabšo kakovostjo, ki bi jo v danem primeru lahko opredelili z nekaj centimetri.

V preglednici 4 prikazujemo koordinate točk, dobljene z RTK-metodo, za primere, ko smo točko opazovali 180 trenutkov. To je veliko dlje, natančneje kar 36-krat več kot v prejšnjem primeru. Ko primerjamo rezultate, je komaj opaziti razliko med odstopanji pri hitrem merjenju s 5-imi trenutki ali merjenju s 180-imi trenutki.

Preglednica 4: Koordinate RTK-metode, ko smo točke opazovali 180 trenutkov

RTK-metoda (180 trenutkov)						
Točka	e [m]	Δe [mm]	n [m]	Δn [mm]	H [m]	ΔH [m]
Parcela št. 296						
T1	453.873,051	-24	119.014,800	-10	367,092	0,053
T2	453.823,743	5	118.974,378	8	366,042	0,009
T3	453.823,744	4	118.974,378	8	366,048	0,003
T4	453.795,479	-3	118.953,961	5	365,888	0,003
T5	453.795,477	-1	118.953,963	3	365,881	0,010
T6	453.696,579	-3	118.893,805	5	366,425	0,021
T7	453.696,578	-2	118.893,807	3	366,427	0,019
T8	453.683,621	-34	118.930,205	-15	366,629	0,012
T9	453.683,590	-3	118.930,178	12	366,625	0,016
Parcela št. 308						
X1	453.797,576	-3	119.158,724	11	367,020	0,043
X2	453.898,561	-12	119.258,244	2	367,301	0,114
X3	453.898,559	-10	119.258,246	0	367,309	0,106
X4	453.916,417	-20	119.236,261	0	367,393	0,112
X5	453.916,419	-22	119.236,262	-1	367,393	0,112
X6	453.819,239	-12	119.138,561	4	367,220	0,050

Odstopanja v koordinatnih komponentah so pri daljšem merjenju le za spoznanje manjša (preglednica 4). To dokazuje, da z RTK-metodo ni potrebno dolgo opazovati na točki, saj rezultati ne bodo bistveno drugačni. Vendar je vse skupaj vezano na dobro programje v instrumentu (angl. *Firmware*), ki naj bo večkrat posodobljeno (Škrabar, 2015). Kot že omenjeno je pri RTK-metodi ključna določitev začetnega neznanega števila celih valov, ki je določena na začetku.

V preglednici 5 predstavljamo koordinate obravnavanih točk, določene s kombinirano GNSS in klasično metodo izmere. Točke, določene s klasično metodo izmere, smo določili od stojiščne točke, ki je bila določena z merjenji na orientacijske točke.

Preglednica 5: Koordinate in odstopanja v koordinatah, dobljenih s kombinirano GNSS in klasično metodo izmere

SmartPole metoda izmere						
Točka	e [m]	Δe [mm]	n [m]	Δn [mm]	H [m]	ΔH [mm]
Parcela št. 296						
T1	453.844,708	-15	119.043,451	-1	367,415	0,025
T2	453.780,866	-14	118.990,161	8	365,766	0,019
T3	453.718,905	-2	118.951,107	10	365,652	0,022
T4	453.682,951	1	118.932,163	23	366,625	0,020
T5	453.683,582	5	118.930,166	24	366,619	0,022
T6	453.696,575	1	118.893,785	25	366,422	0,024
T7	453.795,489	-13	118.953,958	8	365,875	0,016
T8	453.823,763	-15	118.974,381	5	366,039	0,012
T9	453.873,019	7	119.014,797	-7	367,128	0,017
Parcela št. 308						
X1	453.797,558	15	119.158,719	16	367,041	0,021
X2	453.898,555	-6	119.258,252	-6	367,424	-0,009
X3	453.916,413	-16	119.236,262	-1	367,478	0,027
X4	453.819,216	11	119.138,557	8	367,253	0,017
X5	453.791,093	16	119.105,272	11	367,469	0,009
X6	453.766,469	14	119.124,341	16	367,403	0,024

Za kombinirano GNSS in klasično metodo izmere, ki smo jo izdelali z instrumentarijem Smartpole proizvajalca Leica, smo omenili, da ustvarja dobre relativne odnose med točkami. Odstopanja v preglednici 5 pa so vseeno večjega velikostnega reda, kot bi pričakovali. Morda je razlog v tem, da koordinate kombinirane metode izmere, kjer smo položaje orientacijskim točkam določili z RTK-metodo izmere, primerjamo s statično metodo. Orientacijske točke neposredno določajo natančnost določitve stojiščne točke pri metodi prostega stojišča, ta pa je ključnega pomena za nadaljnje določanje detajlnih točk. Za izboljšanje natančnosti obravnavane metode bi morali tako kot stojiščno tudi orientacijske točke določiti s statično metodo izmere. Ker je to delo zamudno, bi lahko uporabili že prej s statično izmero določene položaje točk, če na terenu obstajajo. Kljub vsemu pa je iz rezultatov v tabeli 5 vidno, da so relativni odnosi med točkami boljši kot pri RTK-metodi izmere GNSS.

Obravnavani parceli sta urejeni parceli, ki imata z izmero določene in evidentirane koordinate mejnih točk. To nam omogoča, da jih primerjamo z našimi koordinatami, izmerjenimi s statično metodo izmere. Uradne koordinate in odstopanja od rezultatov statične izmere podajamo v preglednici 6.

