

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:

Zajc, S., 2014. Uporaba brezпилotnih plovil pri množičnem urejanju parcelnih mej. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentorica Kosmatin Fras, M., somentorica Lisec, A.): 33 str.

Datum arhiviranja: 30-09-2014

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:

Zajc, S., 2014. Uporaba brezпилotnih plovil pri množičnem urejanju parcelnih mej. B.Sc. Thesis. Ljubljana, University of Ljubljani, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Kosmatin Fras, M., co-supervisor Lisec, A.): 33 pp.

Archiving Date: 30-09-2014

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:

**SEBASTIJAN ZAJC**

**UPORABA BREZPILOTNIH PLOVIL PRI MNOŽI NEM  
UREJANJU PARCELNIH MEJ**

Diplomska naloga št.: 57/GIG

**APPLICATION OF UNMANNED AERIAL VEHICLE TO  
MASS DETERMINATION OF LAND PLOTS'  
BOUNDARIES**

Graduation thesis No.: 57/GIG

**Mentorica:**

doc. dr. Mojca Kosmatin Fras

**Predsednik komisije:**

prof. dr. Bojan Stopar

**Somentorica:**

izr. prof. dr. Anka Lisec

Ljubljana, 02. 09. 2014

## **STRAN ZA POPRAVKE, ERRATA**

<b>Stran z napako</b>	<b>Vrstica z napako</b>	<b>Namesto</b>	<b>Naj bo</b>
-----------------------	-------------------------	----------------	---------------

*»Ta stran je namenoma prazna«*

## **IZJAVE**

Podpisani Sebastijan Zajc izjavljam, da sem avtor diplomske naloge z naslovom »Uporaba brezpilotnih plovil pri množičnem urejanju parcelnih mej«.

Izjavljam, da je elektronska različica v vsem enaka tiskani različici.

Izjavljam, da dovoljujem objavo elektronske različice v digitalnem repozitoriju.

Ljubljana, 26. 8. 2014

Sebastijan Zajc

*»Ta stran je namenoma prazna«*

## **BIBLIOGRAFSKO-DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK**

<b>UDK:</b>	<b>528.4:629.7(497.4)(043.2)</b>
<b>Avtor:</b>	<b>Sebastijan Zajc</b>
<b>Mentor:</b>	<b>doc. dr. Mojca Kosmatin Fras</b>
<b>Somentor:</b>	<b>izr. prof. dr. Anka Lisec</b>
<b>Naslov:</b>	<b>Uporaba brezpilotnih plovil pri množičnem urejanju parcelnih mej</b>
<b>Tip dokumenta:</b>	<b>Diplomska naloga – Univerzitetni študij</b>
<b>Obseg in oprema:</b>	<b>33 str., 3 pregl., 26 sl., 4 pril.</b>
<b>Ključne besede:</b>	<b>brezpilotni letalniki, fotogrametrija, daljinsko zaznavanje, oblak točk, zemljiški kataster, zemljiška parcela, urejanje parcel</b>

### **Izvleček**

V zadnjih letih je uporaba brezpilotnih letalnikov v civilne in komercialne namene močno narasla. Tako se je tudi v geodeziji na področju fotogrametrije in daljinskega zaznavanja odprlo veliko novih aplikacij. V diplomski nalogi smo želeli ugotoviti, ali lahko posnetke fotogrametričnega snemanja z brezpilotnim letalnikom uspešno uporabimo pri množičnem urejanju parcelnih mej. Študijsko območje v okolici Trzina smo izbrali predvsem zaradi zanimivosti z vidika zemljiškega katastra, saj so bili na tem območju v preteklosti opravljeni postopki nove izmere in melioracij. Detajlne točke smo ročno zajeli iz oblaka točk, ki smo jih pridobili z zajemom podatkov z brezpilotnim letalnikom. Njihove koordinate smo kasneje primerjali s koordinatami, pridobljenimi s klasično metodo terenske izmere. Končno oceno točnosti zajema podatkov z letalnikom smo izračunali na podlagi analize odstopanj koordinat detajlnih točk, pridobljenih iz oblaka točk in s klasično terensko izmero, in jo izrazili z mero RMSE. V sklepnem delu podajamo predlog postopka uporabe letalnikov pri množičnem urejanju parcelnih mej ter predstavimo nekatere prednosti ter slabosti predlaganega pristopa.

*»Ta stran je namenoma prazna«*



## **BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT**

<b>UDC:</b>	<b>528.4:629.7(497.4)(043.2)</b>
<b>Autor:</b>	<b>Sebastijan Zajc</b>
<b>Supervisor:</b>	<b>Assist. Prof. Mojca Kosmatin Fras, Ph.D.</b>
<b>Co-advisor:</b>	<b>Assoc. Prof. Anka Lisec, Ph.D.</b>
<b>Title:</b>	<b>Application of unmanned aerial vehicle to mass determination of land plots' boundaries</b>
<b>Document type:</b>	<b>Graduation Thesis – University studies</b>
<b>Notes:</b>	<b>33 p., 3 tab., 26 fig., 4 ann.</b>
<b>Key words:</b>	<b>unmanned aerial vehicles, photogrammetry, remote sensing, point cloud, land cadastral, land plot, boundary settlement</b>

### **Abstract**

The use of unmanned aerial vehicles for civil and commercial purposes has been rising in recent years. Similarly, a number of new applications became possible in the area of geodesy, particularly in photogrammetry and remote sensing. The purpose of the thesis is to determine whether photogrammetric recording with an unmanned aerial vehicle could be used in mass boundary settlements in the frame of cadastral procedures. The study area around Trzin was selected because of its land cadastre; a new survey and land reclamation were conducted in this area. We collected the detail points manually from a point cloud using the AutoCAD software. Furthermore, we compared the data with the classic method of terrain survey. The final evaluation of data collection accuracy with the unmanned aerial vehicle was calculated on the basis of the discrepancies between the coordinates of detail points and expressed with the RMSE. Moreover, the thesis proposes a new process of using unmanned aerial vehicles for mass boundary settlement. It outlines the main findings and establishes the advantages and disadvantages of using unmanned aerial vehicles for mass boundary settlement.

*»Ta stran je namenoma prazna«*

## **ZAHVALA**

Za strokovno vodenje, število koristnih nasvetov, vsestransko pomoč in ves vložen trud, se iskreno zahvaljujem mentorici doc. dr. Mojci Kosmatin Fras in somentorici izr. prof. dr. Anki Lisec. Moja iskrena zahvala gre tudi Barbari Trobec za pomoč pri izvedbi terenskih meritev in obdelavi podatkov.

Iskreno se zahvaljujem tudi podjetju Modri planet d.o.o. za izvedbo snemanja in vso pomoč pri terenskih meritvah. Na tem mestu bi izpostavil predvsem Vida Peterman in Marka Mesarič, ki sta mi s svojim strokovnim znanjem nudila številne koristne nasvete.

*»Ta stran je namenoma prazna«*

## KAZALO VSEBINE

IZJAVE .....	III
BIBLIOGRAFSKO-DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK .....	V
BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT .....	VII
ZAHVALA .....	IX
<b>1 UVOD .....</b>	<b>1</b>
<b>2 TEORETIČNA IZHODIŠČA .....</b>	<b>2</b>
2.1 Tehnike prikaza podatkov terenske izmere v zemljiškem katastru .....	2
2.2 Množično urejanje parcelnih mej.....	5
2.3 Uporaba fotointerpretacije pri komasacijah v Sloveniji v preteklosti .....	6
2.4 Princip delovanja brezpilotnih letalnikov.....	9
<b>3 ŠTUDIJSKO OBMOČJE, METODE IN GRADIVA .....</b>	<b>10</b>
3.1 Opis študijskega območja .....	10
3.1.1 Pregled trenutnega stanja zemljiškega katastra na študijskem območju .....	11
3.2 Uporabljene metode in podatki .....	12
3.2.1 Terenska izmera.....	12
3.2.2 Obdelava podatkov.....	15
3.2.3 Ostali uporabljeni podatki in gradiva .....	19
<b>4 REZULTATI.....</b>	<b>20</b>
4.1 Rezultati obdelave posnetkov brezpilotnih letalnikov .....	20
4.2 Analiza odstopanj koordinat detajlnih točk .....	23
4.3 Idejna zasnova postopka uporabe letalnikov pri množičnem urejanju mej .....	28
<b>5 ZAKLJUČEK.....</b>	<b>31</b>
<b>VIRI .....</b>	<b>33</b>

*»Ta stran je namenoma prazna«*

## KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Koordinate oslonilnih točk v D96/TM .....	15
Preglednica 2: Odstopanja (popravki) koordinat oslonilnih točk po izravnavi.....	21
Preglednica 3: Odstopanja koordinat detajlih točk.....	24

*»Ta stran je namenoma prazna«*



## KAZALO SLIK

Slika 1: Katastrski načrt milanskega katastra v merilu 1 : 2000 (Ferlan, 2005: str. 33) .....	2
Slika 2: Pregledni katastrski načrt občine Grubbiana v merilu 1 : 8000 (Ferlan, 2005: str. 34) .....	2
Slika 3: Skica katastrske izmere iz leta 1939 v k. o. Trzin (Vir: GU Domžale, 2014).....	3
Slika 4: Kopija katastrskega načrta s spremembami za k. o. Trzin iz leta 2003 (Vir: GU Domžale, 2014) .....	4
Slika 5: Skica terenske meritve za k. o. Trzin iz leta 2003 (Vir: GU Domžale, 2014) .....	4
Slika 6: Postopki zemljiškega katastra po slovenski zakonodaji (Lisec, 2013).....	5
Slika 7: Postopek priprave stereopara za stereoskopsko opazovanje (Vir: Podobnikar in sod., 1976) .....	7
Slika 8: Možnosti postavljanja aeroposnetkov za stereoskopsko opazovanje (Vir: Podobnikar in sod., 1976).....	7
Slika 9: Princip delovanja fotoprerisovalnika (Vir: Podobnikar in sod., 1976).....	8
Slika 10: Prikaz študijskega območja na območju naselje Trzin (Vir: GURS, ortofoto 2011) .....	10
Slika 11: Trenutno stanje zemljiškega katastra na študijskem območju (Vir: GURS, ortofoto 2011, ZKP) .....	11
Slika 12: Melioracijski jarek na študijskem območju .....	12
Slika 13: Signalizacija oslonilne točke.....	14
Slika 14: Nesignaliziran mejnik .....	16
Slika 15: Zajem kapi in slemen streh.....	18
Slika 16: Ustvarjanje profilov melioracijskega jarka v programskem paketu AutoCAD .....	19
Slika 17: Primerjava državnega ortofota (desno) in izdelanega ortofota iz posnetkov letalnika (levo) .....	20
Slika 18: Prikaz zajetega detajla na študijskem območju .....	22
Slika 19: Profil melioracijskega jarka P1.....	22
Slika 20: Mesta zajema profilov melioracijskega jarka.....	23
Slika 21: Nejasen potek robov strehe v oblaku točk .....	25
Slika 22: Detajlne točke 1, 2, 3 in 4 .....	26
Slika 23: Detajlne točke 5, 6, 7 in 8 .....	26
Slika 24: Detajlni točki 9 in 10 .....	27
Slika 25: Primerjava profila melioracijskega jarka, pridobljenega na podlagi oblaka točk (rdeče) in na podlagi klasične metode izmere (zeleno) .....	27
Slika 26: Mesto primerjave profilov .....	28

*»Ta stran je namenoma prazna«*

## 1 UVOD

V zadnjih letih je uporaba brezpilotnih letalnikov v civilne in komercialne namene močno narasla. Predvsem zaradi vse nižjih cen in večje dostopnosti sestavnih delov je uporabo le teh zaslediti na različnih področjih – tako v vsakdanjem življenju, pri snemanju promocijskih filmov ali športnih dogodkov, kot tudi v geodeziji. Uporaba brezpilotnih letalnikov v geodeziji je na področju fotogrametrije in daljinskega zaznavanja odprla veliko novih aplikacij, poleg tega pa je postopek zajema podatkov lahko hitrejši in cenejši od klasične terenske izmere.