Tabela 6: Urejene koordinate parcel 296 in 308 v primerjavi z našimi meritvami (statična metoda izmere)

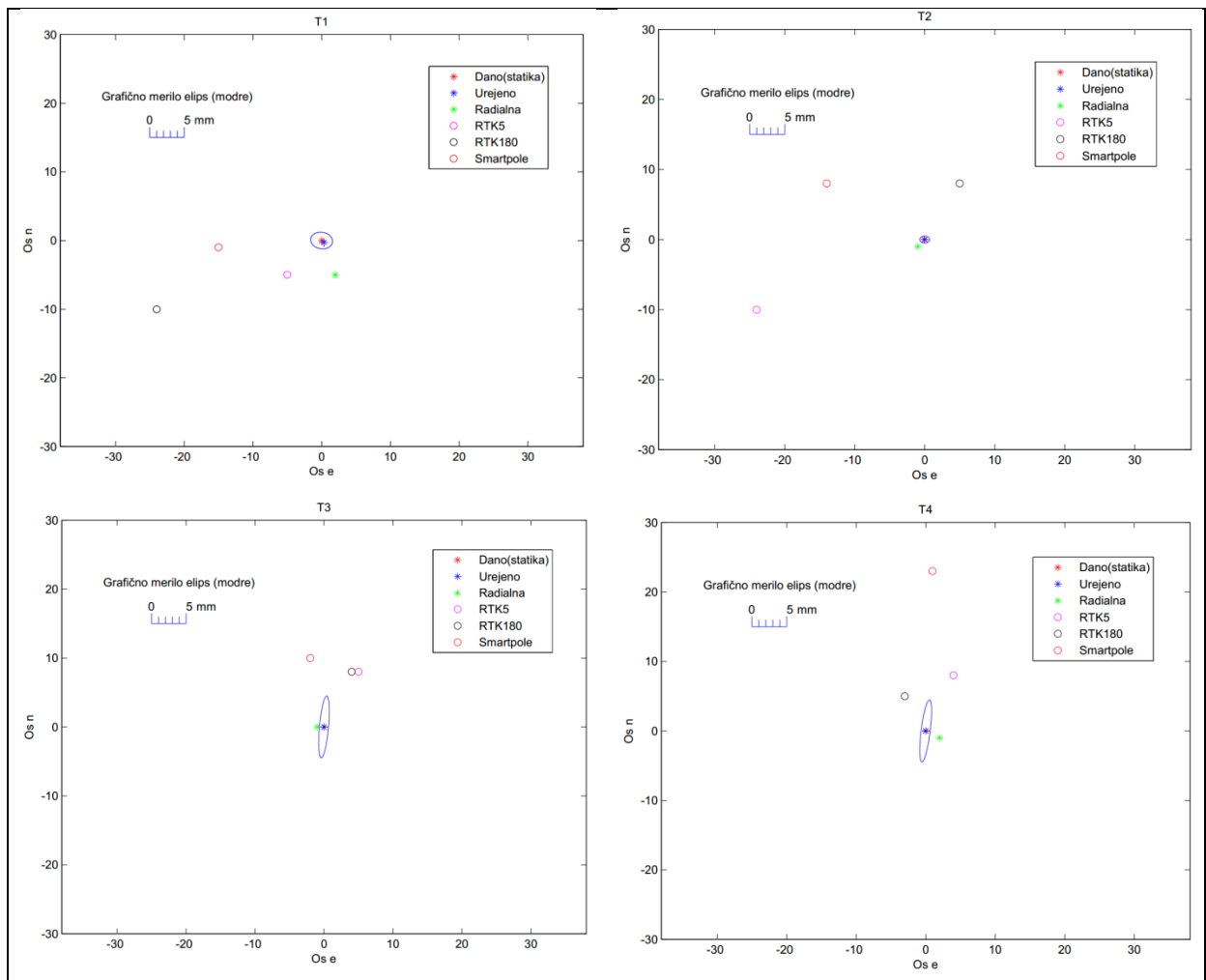
Urejene koordinate					
Točka	e [m]	Δe [m]	n [m]	Δn [m]	
Parcela št. 296					
T1	3477	453.844,36	0,333	119.043,72	-0,270
T2	3478	453.780,88	-0,028	118.990,15	0,019
T3	3479	453.718,91	-0,007	118.951,11	0,007
T4	3480	453.682,94	0,012	118.932,18	0,006
T5	3481	453.683,58	0,007	118.930,19	0,000
T6	3482	453.696,58	-0,004	118.893,81	0,000
T7	3483	453.795,49	-0,014	118.953,98	-0,014
T8	3484	453.823,75	-0,002	118.974,41	-0,024
T9	3485	453.873,08	-0,054	119.014,82	-0,030
Parcela št. 308					
X1	3459	453.797,57	0,003	119.158,77	-0,035
X2	3458	453.898,55	-0,001	119.258,23	0,016
X3	3590	453.916,4	-0,003	119.236,25	0,011
X4	3586	4538.19,23	-0,003	119.138,58	-0,015
X5	3587	4537.91,09	0,019	119.105,29	-0,007
X6	3460	4537.66,47	0,013	119.124,37	-0,013

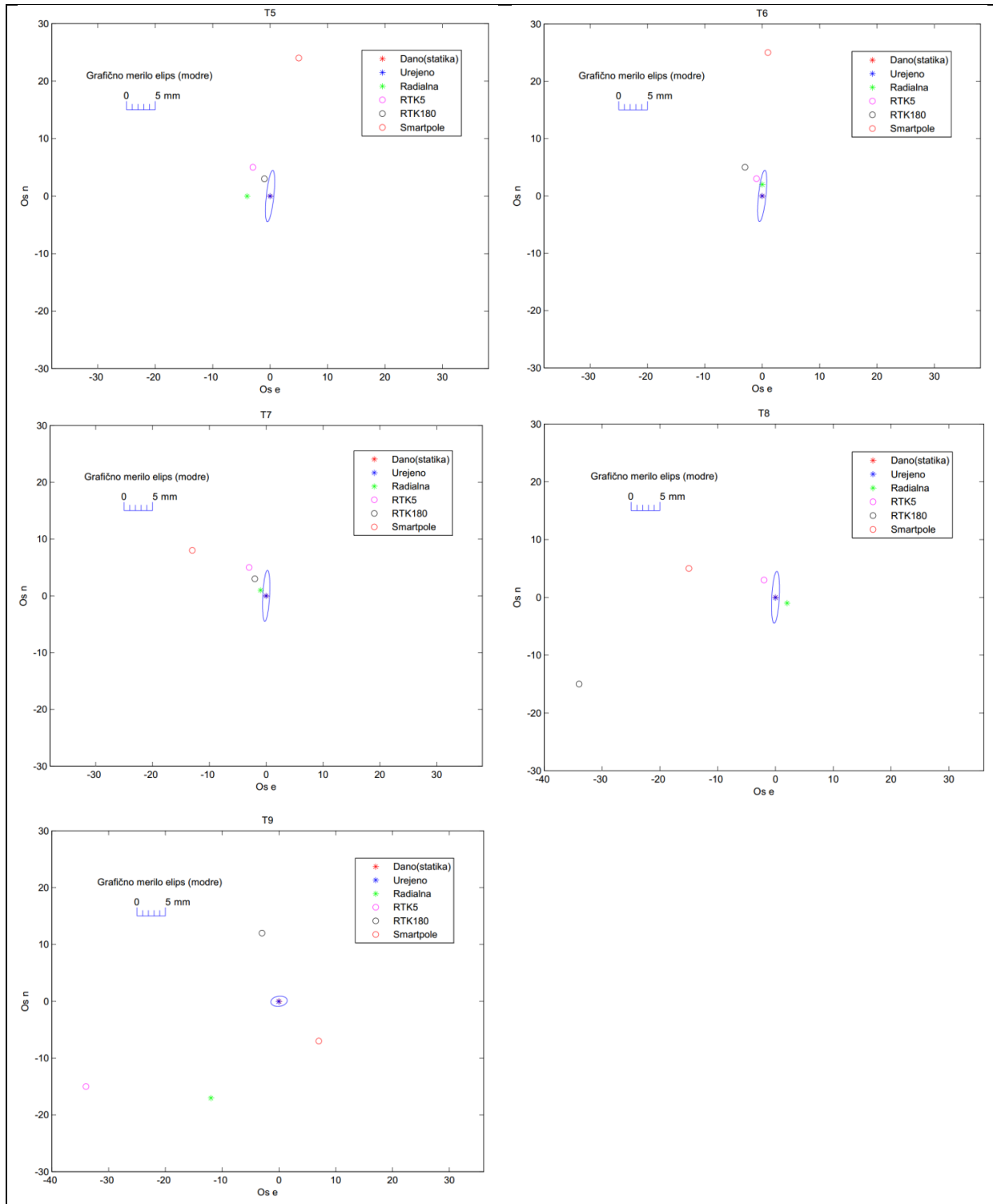
V preglednici 6 prikazujemo uradne koordinate in odstopanja uradnih koordinat le v horizontalni ravnini. Višin ne obravnavamo, ker so ravninske koordinate v zemljiškem katastru veliko bolj pomembne (vsaj do danes, ko še nimamo 3D-kaatstra). Odstopanja ne moremo posploševati enako za vse točke, ampak ločeno glede na lokacijo točke. Iz odstopanj lahko ugotovimo sledeče.