Namen diplomske naloge je preizkusiti uporabo brezpilotnih letalnikov za namene množičnega urejanja parcelnih mej. Pri tem smo oblikovali domnevo, *da je možno z novimi tehnologijami, pri tem so mišljeni predvsem brezpilotni letalniki, množično kakovostno zajeti prostorske podatke, ki prinašajo koristne semantične informacije, pomembne pri katastrskih postopkih.* Prav tako smo domnevali, *da je z brezpilotnimi letalniki mogoče zagotoviti zadovoljivo položajno točnost za namene določitve položaja zemljiško katastrskih točk.* Potrebna natančnost zemljiško katastrskih točk je sicer določena s Pravilnikom o urejanju mej ter spreminjanju in evidentiranju podatkov v zemljiškem katastru iz leta 2007 (35. člen) in je opredeljena z daljšo polosjo standardne elipse zaupanja, ki mora biti krajša od 4 cm.

Za preverjanje pravilnosti postavljenih domnev smo izbrali testno območje, kjer smo prostorske podatke najprej zajeli z brezpilotnim letalnikom. Kasneje pa smo izbrane detajlne točke zajeli tudi s klasično metodo izmere. Dobljene podatke opazovanj smo nato obdelali, izračunali koordinate detajlnih točk in ocenili položajno točnost preizkušane tehnologije.

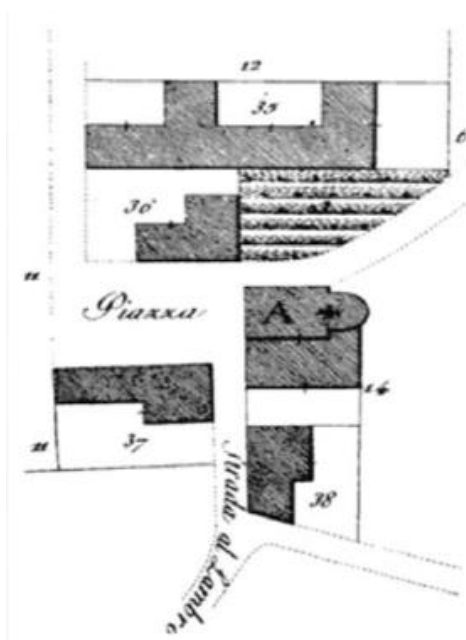
V uvodnem delu diplomske naloge podajamo nekaj osnovnih teoretičnih izhodišč, na katerih temelji diplomska naloga. Predstavljamo tehnike prikaza podatkov terenske izmere v zemljiškem katastru skozi različna obdobja, princip delovanja brezpilotnih letalnikov in pojem množičnega urejanja parcelnih mej. V uvodnem delu nadalje predstavljamo uporabo fotointerpretacije pri množičnem zajemu podatkov o parcelnih mejah (pri komasacijah) v preteklosti v Sloveniji. Temu sledi opis študijskega območja, pregled trenutnega stanja zemljiškega katastra ter predstavitev uporabljenih metod in podatkov. Opisujemo predvsem praktični del naloge, kjer podrobno opredelimo zajem in obdelavo prostorskih podatkov. V nadaljevanju podajamo rezultate izmere z brezpilotnim letalnikom in rezultate analize točnosti uporabe brezpilotnih letalnikov pri katastrski izmeri, vključujoč izmero nekaterih topografskih entitet, kot so ceste, melioracijski jarki. Predstavljamo rezultate primerjalne analize koordinat detajlnih točk, pridobljenih s klasično izmero in letalnikom. V zaključnem poglavju povzemamo končne ugotovitve in sklepe o preizkušani tehnologiji in metodi.

## 2 TEORETIČNA IZHODIŠČA

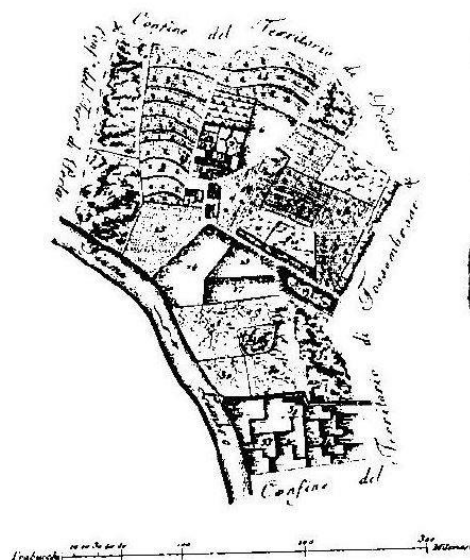
V tem poglavju predstavljamo osnovna teoretična izhodišča, ki se nanašajo na delovanje brezpilotnih letalnikov in na različne tehnike prikaza podatkov terenske izmere v zemljiškem katastru. Na kratko predstavimo pojem množičnega urejanja parcelnih mej in kako so si z uporabo fotointerpretacije pri množičnem zajemu podatkov (komasacijah) v Sloveniji olajšali katastrske postopke že v preteklosti.

### 2.1 Tehnike prikaza podatkov terenske izmere v zemljiškem katastru

Z razvojem zemljiškega katastra, katerega pričetek sega daleč v zgodovino, so se uveljavile različne tehnike prikaza podatkov terenske izmere. Sam začetek modernega zemljiškega katastra v Evropi pogosto povežemo z Milanskim katastrom. Velja za enega najstarejših davčnih katastrov v Evropi, ki temelji na geodetski izmeri in katerega sestavni del so katastrski načrti. Nastanek Milanskega katastra sega v leto 1183, njegov vpliv na razvoj katastrov v Srednji Evropi pa sega vse do sredine 18. stoletja. Bil je parcelno orientiran, podatki so se zajemali v posamezni občini. Za izmero na terenu se je uporabljala merska miza z magnetno orientirano osnovo. Na vsakem načrtu so bile evidentirane meje zemljiške posesti, označene z mejnimi znamenji, meje kultur (rabe), vodovje, komunikacije, naselja, meje sosednjih občin in nasipi. Kot končni izdelek izmere so bili katastrski načrti v merilu 1 : 2000 (Slika 1) in pregledne karte občin v merilu 1 : 8000 (Slika 2). Milanski kataster je kasneje postal zgled za številne nastajajoče katastrske sisteme v Evropi (Ferlan, 2005).



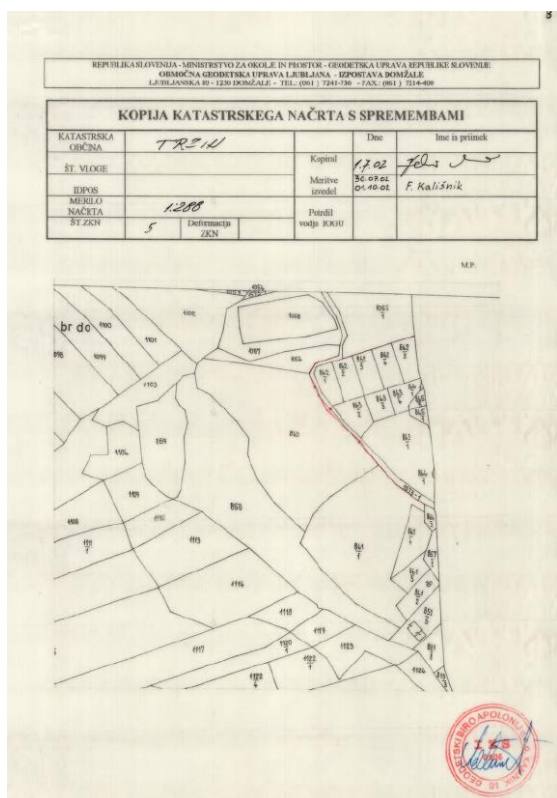
Slika 1: Katastrski načrt milanskega katastra v merilu 1 : 2000 (Ferlan, 2005: str. 33)



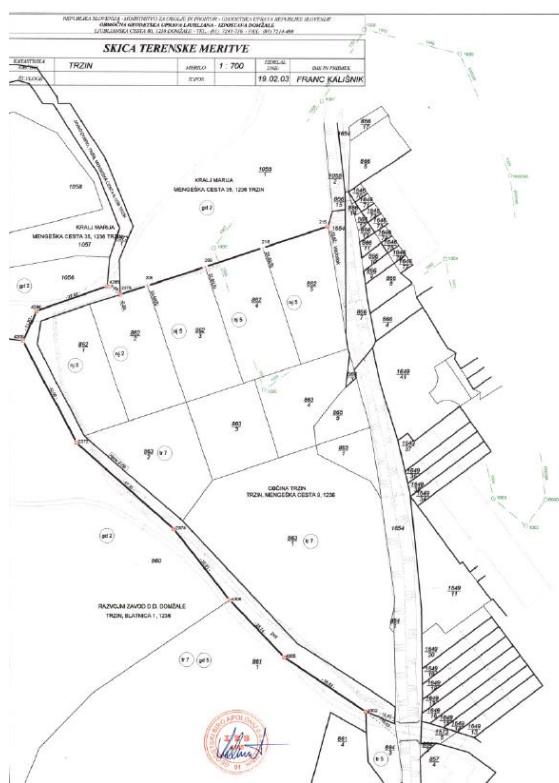
Slika 2: Pregledni katastrski načrt občine Grubbiana v merilu 1 : 8000 (Ferlan, 2005: str. 34)



Zakonsko danes v Sloveniji področje zemljiškega katastra ureja Zakon o evidentiranju nepremičnin (ZEN, 2006). Zemljiški kataster sestavljajo zadnji vpisani podatki o zemljiščih ter zbirka listin in podatkov, ki omogočajo historični pregled sprememb. Osnovna prostorska enota za vodenje podatkov je katastrska občina (k. o.). Za grafični prikaz meje parcel in zemljišča pod stavbo, ki so evidentirani s koordinatami zemljiško-katastrskih točk s predpisano natančnostjo v državnem koordinatnem sistemu, ter parcelne številke, se uporabi zemljiško-katastrski načrt. Druga oblika grafičnega prikaza je zemljiško-katastrski prikaz, v katerem je pa prikaz parcelnih mej zgolj informativen. Spremembe (Sliki 4 in 5) se izvedejo na temelju elaborata geodetske storitve, kateremu je primeru geodetske izmere priložena tudi skica terenskih meritev (Ferlan, 2005; Lisec, 2013).