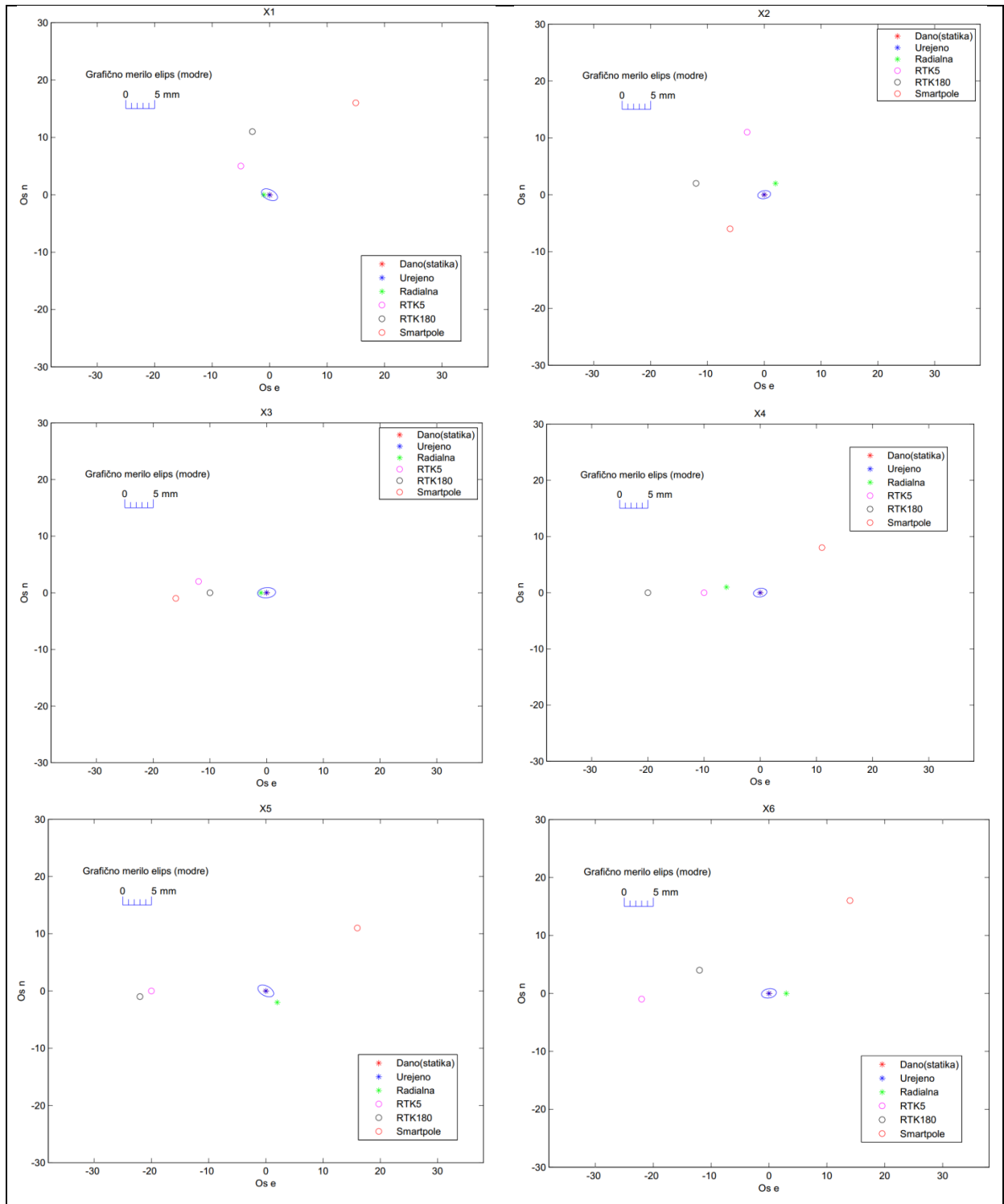
- Večina urejenih točk urejenih mej od naših meritev odstopa od 0 do 25 milimetrov; nekaj točk ima nekoliko večje odstopanje.
- Odstopanja točk parcele 308 so v povprečju nekoliko manjša od odstopanj na parceli 296; gre za njivo, ki jo večkrat letno preorjejo, medtem ko travnika (parcela 308) ne. Pri tem gre za obračanje zemlje tudi do pol metra, kar lahko povzroči premike zemljiškokatastrskih točk, ki so na ozki poraščeni meji (take točke so T2, T3, T7, T8, pri katerih znašajo odstopanja tudi do treh centimetrov).
- Točki T4 in T5 sta stabilizirani z malim jeklenim klinom v asfalt, T6 pa v trdo bankino ob cesti. Točke imajo zelo majhna odstopanja ali pa jih celo nimajo, saj se v asfaltu točka skoraj ne more premakniti.

- Točka T1 ima zelo velika odstopanja – proti vzhodu odstopa za 33 centimetrov, proti jugu pa za 27 cm. V zemljiškem katastru so sicer dovoljena odstopanja v velikosti 4 centimetrov, če obravnavamo večjo polos standardne elipse pogreškov, okoli 10 cm (2,447 x 4 cm) pa, če obravnavamo 95 % stopnjo zanesljivosti elipse pogreškov. Glede na to da smo z različnimi metodami dobili približno enake koordinate za to točko, sklepamo, da so naše meritve pravilne. V pravilnost meritev smo prepričani tudi zato, ker smo določili položaje točk s statično metodo izmere in nadaljnjo izravnavo mreže vektorjev GNSS. Ta točka se nahaja na robu gozda, kjer se zemlja ne obdeluje, zato sklepamo, da je bila točka nepravilno določena z izmero na mejni obravnavi. Če je geodet položaj točke določil z RTK-metodo (kar je danes najpogostejša praksa), je povsem možno, da se ni pravilno izračunalo neznanega števila celih valov, morda tudi zaradi slabše kakovosti izvedbe opazovanj GNSS, in je posledično dobil napačne koordinate. Točka se nahaja že med drevesi, kar še dodatno oteži izmero (mi smo opazovanja izvajali spomladi, ko še ni bilo listja na drevju).

Sledi prikaz odstopanja koordinat za posamezne točke pri različnih metodah. Koordinate statične metode izmere smo postavili v središče grafa. Odstopanja koordinat dobljenih z drugimi metodami za isto točko se nahajajo ob njej, odvisno od velikosti in smeri odstopanja.







Slika 16: Elipse pogreškov za vsako točko in za vse metode izmere ter urejene koordinate

Na sliki 16 za vsako točko posebej prikazujemo odstopanja posamezne metode izmere od položajev točk, določenih s statično metodo izmere GNSS. Prava vrednost točke (statična izmera) je na sredini vsake slike. Razdelba osi predstavlja merilo za elipse pogreškov. Včasih se položaji točk tudi prekrivajo, ker je odstopanje med njimi precej majhno.

Nekatere elipse pogreškov imajo veliko in malo polos skoraj enako veliki. Nekatere pa so zelo sploščene, kar pomeni, da je točka v eni smeri veliko bolj natančno določena kot v drugi. Te sploščene

elipse imajo krajšo polos usmerjeno proti bazni postaji GSR1 v Ljubljani. Točke imajo do te bazne postaje najdaljše vektorje.

5.1 Izračun površin

Iz dobljenih koordinat smo izračunali površini parcel, ločeno za vsako metodo izmere. Odmik koordinat včasih poveča, spet drugič pa zmanjša površino parcele. Povečanja in zmanjšanja površine parcele se do neke mere odštejejo, zato odmik površine od dane vrednosti ni najbolj zanesljiva metoda ocenjevanja različnih metod izmere.

Preglednica 7: Izračun površin dobljenih iz koordinat po posameznih metodah

Metoda izmere	P_{296} [m ²]	$\Delta_{P_{296}}$ [m ²]
Statična izmera	7975,58	/
Radialna (GSR1)	7976,14	-0,56
RTK (5 epoh)	7974,36	1,22
RTK (180 epoh)	7975,22	0,37
Kombinacija GNSS in klasične metode	7976,36	-0,78
Urejena meja	7989,66	-14,08

Iz rezultatov izračunov površin za parcelo 296 (preglednica 7) lahko povzamemo, da se radialna metoda izmere najmanj razlikuje od površine, izračunane iz položajev točk, dobljenih s statično metodo izmere. Večji popravek površine je pri RTK-metodi, ko merimo le 5 trenutkov, kot pa ko merimo 180 trenutkov, kar smo pričakovali. Tako kot pri prejšnjih je tudi pri kombinirani GNSS in klasični metodi izmere približno kvadratni meter odstopanja.

Preglednica 8: Izračun površin dobljenih iz koordinat po posameznih metodah

Metoda izmere	P_{308} [m ²]	$\Delta_{P_{308}}$ [m ²]
Statična izmera	5399,44	/
Radialna (GSR1)	5399,86	-0,42
RTK (5 epoh)	5400,24	0,79
RTK (180 epoh)	5400,36	-0,91
Kombinacija GNSS in klasične metode	5400,71	-1,27
Urejena meja	5400,91	-1,46

Na podlagi izračunov za parcelo 308 (preglednica 8) sledijo podobni zaključki, le da v tem primeru pri RTK-metodi s 5-imi trenutki dobimo manjše odstopanje kot pri 180-ih trenutkih, kar je posledica odštevanja pozitivne in negativne spremembe površine.

5.1.1 Primer izračuna površin pri grobo pogrešeni točki

Kot sledi iz rezultatov v preglednici 7, dobimo pri računanju površine iz urejenih koordinat za parcelo 296 zelo velika odstopanja. Med urejene mejne točke te parcele spada tudi točka, ki ni bila prav določena in v obeh smereh odstopa približno za 3 decimetre. Površina, izračunana iz urejenih koordinat parcele, je tako za 14 m^2 večja od dejanske površine, kar znaša 0,18% celotne površine parcele. Izračunali smo tudi površino iz koordinat, določenih s statično metodo izmere, kjer smo točko T1 zamenjali z grobo pogrešeno določeno točko iz urejenih koordinat. Samo zaradi ene točke pride do napake v izračunu površine za približno 16 m^2 . Taka odstopanja so nedopustna in lahko sprožijo številne napake ter spore med lastniki. To je res dokaz, da moramo biti v pravilnost izmerjenega prepričani in da so kontrole tekom izmer nujno potrebne. Lahko bi rekli, da je GNSS-izmera nujno potrebna v določitvi zemljiškokatastrskih točk, vendar bi bilo prav, da bi relativne odnose med točkami preverili tudi s klasičnimi metodami izmere. Na ta način bi bili veliko bolj prepričani v relativne odnose med točkami in tudi v izračun površin posameznega zemljišča.

6 ZAKLJUČEK

Na osnovi različnih obdelav opazovanj GNSS smo v dani nalogi prišli do zaključkov, ki se navezujejo na v uvodu postavljene hipoteze. Prvo hipotezo lahko potrdimo, saj je priprava na terensko delo res še vedno potrebna. Preučitev starejših elaboratov nam lahko marsikaj razjasni. Predvsem pa je pomembno preveriti medsebojne odnose med točkami (zlasti dolžine) med koordinatami stare in nove izmere. Tu se lahko zgodi, da izračunana dolžina precej odstopa od izmerjene, če je ta na voljo. Razlog za to je lahko, da imamo koordinate točk pridobljene s transformacijo.

Drugi hipotezi smo tekom celotne diplomske naloge posvetili največ časa. Statična metoda izmere GNSS za določitev koordinat točk je najbolj kakovostna metoda določitve položajev točk. Ima boljše algoritme obdelave baznega vektorja in možnost naknadne obdelave, vključuje pa tudi statistične teste za ugotavljanje grobih pogreškov in popravkov, če položaje točk določamo z izravnavo mreže baznih vektorjev GNSS. Predstavlja možnost naknadne obdelave meritev kadarkoli, saj v arhivu vključuje RINEX-datoteke z opazovanji.

Tretja hipoteza obravnava RTK-metodo kot optimalno metodo izmere v smislu hitrosti pridobitve koordinat, vendar govori tudi o pomanjkljivi kakovosti določitve koordinat. RTK-metoda je res primerna za hitre predhodne izmere in določitev pomožnih točk, a je zaradi nezanesljivosti ne bi predlagali kot najboljšo možno metodo določitve položajev točk pri evidentiranju že stabiliziranih zemljiškokatastrskih točk. Pri tej metodi je zelo pomembna kontrola položajev točk (to je izmera relativnih odnosov, dolžin, med točkami poligona meje zemljiške parcele – front). Pomembno je, da se držimo pravil in na vsaki točki določimo položaj vsaj trikrat po preteku 30-ih minut ali več, saj se v tem času geometrija satelitov zagotovo zamenja. Večkratno vračanje in ponovna izmera na isti točki je nujna zahteva, saj zaradi odboja signalov GNSS obstaja možnost nepravilne določitve položaja v posameznem trenutku.