Slika 4: Kopija katastrskega načrta s spremembami za k. o. Trzin iz leta 2003 (Vir: GU Domžale, 2014)



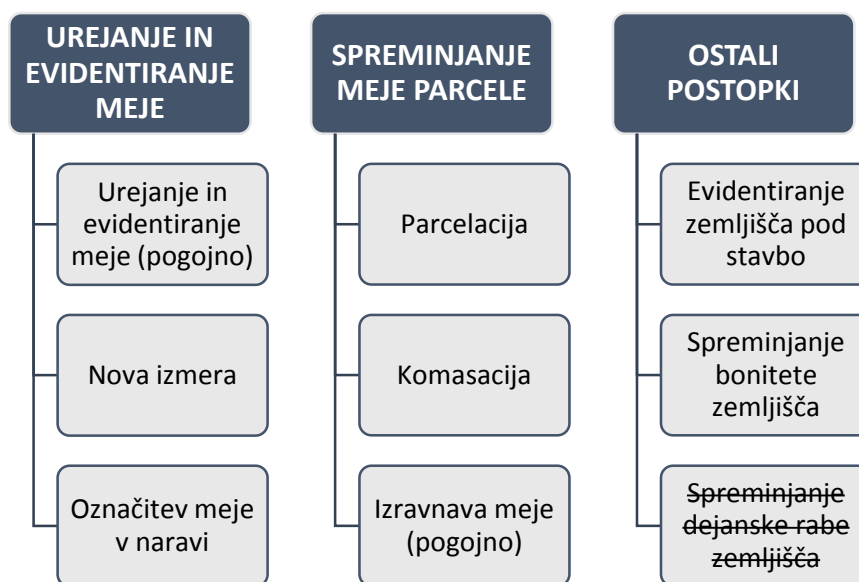
Slika 5: Skica terenske meritve za k. o. Trzin iz leta 2003 (Vir: GU Domžale, 2014)

Veliko novost na področju zemljiškega katastra predstavlja množičen zajem prostorskih podatkov z uporabo brezpilotnih letalnikov. Kot navajajo nekateri avtorji, so to tehnologijo v katastrske namene preizkusili že v več državah. Na testnem območju so ugotavljali, kakšne prednosti ima zajem prostorskih podatkov z letalniki in kakšna je natančnost zajema detajlnih toč v katastrske namene. Ugotovili so, da prinesejo podatki, pridobljeni z letalniki, veliko več semantičnih informacij kot klasične metode ter da so rezultati klasične katastrske izmere in z letalniki primerljivi v smislu natančnosti (Cunningham in sod., 2011; Manyoky in sod., 2011).

Tudi mi domnevamo, da podatki, pridobljeni z brezpilotnimi letalniki, prinašajo veliko koristnih semantičnih informacij za katastrske postopke. Prednost letalnikov pred klasično terensko izmero se sicer odraža predvsem v hitrosti zajema velike količine podatkov po relativno nizki ceni. Izpostaviti velja, da imamo danes z vsemi tehnologijami, ki so na voljo, dovolj možnosti za vzpostavitev 3D-katastra.

## 2.2 Množično urejanje parcelnih mej

Pojem množičnega urejanja mej v nalogi razumemo predvsem kot urejanje (določanje) ali preurejanje (spreminjanje) in evidentiranje večjega števila zemljiških parcel. To so po danes veljavni zakonodaji predvsem postopki nove izmere in komasacij, pomemben izziv predlagane tehnologije pa vidimo tudi na področju zahtevnejših zemljiških preureditev (melioracij). Tudi na izbranem študijskem območju so se že v preteklosti izvajali melioracijski postopki, zato se na tem območju nahajajo melioracijski jarki, medtem ko se parcelna struktura ni preuredila in prilagodila novim topografskim entitetam. Za analizo uporabe podatkov, ki so pridobljeni na podlagi brezpilotnih letalnikov, smo v nadaljevanju zajeli tudi profile enega melioracijskega jarka, saj bi bili taki podatki koristni pri izdelavi idejnega načrta parcelnega preurejanja na tem območju. Poleg zgoraj navedenih postopkov poznamo še kar nekaj drugih postopkov zemljiškega katastra, ki pa niso osrednja tema te diplomske naloge (Slika 6).



Slika 6: Postopki zemljiškega katastra po slovenski zakonodaji (Lisec, 2013)

Nova izmera je po ZEN (2006) postopek, pri katerem se urejajo meje na območju najmanj desetih parcel oziroma na območju večjem od 3 hektarov. Pri tem se na podlagi elaborata nove izmere evidentirajo urejene meje. Nova izmera se izvede pod pogojem, da se za najmanj polovico parcel v postopku nove izmere soglasno ugotovi vsaj del meje parcele.

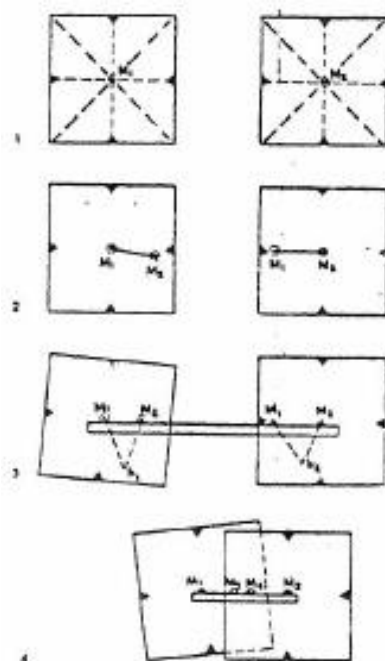
Pri postopku komasacije se parcele različnega pravnega stanja glede na lastninske pravice zložijo in nato razdelijo med lastnike tako, da vsak dobi čim bolj zaokroženo zemljišče, sorazmerno glede na vrednost vloženih zemljišč, saj se lahko del zemljišč komasacijskega sklada nameni javni infrastrukturi. Namen komasacij je lastnikom zagotoviti čim bolj enotne in samostojne parcele, ki so prilagojene namenski rabi zemljišč. Gre za postopek preurejanja zemljiških parcel tako na urbanih kot ruralnih območjih, s katero se izboljša struktura zemljiških parcel. V Sloveniji se komasacija lahko izvede kot pogodbeno ali kot upravna. Pri pogodbeni komasaciji se postopek izvede na podlagi sklenjene pogodbe med lastniki, upravna komasacija pa se izvede na podlagi odločbe, ki se izda v upravnem postopku (Lisec, 2013).

### **2.3 Uporaba fotointerpretacije pri komasacijah v Sloveniji v preteklosti**

Aerosnemanje in fotointerpretacija sta se že v preteklosti močno uveljavila in sicer predvsem po drugi svetovni vojni. Uporaba je bila sprva namenjena predvsem v vojaške namene, pozneje pa se je prenesla tudi na civilno področje. Fotointerpretacija je sicer dejavnost, kjer interpretiramo in analiziramo posnetke, pridobljene običajno na podlagi aerosnemanja. Ti se analizirajo z namenom identifikacije objektov in določitve medsebojne povezanosti med njimi. Kot navaja Oštir (2006), se pri fotointerpretaciji posnetkov uporabljajo elementi, kot so kontrast, tonske razlike, karakteristične oblike in dimenzije, teksture in strukture, sence ter različna razmerja posameznih objektov v okolju. Prav tako se lahko uporabljajo še elementi vegetacije, fiziografije terena, reliefa in drugo.

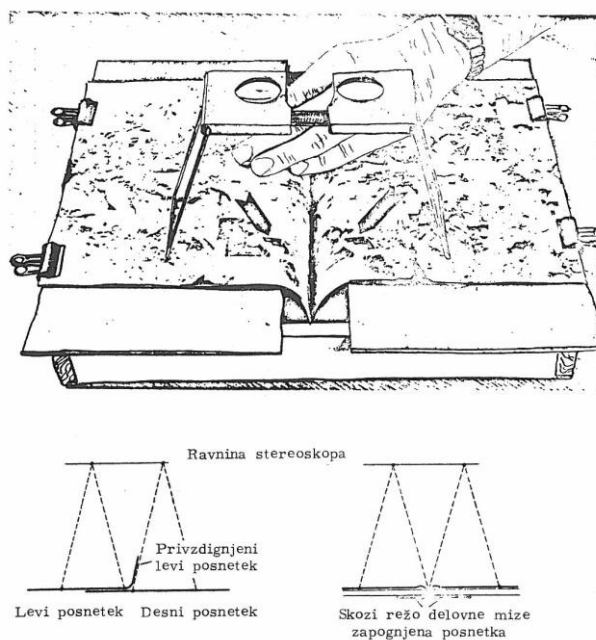
V preteklosti so fotointerpretacijo tudi v Sloveniji že uporabljali pri komasacijah (in novi izmeri). Povzemamo opis postopka, kot je predstavljen v raziskavi iz leta 1976 (Podobnikar in sod., 1976). Aerosnemanje je bilo načrtovano tako, da je bil preklap med posnetki vsaj 60 % v vzdolžni smeri in 30 % v prečni smeri. Vzdolžno prekrivanje je potrebno zaradi stereoskopskega efekta, prečno pa zaradi združevanja posnetkov v blok za izvedbo aerotriangulacije. Aeroposnetke se je nato pripravilo za stereoskopsko opazovanje, kjer so na podlagi zaporednih števil na posnetkih izbrali posamezne stereopare. Na vsakem stereoparu se je določil center posnetka in snemalna baza, ki predstavlja razdaljo med centrom posnetka in centrom sosednjega posnetka. Nato sta se posnetka z vrisano snemalno bazo naravnala tako, da sta bili bazi v isti liniji. Pri stereoskopskem opazovanju so upoštevali, da mora biti identična točka na obeh posnetkih razmaknjena za očesno bazo, kar je med 55 in 72 mm (Slika 7).





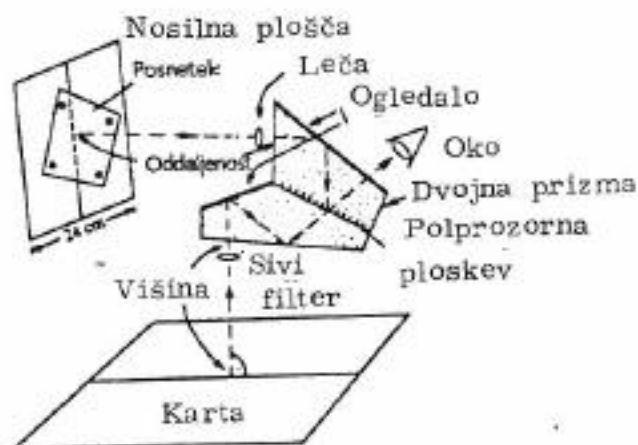
Slika 7: Postopek priprave stereopara za stereoskopsko opazovanje (Vir: Podobnikar in sod., 1976)

Za opazovanje se je uporabljal enostavni stereoskop, ki je bil sestavljen iz dveh leč z goriščno razdaljo 55 do 72 mm. Tako se je lahko opazovalo največ 8 cm širok pas na posnetku. V izogib motečim prekrivajočim se delom posnetkov, so se uporabile različne možnosti za postavljanje aeroposnetkov, kot jih prikazuje Slika 8.