Potrdujemo četrto hipotezo, da kakovost določitve koordinat močno vpliva na izračun površin. To nam potrjuje primer izračuna površine parcele, kjer je najmanj ena točka nepravilno določena (grobi pogrešek) in sprememba površine zemljišča znaša več kot 10 m².

6.1 Ideje za nadaljnje delo

V praksi smo pogosto priča merjenju in določitvi položajev točk brez navezave na širše območje. Tako se izmera lahko hitro zaključi, podatki se evidentirajo in trenutni cilj je dosežen. Težava se pojavi kasneje, ko določamo meje sosednjim parcelam, še bolj pa pri zemljiščih, ki se stikajo z območjem drugih meritev. Tu pogosto pride do primanjkovanja zemljišč oziroma njihovih površin in velikih deformacij.

V izogib omenjenim težavam bi lahko na obravnavanem območju vzpostavili geodetsko terensko osnovo za širše območje, s pomočjo katere bi se problem urejal celostno. To pomeni, da bi se na osnovi lokalne mreže kasneje lahko uredile vse meje. Potrebna bi bila rekonstrukcija starejših meritev

(elaborati) z navezavo na okoliške orientacijske točke (najpogosteje zunanji urezi na cerkvene zvonike), določitev uporabljenih transformacijskih parametrov, iskanje starejših mejnikov ali večjih mejnih znamenj itd.

Na takem delovišču bi se ob ureditvi mej primanjkljaji ali viški površin enakomerno razdelili. Kakovostno vzpostavljene in stabilizirane točke bi lahko uporabili za nadaljnje izmere in načrtovanja. Pomembno pa je omeniti, da bi bila tudi za lastnike zemljišč izmera cenejša, saj bi se stroški vzpostavitve geodetske osnove porazdelili.

VIRI

Uporabljeni viri

Bartič, J. (prev.), Dolinar, G. (prev.), Jurčič, B. (prev.), Mramor, N. (prev.). 1997. Matematični priročnik. Tehniška založba Slovenija: 161 f.

Berk, S., Klanjšček, M. 2007. Transformacija med koordinatnima sistemoma D48/GK in D96/TM. Obvezno izobraževanje geodetov.

<http://www.gu.gov.si/fileadmin/gu.gov.si/pageuploads/GRADIVA/poljceoktober07/Transformacije.pdf> (Pridobljeno 10. 8. 2016.)

Berk, S., Komadina, Ž. 2010. Trikotniško zasnovana transformacija med starim in novim državnim koordinatnim sistemom Slovenije. Geografski informacijski sistemi v Sloveniji 2009–2010, Ljubljana, 28. september 2010. GIS v Sloveniji, 10, 291–299.

Ermenc, N. 2015. Vpliv horizontalne oddaljenosti od stalne postaje GNSS na točnost določitve položaja. Diplomsko naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložništvo N. Ermenc): 40 f.

Fajdiga, D. 2008. Ureditev arhiva podatkov opazovanj izvedenih na pasivnem omrežju v preteklosti: arhiv podatkov kampanjskih GNSS izmer od leta 1994 naprej. V: Berk, S. (izv.). Razvoj DGS 2008. Prehod na nov koordinatni sistem. Končno poročilo, str. 65–75.

http://www.e-prostor.gov.si/fileadmin/projekti/DGS/2008/Razvoj_DGS_2008-koncno_porocilo.pdf (Pridobljeno 25. 7. 2016.)

Geodetska uprava Republike Slovenije. 2007. Tehnično navodilo za uporabo novega koordinatnega sistema v zemljiškem katastru.

http://www.e-prostor.gov.si/fileadmin/ogs/Horiz_koord_sistem_D96/Navodila/razlicica1_0.pdf (Pridobljeno 26. 7. 2016.)

Jenič, M. 2014. Izračun koordinat stojišča v detajlni izmeri: prosto stojišče z izravnavo ali Helmertovo transformacijo. Diplomsko naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložništvo M. Jenič): 31 f.

King, M., Edwards, S., Clarke, P. 2002. Precise Point Positioning: Breaking the Monopoly of Relative GPS Processing.

https://www.staff.ncl.ac.uk/peter.clarke/offprints/king_etal2002.pdf (Pridobljeno 26. 7. 2016.)

Kogoj, D., Stopar, B. 2009. Geodetska izmera. Ggradivo za strokovni izpit iz geodetske stroke. Ljubljana, Inženirska zbornica Slovenije: 36 str.

Kozmus, K., Stopar, B. 2003. Načini določitve položaja s satelitskimi tehnikami. Geodetski vestnik, 47, 4: 404–413.

Mozetič, B., Komadina, Ž., Radovan, D., Berk, S., Mesner, N., Klanjšček, M., Stopar, B., Pavlovčič Prešeren, P., Kozmus, K. 2006. Navodilo za izvajanje izmere z uporabo globalnih navigacijskih satelitskih sistemov v državnem koordinatnem sistemu.

http://www.e-prostor.gov.si/fileadmin/ogs/Horiz_koord_sistem_D96/Navodila/Navodilo_za_GNSS-izmero-v2.pdf. (Pridobljeno 26. 7. 2016.)