Slika 8: Možnosti postavljanja aeroposnetkov za stereoskopsko opazovanje (Vir: Podobnikar in sod., 1976)

Vrisovanje iz aeroposnetkov za namen dopolnjevanja in vnašanja popravkov na karte je potekalo s pomočjo fotoprerisovalnika (Slika 9). To je instrument, ki omogoča monokularno opazovanje in sicer istočasno aeroposnetka in karte. Pri tem sta karta in aeroposnetek vidna v neposrednem prekritju. Detajli so se na karto vnašali s svinčnikom ali s peresom (Podobnikar in sod., 1976).



Slika 9: Princip delovanja fotoprerisovalnika (Vir: Podobnikar in sod., 1976)

Dobljene karte so tako uporabili za pomoč pri postopkih komasacije. Karte, ki sodijo v prvo skupino in so v merilih 1 : 25.000 in 1 : 10.000, so bile osnova za dogovore in začrtovanje idejne zasnove komasacijskega območja. Druga skupina kart v merilih 1 : 5000 (po potrebi še načrti v merilu 1 : 2500) so se pripravljale pri uvajanju komasacijskega postopka. V ta namen so bile različno opremljene in izdelane (npr. višinska predstava v dveh barvah, meje komasacijskega območja ipd.). Karte, ki so prikazovale stanje pred začetkom komasacij, sodijo v tretjo skupino kart. Te karte so bile osnova za oceno stanja na komasacijskem območju in so večinoma načrti v merilu 1 : 2500. V to skupino kart se še štejejo pregledne karte vodnega in cestnega omrežja na komasacijskem območju, ki so bile izdelane v merilu 1 : 5000. Četrta skupina kart je bila namenjena načrtovanju novega stanja na komasacijskem območju. To so bili predvsem načrti nove izmere v merilih 1 : 1000 in 1 : 500. Zadnjo skupino predstavljajo načrti in karte, ki so bili izdelane po pravnomočnem sklepu o komasacijskem postopku (Podobnikar in sod., 1976).

## 2.4 Princip delovanja brezpilotnih letalnikov

Brepilotni letalniki imajo lasten pogon in delujejo brez posadke na krovu. Tako so vodeni daljinsko oziroma največkrat preko avtopilota, saj letijo samostojno. Delujejo iz zraka in sicer lahko združujejo visoko kakovost podatkov in udoben fotogrametričen zajem. Natančen zajem podatkov z visoko prostorsko ločljivostjo je pogojen s konfiguracijo fotoaparata, hitrostjo in višino leta, samo stabilnostjo med letom in uporabo terenskih oslonilnih točk. Pri zajemu prostorskih podatkov operater pred izhodom na teren najprej z ustreznim programskim paketom pripravi načrt leta. Pri tem se med drugim upošteva tudi predhodno nastavljeno prekrivanje med posnetki, ki pa je večje kot pri aerosnemanju. Pred vzletom se ustrezno signalizirajo še oslonilne točke, ki imajo znane koordinate. Na podlagi le-teh se kasneje s posebnim programskim paketom tvori oblak točk, kasneje pa tudi digitalni model reliefa in ortofoto. Sam fotogrametrični zajem posnetkov in let dejansko potekata popolnoma samodejno na podlagi predhodno pripravljenega načrta leta. Največjo omejitev med letenjem pa predstavlja baterija, saj lahko povprečen letalnik leti do 30 minut (Bitenc, 2014).

Brepilotni letalnik med letom razen posnetkov pridobiva še položaj v realnem času in vse druge telemetrične podatke (višina, hitrost vetra, stanje baterije ...). Sodoben brezpilotni sistem sestavljajo (Bitenc, 2014):

- zračno plovilo vključno z avtopilotom in visoko ločljivimi senzori za zajem podatkov,
- zemeljska postaja, ki je namenjena načrtovanju in kontroli letenja,
- zemeljska postaja, ki je namenjena pridobivanju in obdelavi informacij,
- brezžični sistem, ki skrbi za izmenjavo podatkov med letalnikom in zemeljsko postajo ter za prenos videa in telemetrijskih podatkov v realnem času.

### 3 ŠTUDIJSKO OBMOČJE, METODE IN GRADIVA

V nadaljevanju podajamo nekaj podatkov o izbranem študijskem območju, ki smo ga izbrali tako, da je bilo čim bolj zanimivo z vidika uporabe brezpilotnih letalnikov v zemljiškem katastru. Prav tako smo izvedli pregled elaboratov in trenutnega stanja zemljiškega katastra na tem območju. V tem poglavju predstavljamo nadalje metode izmere in obdelave podatkov, ki so bile uporabljene za namen te diplomske naloge.

#### 3.1 Opis študijskega območja

Kot študijsko območje smo izbrali območje v naselju Trzin, ki leži na obrobju Kamniško-mengeškega polja. Trzin je samostojna občina in je druga najmanjša občina v Sloveniji. Kljub temu sodi med razvite in z gospodarskega vidika najbolj uspešne občine. Izbrano študijsko območje (Slika 10) obsega 11,10 hektarjev, z razsežnostjo v smeri vzhod-zahod približno 440 m, ter v smeri sever-jug približno 248 m. Pri tem sta koordinati spodnjega levega vogala študijskega območja v državnem koordinatnem sistemu D96/TM sledeči (465.999,681; 109.237,683). Študijsko območje smo izbrali tako, da zajema čim več detajlov in sicer ceste, železnice, objekte, polja, melioracijske jarke, zemljiškokatastrske točke (ZK-točke) ipd.



Slika 10: Prikaz študijskega območja na območju naselje Trzin (Vir: GURS, ortofoto 2011)

### 3.1.1 Pregled trenutnega stanja zemljiškega katastra na študijskem območju

Izbrano študijsko območje je zanimivo z vidika zemljiškega katastra. Na zahodni strani območja je bila izvedena nova izmera, kar je tudi lepo razvidno iz grafičnega prikaza zemljiških parcel – zemljiškokatastrskega prikaza ZKP (Slika 11), kjer so na območju novega naselja parcele lepih pravilnih oblik. Na vzhodni strani območja je stanje popolnoma drugačno; že ob vizualnem pregledu stanja na terenu in parcelne strukture opazimo, da se je meja posesti in s tem tudi raba zemljišč v preteklosti prilagodila spremembam zaradi zemljiških operacij (melioracij), sama parcelna struktura pa se pri tem ni uredila skladno s spremembami topografije. Na območju melioracije z ravnimi vodnimi kanali imamo v zemljiškem katastru (še vedno) staro parcelno strukturi, kjer so parcele zelo nepravilnih oblik, oblike parcel ne sovpadajo z dejanskim stanjem na terenu (npr. struga potoka v zemljiškem katastru na terenu več ne obstaja). Izpostaviti velja tudi zelo veliko razdrobljenost parcel na območjih cest, ki so rezultat parcelacij in necelovitega pristopa preurejanja parcelne strukture (rešitev bi danes predstavljala združitev parcel).



Slika 11: Trenutno stanje zemljiškega katastra na študijskem območju (Vir: GURS, ortofoto 2011, ZKP)

Kot omenjeno, na tej strani zemljiški kataster kar kliče po preureditvi. Sicer so bile v preteklosti opravljene melioracije (Slika 12), pri čemer so se opravili postopki osuševanja, namakanja ali agromelioracij. Zaradi tega je na tem območju tudi nekaj melioracijskih jarkov (Slika 12). Na tem območju bi bilo zelo smiselno opraviti postopke komasacij, kar z lastniškega vidika najbrž

ne bi bilo velikih težav. Po pregledu zemljiške knjige, dne 22. 7. 2014, smo ugotovili, da je večina parcel na vzhodni strani območja v državni lasti. Najverjetneje bi bilo mogoče izvesti tako pogodbeno kot upravno komasacijo. Pri upravni komasaciji bi bilo pridobivanje soglasij lastnikov vsaj 67 % površine zemljišč komasacijskega območja predvidoma enostavno. V najboljšem primeru bi lahko bilo v državni lasti več kot 67 % zemljišč na tem območju, zato bi bila že dovolj le pobuda države in njeno soglašanje.



*Slika 12: Melioracijski jarek na študijskem območju*

### **3.2 Uporabljene metode in podatki**

Na študijskem območju smo opravili zajem podatkov z brezpilotnim letalnikom in terensko izmero, pridobljene podatke pa smo kasneje obdelali z orodji programske rešitve *AutoCAD*. V nadaljevanju predstavljamo samo metodo zajema podatkov na terenu, kot tudi metodo obdelave podatkov. Prav tako pa podajamo tudi vse uporabljene podatke in gradiva.

#### **3.2.1 Terenska izmera**

Terenska izmera je potekala na dva načina in sicer z novimi tehnologijami – brezpilotnim letalnikom ter s klasično (elektronski tahimeter) in GNSS-metodo izmere. V tem poglavju predstavljamo obe metodi zajema podatkov.

a) Instrumentarij in oprema

Za terensko izmero smo uporabili naslednji instrumentarij in pribor:

- brezpilotni letalnik Microdrone md4-100 z nameščenim fotoaparatom Olympus E-P2,
- signali za oslonilne točke (tarče velikosti 50 cm x 50 cm s črnim krogom premera 36 cm),
- sistem GNSS podjetja Leica,
- elektronski tahimeter Leica TS06 ultra ( $\sigma_{\alpha} = 2''$ ;  $\sigma_d = 1,5 \text{ mm}$ ; 2 ppm),
- stativ,
- togo grezilo s prizmo.

Obdelavo podatkov pa smo izvedli v naslednjih programskih paketih:

- 3Dsurvey,
- AutoCAD Civil 3D 2015,
- ArcGIS 10.2,
- GeoPro 2.0.

b) Zajem podatkov z brezpilotnim letalnikom

Zajem podatkov na študijskem območju smo izvedli dne 12. 6. 2014. Množični zajem podatkov je opravilo podjetje Modri Planet d.o.o. iz Ljubljane in sicer z brezpilotnim letalnikom Microdrone md4-1000, ki ga je izdelalo podjetje Microdrones GmbH.

Pred samim letenjem je bilo potrebno načrtovati plan leta, kar smo izvedli v programu mdCockpit. Najprej smo pregledali državni ortofoto izbranega območja in naredili analizo terena konkretno na terenu, pri čemer smo odkrili vse morebitne ovire za letenje. Pregledali smo, ali so na območju letenja kakšni visoki objekti, daljnovodi ipd., ne nazadnje pa je bilo nujno preveriti še meteorološke pogoje za letenje. Tako smo preverili trenutno stanje vremena (predvsem vetra) in napoved za naslednjo uro, sicer smo pa vremensko napoved preverili tudi že pred samim odhodom na teren. Pri tem velja omeniti, da v primeru močnejšega vetra letenje ne bi bilo mogoče. Prav tako so velika ovira megla, dež ali dim. Na podlagi vseh opravljenih analiz terena in meteoroloških pogojev, smo v programu za načrtovanje leta nastavili parametre, kot so višina leta ter odstotek prekrivanja med posnetki. Program je samodejno izračunal čas trajanja leta in število posnetkov, zagnali smo pa tudi simulacijo leta in proženja posnetkov.