Pavlovčič Prešeren, P., Mencin, A., Stopar, B. 2010. Analiza preizkusa instrumentarija GNSS-RTK po navodilih standarda ISO 17123-8. Geodetski vestnik 54, 4: 607–626. doi: 10.15292/geodetski-vestnik.2010.04.607-626

Peterca, M. 1993. Državni sistem ravninskih pravokotnih koordinat. Geodetski vestnik 37, 2: 89–94.

Pravilnik o urejanju mej ter spreminjanju in evidentiranju podatkov v zemljiškem katastru. Uradni list RS št. 8/2007 in 26/2007.

Pribičević, B. 2000. Uporaba geološko-geofizičnih in geodetskih baz podatkov za računanje ploskve geoida Republike Slovenije. Doktorska disertacija. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložništvo B. Pribičević): 179 f.

Stopar, B., Pavlovčič Prešeren, P., Sterle, O. 2008. Povezava aktivnega in pasivnega omrežja geodetskih toč. V: Berk, S. (izv.). Razvoj DGS 2008. Prehod na nov koordinatni sistem. Končno poročilo, str. 42–55.

http://www.e-prostor.gov.si/fileadmin/projekti/DGS/2008/Razvoj_DGS_2008-koncno_porocilo.pdf
(Pridobljeno 25. 7. 2016.)

Škrabar, A. 2015. Ocena kakovosti določitve položaja z različnimi trajanji opazovanj pri RTK-metodi izmere GNSS. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložništvo A. Škrabar): 39 f.

Zakon o evidentiranju nepremičnin. Uradni list RS št. 47/2006.

Ostali viri:

EUREF – Reference Frame Sub Commission for Europe. 2016.

<http://www.euref.eu> (Pridobljeno 26. 7. 2016.)

GNSS Planning Online.

<http://www.trimble.com/GNSSPlanningOnline/#/NumSats> (Pridobljeno 26. 7. 2016.)

IAG – The International Association of Geodesy.

<http://www.iag-aig.org> (Pridobljeno 26. 7. 2016.)

NGS – National Geodetic Survey.

<https://www.ngs.noaa.gov/ANTCAL> (Pridobljeno 11. 8. 2016.)

SIGNAL – Slovenija Geodezija Navigacija Lokacija.

<http://www.gu-signal.si> (Pridobljeno 28. 7. 2016.)

SiTraNet. <http://193.2.92.129/>. (Pridobljeno 11. 8. 2016)

SEZNAM PRILOG

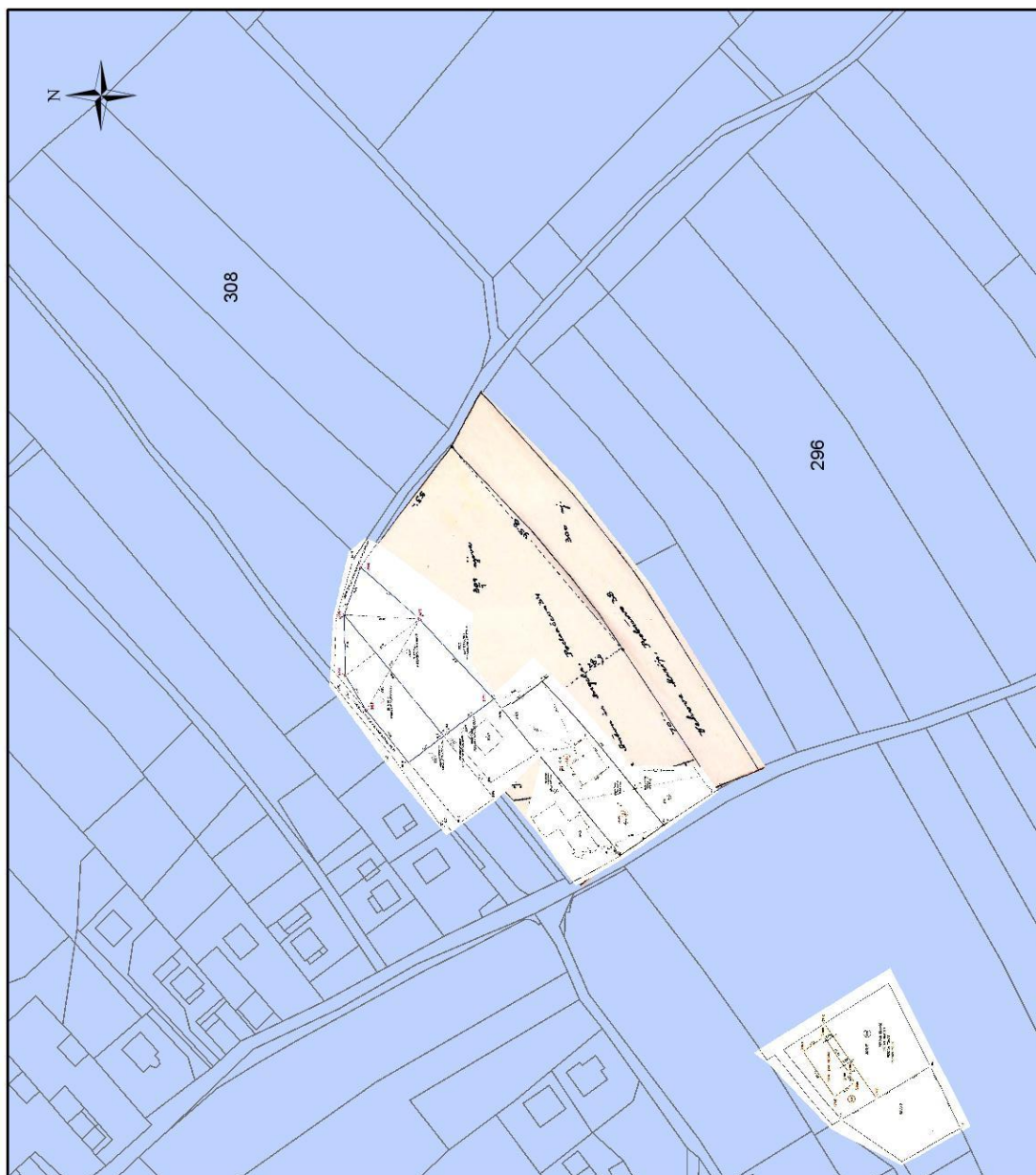
Priloga A: Vklp starih elaboratov za izvedbo predizmere v zemljiškokatastrski prikaz