Nato je bilo potrebno smiselno izbrati in na terenu dobro signalizirati oslonilne točke, ki služijo za georeferenciranje posnetkov v prostor, v državni referenčni geodetski sistem. Če želimo, da ima oblak točk določene koordinate v državnem koordinatnem sistemu, je nujna uporaba oslonilnih točk. Oslonilne točke smo signalizirali s tarčami velikosti 50 cm x 50 cm (Slika 13), ki smo jih enakomerno razporedili po celotnem območju snemanja. Tarče smo na sredini pritrdili z žebli, ki so predstavljali center tarče in dejansko točko meritve. Koordinate oslonilnih točk smo določili z GNSS-metodo izmere in sicer v državnem koordinatnem sistemu D96/TM. Signalizirali smo 10 oslonilnih točk in še dve ZK-točki (mejnika), katerim koordinate smo prav tako določili na podlagi GNSS-izmere. Pri tem smo en mejnik signalizirali s tarčo, enega pa smo pustili ne signaliziranega, pri čemer smo predvidevali, da bo na koncu dovolj viden in ga bo možno zajeti. Oslonilnih točk je priporočljivo imeti čim več, kajti zlahka se zgodi, da se katera premakne.



Slika 13: Signalizacija oslonilne točke

Tako je bilo vse pripravljeno za vzlet in začetek zajemanja podatkov. V brezpilotni letalnik smo vstavili baterijo, naložili načrt leta, privili anteno, razprli rotorje letalnika ter namestili fotoaparatus. Poleg tega smo že pred tem postavili celotno bazno postajo, ki je skrbela za izmenjavo podatkov med letalnikom in računalnikom. Letalnik smo prižgali s posebnim ključem in tako je bil pripravljen za vzlet. Vzlet je potekal ročno preko daljinskega upravljalnika, potem pa smo preklopili na samodejen, tako imenovani »autopilotski«, način. Zajemanje podatkov je bilo končano po približno 30-ih minutah, medtem smo le spremljali telemetrijo in pot letalnika, če bi morebiti prišlo do kakih zapletov. Po pristanku smo odstranili vse signale in druge pripomočke, ki smo jih uporabili pri snemanju. Na koncu pa smo stabilizirali 4 točke, katerim koordinate smo določili z izmero GNSS in katere smo uporabili kot mrežne točke za detajlno tahimetrično izmero.



### c) Klasična metoda izmere

Na podlagi že zajetih podatkov iz oblaka točk smo na terenu dne 1. 8. 2014 opravili še tahimetrično izmero. Cilj je bil izmeriti identične detaljne točke, ki smo jih že predhodno zajeli, t.j. določili koordinate, iz oblaka točk. Koordinate teh točk smo določili na temelju kotnih opazovanj in razdalj z elektronskim tahimetrom in sicer s štirih stojišč. Določili smo koordinate točk na robovih cest, kapi in slemena streh ter nekaj mejnikov, vključno z obema, ki sta bila zajeta tudi z letalnikom. Prav tako smo zajeli robove ter profil melioracijskega jarka in sicer na približno identičnem mestu, kot je bil zajet iz oblaka točk. Namen je bil predvsem preveriti točnost koordinat detaljnih točk, pridobljenih na temelju opazovanj z brezpilotnim letalnikom.

### 3.2.2 Obdelava podatkov

Sledila je obdelava merskih podatkov v pisarni in zajem detajla na podlagi rezultatov izmere. Pri tem je vse postopke obdelave posnetkov brezpilotnega letalnika (se pravi do pridobitve oblaka točk in ortofota) opravilo podjetje Modri planet d.o.o. v njihovem programu *3Dsurvey*.

#### a) Obdelava posnetkov brezpilotnega letalnika

Najprej so v podjetju s spominske kartice fotoaparata prenesli vse posnete fotografije, ki jih je bilo skupno 101. Nato je sledila obdelava v programskem paketu *3Dsurvey*, kjer so se na osnovi koordinat oslonilnih točk (glej *Preglednico 1*) avtomatsko izvedli postopki orientiranja posnetkov in slikovnega ujemanja. Na podlagi tega je program konstruiral georeferenciran oblak točk, tvoren iz 15.457.764 točk, digitalni model površja in ortofoto, ki so tudi rezultat obdelave posnetkov brezpilotnega letalnika (glej poglavje 4.1). Prav tako smo pridobili poročilo obdelave, ki se nahaja v prilogi A.

Preglednica 1: Koordinate oslonilnih točk v D96/TM

Točka	<i>E</i> [m]	<i>N</i> [m]	<i>H</i> [m]
1	466.424,974	109.461,505	296,880
2	466.413,192	109.501,527	297,106
3	466.441,109	109.342,994	295,800
4	466.269,995	109.371,568	296,744
5	466.311,001	109.345,837	295,677
6	466.208,717	109.529,865	297,150
7	466.143,719	109.460,794	296,592
8	466.190,569	109.360,478	297,375
9	466.110,651	109.388,232	296,523
10	466.301,828	109.511,916	298,104

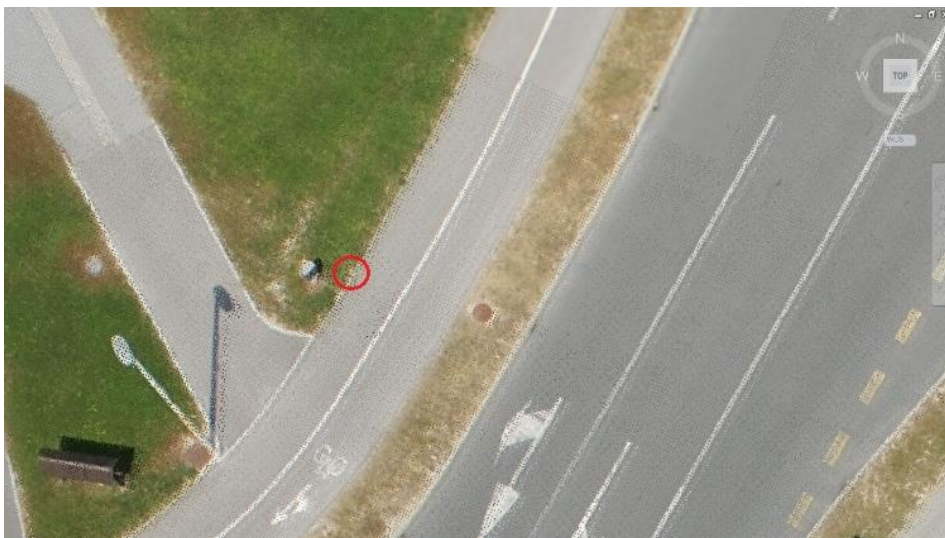
### b) Zajem detajla

V nadaljevanju je sledil zajem detajla iz oblaka točk in sicer v programskem *paketu AutoCAD Civil 3D 2015*, ki sem ga v okviru te diplomske naloge samostojno izvedel. Najprej sem v *AutoCAD* uvozil oblak točk in ortofoto. Zadnji je pomemben predvsem za lažjo interpretacijo detajla, saj oblak točk v nekaterih primerih ni popolnoma jasen (npr. nesignaliziran mejnik, kapi streh ...). Zajemali smo detajl, ki je pomemben z vidika zemljiškega katastra (in katastra stavb). Tako smo točkovno zajeli nesignaliziran mejnik, linijsko pa robove cest, železnico ter kapi in slemena streh. Na koncu smo zajeli še profil melioracijskega jarka. Mejnik, ki je bil signaliziran s tarčo, ni bil več v obsegu oblaka točk in ortofota, zato ga ni bilo možno zajeti.

#### ➤ Določitev koordinat mejnika, ki ni bil signaliziran

V oblaku točk in na ortofotu nesignaliziran mejnik predstavlja le rumena lisa (Slika 14). Zajeli smo ga tako, da smo točkovno določili približen center rumene lise. Pri zajemu je bila nujna uporaba ortofota, saj z oblaka točk mejnik ni bil jasno viden. Velja izpostaviti, da je ta mejnik slabše določen, saj je težko definirati točno lokacijo kovinskega čepa. Pri zajemu mejnika smo naleteli na naslednje težave:

- bilo ga je težje najti in potrebno je bilo poznati njegov približni položaj,
- centralno točko rumene lise je bilo težko natančno definirati, saj smo lahko zajeli le obstoječo točko v oblaku točk (ta pa ni nujno, da predstavlja center rumene lise).



Slika 14: Nesignaliziran mejnik

➤ Določitev koordinat točk robov cest in železnice

Robove cest in železnico smo zajeli z orodjem za risanje linij. Pri tem smo robove cest zajeli po jasno razvidni meji med cesto in drugimi deli zemljišč. Ta zemljišča, ob katerih poteka cesta, so v tem primeru povečini poraščena s travo ali pa so to pločniki. Zajem je potekal tako, da smo risali linijo po robniku, ki loči cesto od ostalih zemljišč. Edina težava, ki se tukaj pojavi, je ta, da ne moremo zagotovo trditi, ali zajet rob ceste predstavlja zgornji del robnika ali spodnji del robnika. Zemljišče, ki je namenjeno za železniške tire (*sive barve*), smo zajeli podobno kot ceste, saj se popolnoma loči po barvi od zemljišč, ki ga obdajajo (*zelene barve*).

➤ Določitev koordinat kapi in slemen streh

Pri zajemu koordinat kapi in slemena streh je bila najbolj v pomoč višina posameznih točk, po kateri smo ločili detajlno točko strehe od drugih detajlnih točk. Vogali streh so se zajeli točkovno, ki pa smo jih povezali v zaključen poligon. Slemena streh so se podobno kot kapi zajela točkovno in se na koncu izrisala z linijo. Kapi in slemena bi lahko zajeli tudi iz prečnih profilov. Pri zajemu kapi in slemen streh so se pojavile naslednje težave:

- kapi in slemena streh so na ortofotu zamaknjena v primerjavi z oblakom točk (to je posledica tega, ker ni bil izdelan popolni ortofoto),
- kapi in slemena streh niso bili jasno razvidni, zato smo se pri zajemu morali osredotočiti predvsem na nadmorske višine točk,
- natančnost zajema vogalov streh je odvisna predvsem od gostote oblaka točk (ni nujno, da je točka v oblaku točk definirana točno na istem mestu kot vogal strehe),
- nekatere strehe zaradi šuma oziroma prekritja z drevesi, ipd. niso tvorile celote, zato smo jih izključili iz zajema podatkov.