Priloga B: Vklp starih in novejših elaboratov v zemljiškokatastrski prikaz

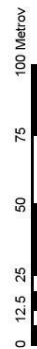
PRILOGE

PRILOGA A: Vklp starih elaboratov za izvedbo predizmere v zeljiškokatastrski prikaz

Vklp starih elaboratov
za izvedbo predizmere



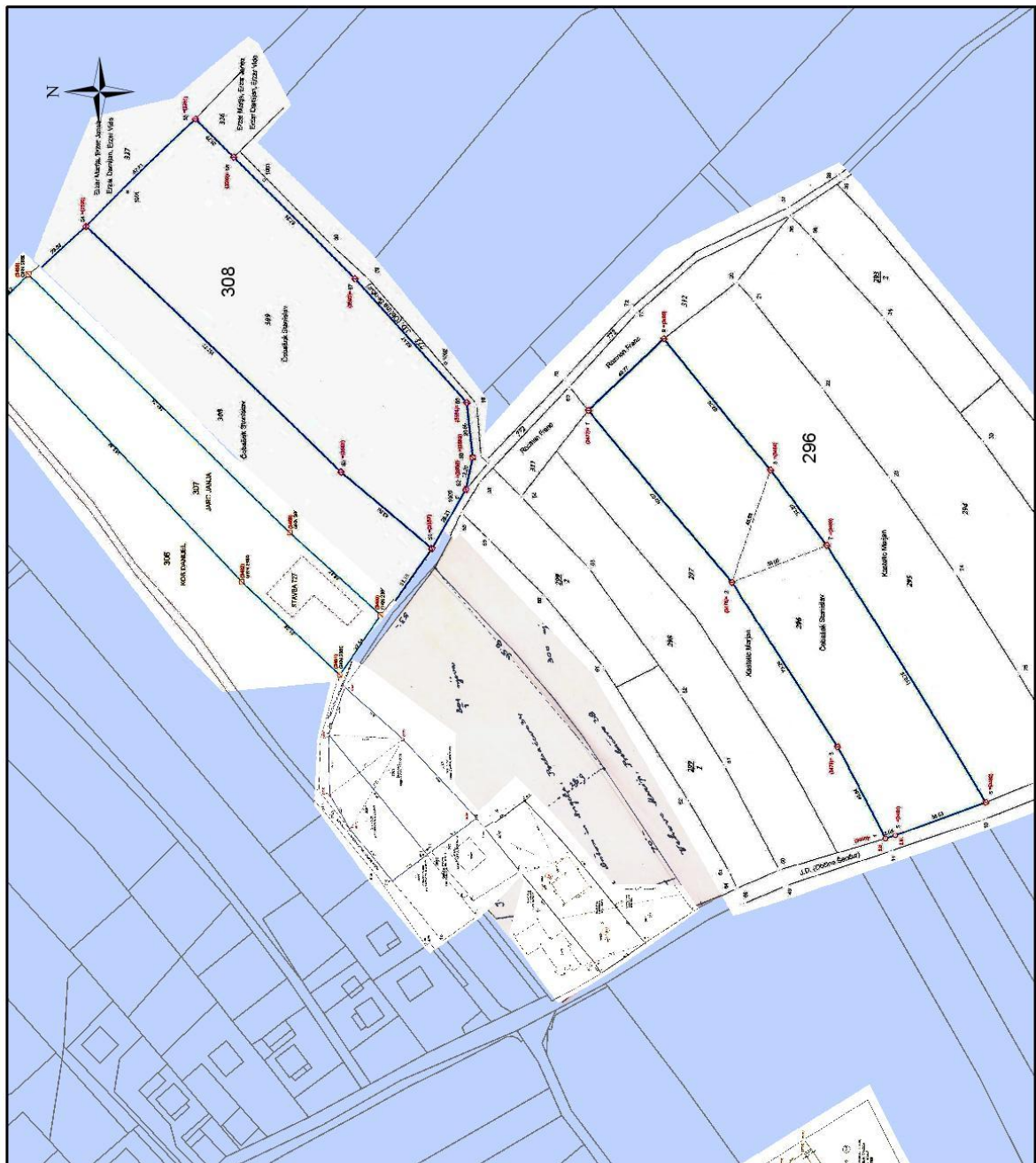
Legenda



Izdelal: Marko Novak
Datum: 28. 7. 2016

PRILOGA B: Vklp starih in novejših elaboratov v zemljiškokatastrski prikaz

Vklp starih in novejših
elaboratov v ZK prikaz



Legenda



0 12.5 25 50 75 100 Metrov

Izdelal: Marko Novak
Datum: 28. 7. 2016