Slika 15: Zajem kapi in slemen streh

➤ Zajem profila melioracijskega jarka

Na koncu smo zajeli še prečne profile izbranega melioracijskega jarka. Pri tem velja opozoriti, da je bil jarek že zaraščen, kar seveda močno vpliva na dobljene profile. Tako smo profil melioracijskega jarka posledično večinoma zajeli po zgornjem delu rastja. Primerjava profilov, dobljenih na podlagi oblaka točk in na podlagi klasične metode izmere (glej poglavje 4.2), jasno pokaže vpliv poraščenosti na zajem profila poraščene melioracijskega jarka iz oblaka točk.

Profil jarka smo zajeli tako točkovno kot z *AutoCAD*-ovim orodjem za ustvarjanje profilov (Slika 16). Pri tem smo na podlagi oblaka točk najprej tvorili model površja, nato pa smo ustvarili profile na začetku jarka, na sredini jarka in na delu jarka, kjer je končni del oblaka točk. Vsi ustvarjeni profili so priloženi v prilogi B. Vrednosti ob levem in desnem robu profila predstavljajo nadmorsko višino v metrih, spodnje vrednosti pa dolžino profila. Profili melioracijskega jarka so na razdalji 25 m. Na profilih so predstavljene še nadmorske višine dela profila v metrih in sicer na vsakih 5 m. Pri zajemu profilov je največje težave povzročala poraščenost jarka, saj posledično nismo mogli zajeti dejanskega terena ampak smo lahko zajeli le površje po zgornjem delu rastja.



Slika 16: Ustvarjanje profilov melioracijskega jarka v programskem paketu AutoCAD

### c) Obdelava podatkov klasične terenske izmere

Obdelava podatkov klasične terenske izmere ni vzela veliko časa, saj smo s tahimetra le izvozili koordinate izmerjenih točk. Te smo nato uvozili v *AutoCAD* ter jih primerjali z zajetim detajlom iz oblaka točk. Na podlagi primerjave smo izvedli analizo točnosti in ocenili možnosti uporabe brezpilotnih letalnikov pri katastrski izmeri in izvajanju katastrskih postopkov. Točnost smo ocenili na podlagi odstopanj med koordinatami posameznih identičnih detajlnih točk (mejniki, vogali streh ...), določenih na temelju klasične izmere in izmere z brezpilotnim letalnikom. Rezultate analize točnosti uporabe letalnikov pri katastrski izmeri podajamo v poglavju 4.2.

### 3.2.3 Ostali uporabljeni podatki in gradiva

Poleg vseh podatkov terenske izmere in zajetega detajla smo pridobili tudi državni ortofoto in aktualne podatke zemljiškega katastra za študijsko območje. Prav tako smo pridobili vse elaborate, ki so evidentirani na tem območju. Vse te podatke sta nam zagotovili Geodetska Uprava Republike Slovenije in GU Domžale. Ti podatki so nam služili za načrtovanje naloge, izbor identičnih točk in za primerjavo rezultatov, koordinat točk, pridobljenih z brezpilotnim letalnikom.

## 4 REZULTATI

V tem poglavju predstavljamo rezultate obdelave posnetkov brezpilotnih letalnikov. To sta predvsem oblak točk in ortofoto. Pri tem podajamo tudi rezultate zajema detajla iz oblaka točk in ortofota. Na koncu pa so predstavljeni rezultati analize odstopanj koordinat detajlnih točk, določenih na temelju tahimetrične izmere in zajema podatkov z brezpilotnim letalnikom, ter razmislek o možnosti uporabe letalnikov pri katastrski izmeri.

### 4.1 Rezultati obdelave posnetkov brezpilotnih letalnikov

Rezultat obdelave posnetkov brezpilotnih letalnikov sta georeferenciran oblak točk in ortofoto izbranega študijskega območja, ki je priložen v prilogi C. Izdelan ortofoto obsega območje velikosti 282 m x 492 m ter ima prostorsko ločljivost 2 cm, kar predvsem vpliva na čitljivost posnetka in prepoznavanje detajlov. Za primerjavo (Slika 17) predstavljamo državni ortofoto, ki ima prostorsko ločljivost 0,5 m, ter ortofoto, izdelan iz posnetkov letalnika, katerega prostorska ločljivost je 2 cm.



Slika 17: Primerjava državnega ortofota (desno) in izdelanega ortofota iz posnetkov letalnika (levo)

S slike 17 je jasno razvidno, koliko več semantičnih informacij je možno pridobiti iz ortofota, ki je izdelan iz posnetkov visoke prostorske ločljivosti. Državni ortofoto je izdelan iz posnetkov, ki pokrivajo veliko večje območje in so narejeni iz večjih snemalnih višin, prav tako se uporablja državni model reliefa, medtem ko smo model reliefa v našem primeru generirali iz oblaka točk.

V nadaljevanju podajamo odstopanja (popravke) koordinat oslonilnih točk po izravnavi, ki povejo predvsem notranjo zanesljivost in kakovost fotogrametričnega bloka posnetkov. V preglednici 2 so predstavljena odstopanja za vsako posamezno oslonilno točko. Oslonilna točka 3 je bila izključena iz obdelave, saj so bila odstopanja po izravnavi prevelika. Sklepamo, da je bila točka 3 med izmero premaknjena.

Preglednica 2: Odstopanja (popravki) koordinat oslonilnih točk po izravnavi

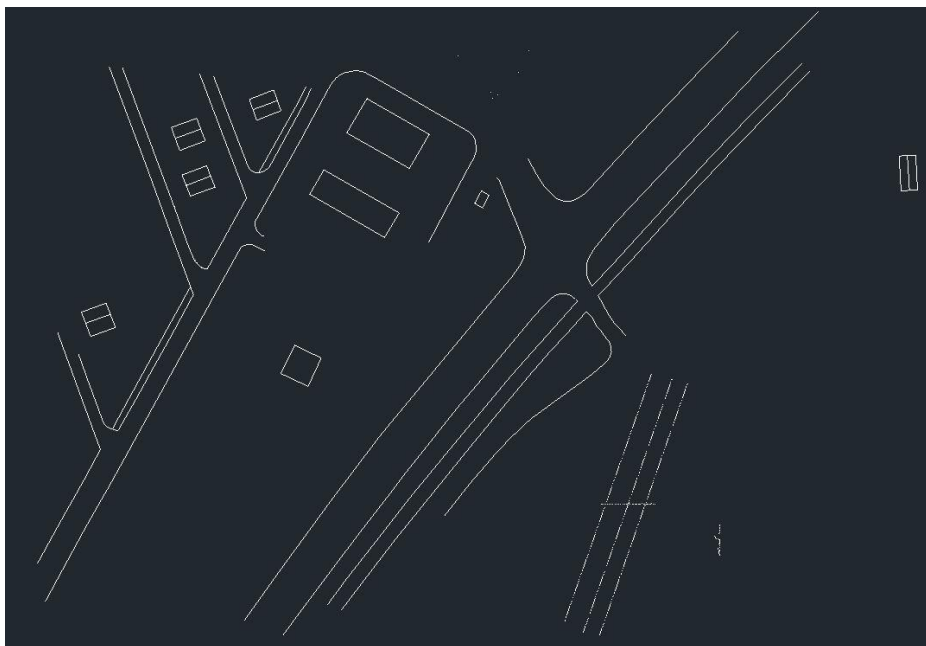
Točka	dE [m]	dN [m]	dH [m]
1	0,02	-0,02	-0,02
2	0,02	-0,03	-0,01
4	0,03	-0,01	0,02
5	-0,01	0,02	0,01
6	0,02	-0,02	0,02
7	0,02	0,02	0,01
8	0,03	-0,01	0,02
9	-0,02	-0,02	0,02
10	0,03	-0,03	-0,02
<b>RMSE</b>	<b>0,02</b>	<b>0,02</b>	<b>0,02</b>

Iz preglednice 2 je razvidno, da so odstopanja po vseh koordinatnih oseh zelo majhna in sicer je RMSE (angl. *root mean square error*) v vseh koordinatnih oseh enak 2 cm. RMSE smo izračunali na osnovi enačb (1), ki so (Pucelj, 2005):

$$RMSE(E) = \sqrt{\frac{\sum dN^2}{n}}, \quad RMSE(N) = \sqrt{\frac{\sum dN^2}{n}}, \quad RMSE(H) = \sqrt{\frac{\sum dH^2}{n}} \quad (1)$$

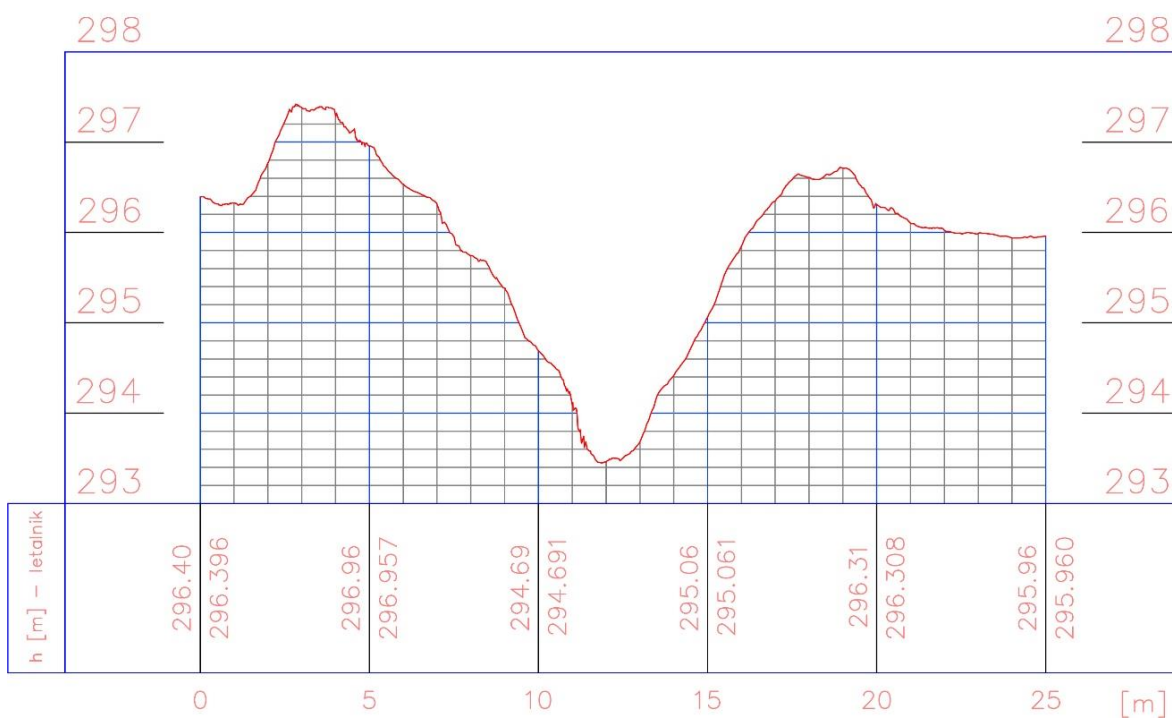
Pri tem je  $n$  število opazovanj. Kot pomemben rezultat diplomske naloge predstavljamo zajet detajl na podlagi oblaka točk. Ta služi predvsem za analizo točnosti in oceno potencialne uporabe brezpilotnih letalnikov pri katastrskih postopkih. Samega vklopa meritev v zemljiški kataster nismo izvedli, analizo točnosti pa predstavljamo v poglavju 4.2. Kot že omenjeno, smo na študijskem območju zajeli robove cest, kapi in slemena streh, mejnike ter profile in robove melioracijskega jarka. Zajet detajl, prikazan na ortofotu, je priložen v prilogi D.

Slika 18 predstavlja točke, linije in poligone zajetega detajla v programu *AutoCAD*, sledi pa prikaz profila melioracijskega jarka na začetku (P1) (Slika 19).



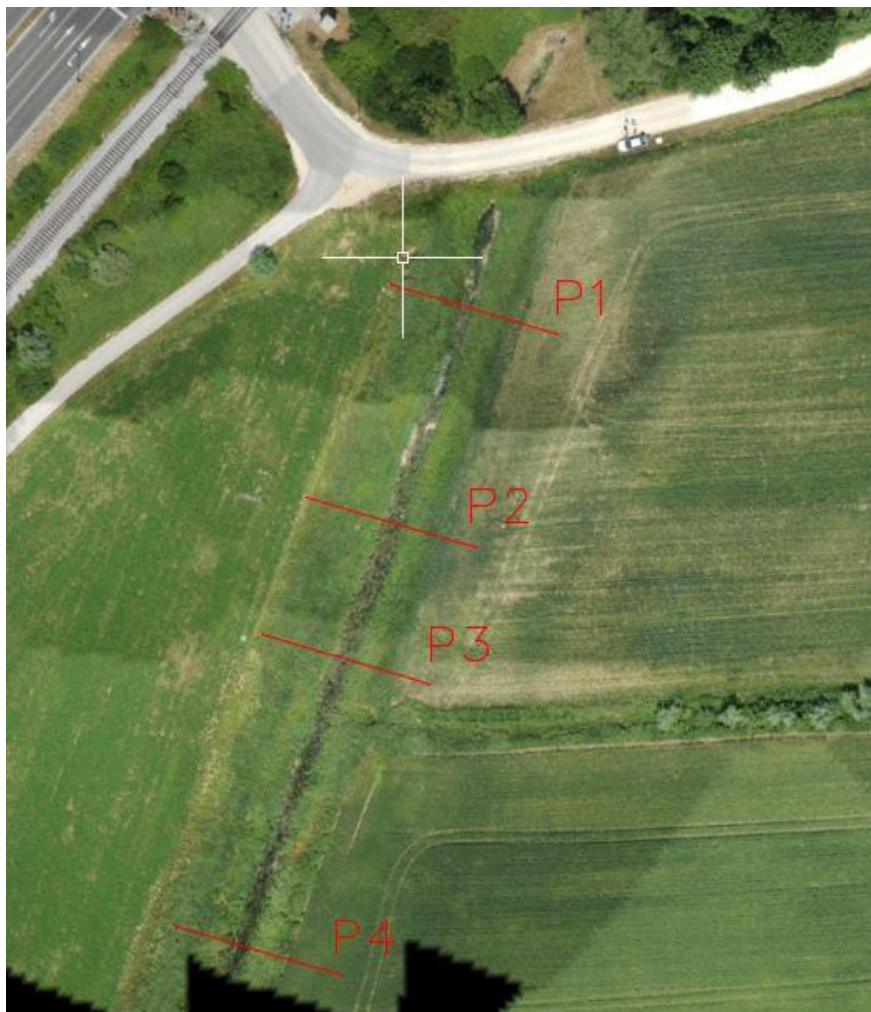
Slika 18: Prikaz zajetega detajla na študijskem območju

Vrednosti ob levem in desnem robu profila (Slika 19) predstavljajo nadmorsko višino v metrih, spodnje vrednosti pa dolžino profila. Profile melioracijskega jarka smo zajeli na približnih razdaljah 25 m (Slika 20). Na profilu spodaj (Slika 19) so predstavljene še nadmorske višine dela profila v metrih in sicer na vsakih 5 m. Največja višina na profilu sicer znaša 297,42 m, najmanjša pa 293,45 m. Ostali profili P2 do P4 so priloženi v prilogi B.



Slika 19: Profil melioracijskega jarka P1





Slika 20: Mesta zajema profilov melioracijskega jarka

#### 4.2 Analiza odstopanj koordinat detajlnih točk

V nadaljevanju predstavljamo rezultate analize odstopanj koordinat izbranih detajlnih točk (Preglednica 3). Odstopanja so izračunana kot razlika med koordinatami klasične metode izmere, ki jih smatramo kot prave vrednosti, in koordinatami, pridobljenimi iz oblaka točk. Dobljene rezultate smo ovrednotili tudi s korenem srednjega kvadratnega pogreška oz. RMSE, ki je ena od možnih mer za oceno položajne točnosti koordinat iz oblaka točk (enačbe 1).

To vrednost smo izračunali na podlagi majhnega vzorca točk in sicer za dva primera: za vse primerjane detajlne točke in za vse detajlne točke razen streh, ker so bile le-te v oblaku točk slabo določljive. Poleg mejnika, slemen in kapi streh smo za detajlne točke izbrali tudi robove cest (glej Slike 21, 22 in 23).

Preglednica 3: Odstopanja koordinat detajlnih točk

Točka	$dE$ [m]	$dN$ [m]	$dH$ [m]	Opis detajla
<b>Mejnik</b>	0,077	-0,019	0,067	mejnik, ki ni bil signaliziran
<b>1</b>	-0,029	0,012	-0,003	vogal asfaltirane poti
<b>2</b>	-0,003	-0,050	-0,027	vogal asfaltirane poti
<b>3</b>	-0,013	-0,024	-0,037	vogal asfaltirane poti
<b>4</b>	0,005	0,024	-0,102	sleme strehe
<b>5</b>	-0,173	0,278	0,024	kap strehe
<b>6</b>	-0,016	0,191	0,056	kap strehe
<b>7</b>	-0,109	0,144	-0,010	kap strehe
<b>8</b>	0,207	0,299	-0,050	kap strehe
<b>9</b>	0,042	0,046	0,059	rob ceste
<b>10</b>	0,058	-0,018	0,034	rob ceste
<b>RMSE</b>	<b>0,094</b>	<b>0,145</b>	<b>0,050</b>	
<b>RMSE (brez streh)</b>	<b>0,045</b>	<b>0,032</b>	<b>0,043</b>	

Iz preglednice 3 je razvidno, da pride do največjih odstopanj pri detajlnih točkah streh (točke 5 do 8), saj tukaj oblak točk ni popoln, ker so bili na določenih mestih prisotni šum in sence. Da so elementi streh najslabše zajeti, se jasno pokaže tudi ob primerjavi izračunanega RMSE za vse primerjane detajlne točke z RMSE-jem za vse detajlne točke razen streh. Največja vrednost RMSE, ki je izračunan na podlagi celotnega vzorca primerjave, se pojavi na koordinatni osi  $N$  in znaša 14,5 cm. RMSE, ki je izračunan na podlagi vzorca brez elementov streh, je bistveno manjši in je na vseh koordinatnih oseh reda velikosti okrog 4 cm. Pri tem izpostavljamo tudi, da je velikost odstopanj, prikazanih v preglednici 3, v veliki meri odvisna od natančnosti interpretacije in jasnosti detajla, kot tudi od gostote oblaka točk.

➤ Analiza odstopanj koordinat pri mejniku, ki ni bil signaliziran

Največja odstopanja pri edinemu najdenemu mejniku na posnetku in na terenu se pojavijo v smeri koordinatne osi  $E$ , kjer je velikost odstopanja 7,7 cm. To lahko utemeljimo predvsem z nenatančnostjo interpretacije, saj ta mejnik ni bil signaliziran in je posledično težko natančno definirati položaj kovinskega čepa. Čeprav je sicer odstopanje večje od zakonsko zahtevanih 4 cm, lahko sklepamo, da bi bila ob signalizaciji mejnika interpretacija dosti lažja in predvsem bi lahko bolj natančno določili položaj koordinate.

➤ Analiza odstopanj koordinat pri robovih cest in vogalih asfaltirane potke

Največja odstopanja je zaslediti pri detajlni točki 9 (rob ceste), kjer odstopanja na vseh koordinatnih oseh presegajo 4 cm. Sklepamo, da je slabša natančnost deloma posledica interpretacije roba ceste ter kako natančno je gostota oblaka točk dopuščala zajeti detajl, deloma pa posledica slabše natančnosti izmere s tahimetrom, saj je bila točka bolj oddaljena od stojišča kot preostale točke (približno 100 m). Tako bi lahko pojasnili tudi večje odstopanje pri točki 10, saj je tudi ta detajlna točka bila izmerjena na razdalji okrog 100 m.

Prav tako so vsa odstopanja robov cest in poti odvisna od natančnosti interpretacije. Pri tem bi izpostavili predvsem to, da smo robove cest s klasično metodo izmere zajeli ob spodnjem delu robnika, pri zajemu iz oblaka točk pa tega ne moremo z gotovostjo trditi.

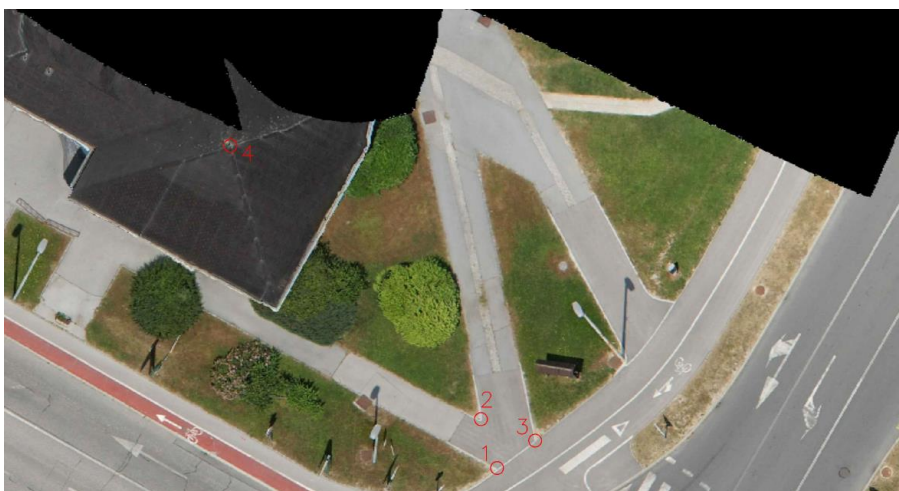
➤ Analiza odstopanj koordinat pri kapih in slemenih streh

Kot že omenjeno, so se pri primerjavi koordinat točk streh, predvsem vogalov, pojavila velika odstopanja, ki za namene evidentiranja nepremičnin niso sprejemljiva. Medtem ko je višinska komponenta relativno dobro določena, se pojavijo velika odstopanja predvsem na *E* in *N* koordinatnih oseh, ki ponekod presegajo tudi nekaj 10 cm. Tako velika odstopanja so predvsem posledica šuma, senc ali zakritosti kapi streh (Slika 21). Sicer pa pri zajemu elementov streh, kot pomoč pri interpretaciji, nismo mogli uporabiti ortofota, saj je bil ortofoto izdelan na osnovi točk terena in ni bil izdelan kot popolni ortofoto. Zaradi tega so na našem ortofotu tudi vse strehe »umetno« zamaknjene.

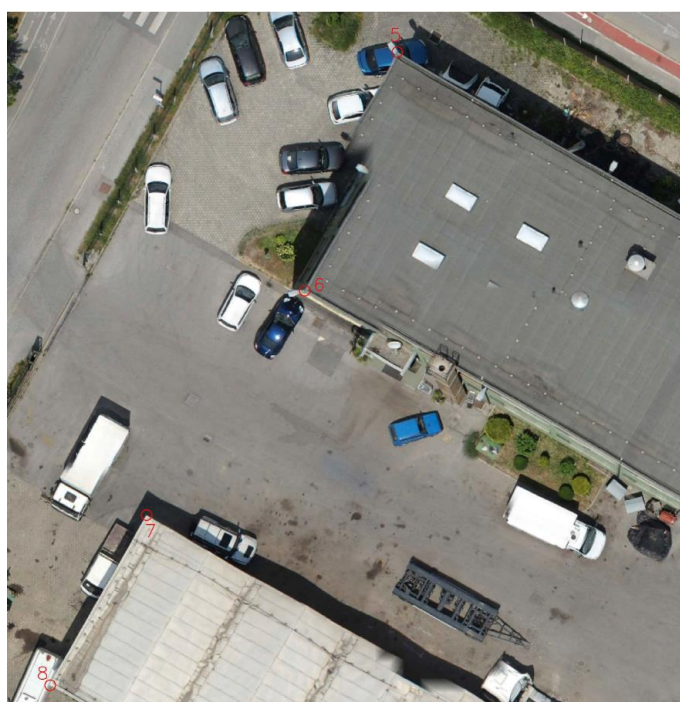


Slika 21: Nejasen potek robov strehe v oblaku točk

V splošnem lahko na podlagi rezultatov analize potrdimo v uvodu postavljeno domnevo, da je z brezpilotnimi letalniki mogoče zagotoviti zadovoljivo položajno točnost za namene določitve položaja zemljiško katastrskih točk (mejniov), ki definirajo meje parcel. Pri tem pa predvsem poudarjamo, da je za natančnejši zajem mejnike potrebno signalizirati in da je ustrezno točnost mogoče zagotoviti le v kombinaciji s klasičnimi metodami izmere. Za entitete, kot so zemljišča pod stavbo, kapi in slemena streh pa na podlagi našega primera ugotavljamo, da je za doseganje zadovoljive položajne točnosti nujno potrebna terenska izmera s klasičnimi metodami izmere.



Slika 22: Detajlne točke 1, 2, 3 in 4



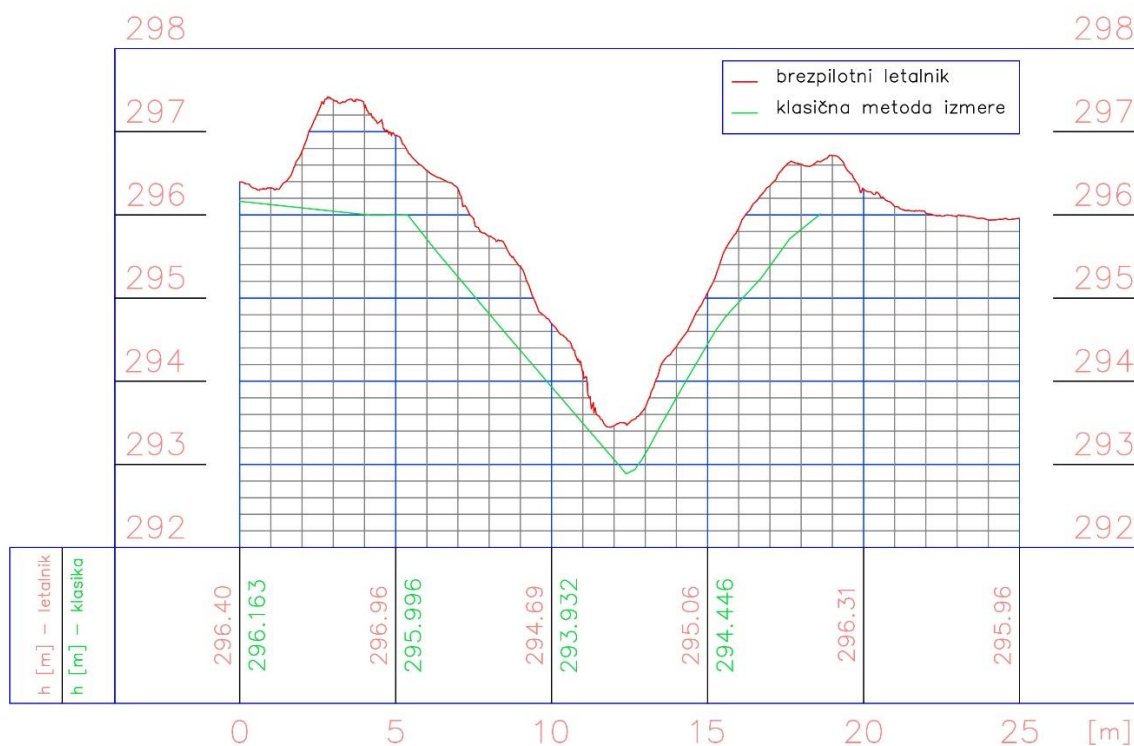
Slika 23: Detajlne točke 5, 6, 7 in 8



Slika 24: Detajlni točki 9 in 10

➤ Analiza odstopanj koordinat pri profilu melioracijskega jarka

Na koncu smo primerjali še profil melioracijskega jarka, pridobljenega na podlagi oblaka točk (na Sliki 25 rdeče barve) ter na podlagi klasične metode izmere (na Sliki 25 zelene barve).



Slika 25: Primerjava profila melioracijskega jarka, pridobljenega na podlagi oblaka točk (rdeče) in na podlagi klasične metode izmere (zeleno)

Profil smo primerjali na mestu, ki ga prikazuje Slika 26. S Slike 25 je jasno razvidno, da je na zajem profila iz oblaka točk močno vplivala poraščenost, saj so višinska odstopanja tudi reda velikosti okrog 1 m. Vrednosti ob levem in desnem robu profila predstavljajo nadmorsko višino v metrih, spodnje vrednosti pa razdaljo, na kateri smo primerjali oba profila. Profila smo primerjali na razdalji 25 m, spodaj pa so predstavljene še nadmorske višine posameznega profila v metrih in sicer na vsakih 5 m.



Slika 26: Mesto primerjave profilov

#### 4.3 Idejna zasnova postopka uporabe letalnikov pri množičnem urejanju mej

Na podlagi dobljenih izkušenj, rezultatov in analize odstopanj koordinat detajlnih točk, pridobljenih z opazovanji z brezpilotnim letalnikom ter tahimetrom, na obravnavanem primeru, v nadaljevanju predstavljamo idejno zasnovo postopka uporabe letalnikov pri množičnem urejanju mej. Postopek predstavljamo v štirih korakih.

##### 1. korak – pregled terena in priprava načrta leta ter oslonilnih točk

Na terenu najprej opravimo tako imenovano rekognosciranje terena. Pri tem preverimo vse morebitne ovire za letalnik, prav tako pa na licu mesta preverimo tudi meteorološke pogoje (predvsem veter). Po opravljenem pregledu v ustreznem programu pripravimo načrt leta, kjer nastavimo višino leta, prekrivanje med posnetki in druge parametre. Za višino leta je

priporočljivo, da je čim manjša. Na podlagi pripravljenega načrta leta je potrebno po predvidenem območju letenja smiselno razporediti, stabilizirati in določiti oslonilne točke. Te naj bodo razporejene čim bolj enakomerno po območju zajema. Koordinate oslonilnih točk lahko določimo s tahimetrično ali z GNSS-metodo izmere. Za signalizacijo oslonilnih točk se uporabijo tarče primerne velikosti in oblike (v našem primeru velikosti 50 cm x 50 cm s črnim krogom premera 36 cm).

## 2. korak – signaliziranje mejnikov

Za potrebe množičnega urejanja mej je nujno signalizirati tudi obstoječe mejnike na izbranem območju. Ti se signalizirajo na enak način kot oslonilne točke. Mejniki, katerih ni mogoče zajeti iz zraka, se zajamejo s klasično metodo izmere.

## 3. korak – zajem podatkov z letalnikom in s klasično metodo ter zajem detajla iz oblaka točk

Ko je vse pripravljeno, opravimo zajem z brezpilotnim letalnikom, pri tem spremljamo vso telemetrijo in meteorološke pogoje. Med postopkom zajema z letalnikom lahko hkrati opravimo še zajem s klasično metodo in sicer mejnikov, ki niso vidni iz zraka, zemljišč pod stavbo ter kapi in slemen streh. Po končanem letu in terenski izmeri detajla sledi le še delo v pisarni, kjer v ustreznem programskem paketu obdelamo posnetke in tvorimo oblak točk ter ortofoto. Na podlagi oblaka točk in ortofota v ustreznem programskem paketu zajamemo ves potreben detajl za vklop meritev v zemljiški kataster. Pri tem zajemamo mejnike, vogale cest ter drug detajl, na podlagi katerega se lahko izvede vklop. Po zajemu sledi združitev zajetega detajla iz oblaka točk in zajetega detajla s klasično metodo izmere. Oцени se natančnost koordinat točk zemljiškega katastra, kar je podlaga za mejno obravnavo.

## 4. korak – vklop meritev v zemljiški kataster in postopek množičnega urejanja mej

Detajl, ki smo ga zajeli iz oblaka točk, in detajl, zajet s klasično metodo izmere, je potrebno za postopke množičnega urejanja mej vklopiti v zvezni vektorski podatkovni sloj zemljiškega katastra. To izvedemo v ustreznem programu (npr. *GEOS*, *GeoPro* ...). Na podlagi vklopljenih meritev lahko izvajamo postopke množičnega urejanja mej. Pristop prinaša zagotovo prednosti tudi pri sami mejni obravnavi, kjer lahko mejno obravnavo vodimo s pomočjo aktualnega ortofota z visoko ločljivostjo in veliko semantičnimi informacijami (tudi za večje območje, parcele v soseščini). Prednosti bogate semantične informacije bi lahko izkoristili tudi pri skici mejne obravnave – lažje razumljivo za stranke in manj tveganja za napačno interpretacijo podatkov izmere pri ponovni uporabi elaboratov.

Nadalje izpostavljam možnost uporabe brezpilotnega letalnika v kombinaciji s klasično izmero pri množičnem preurejanju zemljišč, predvsem komasacij, kjer na podlagi obstoječega zemljiškega katastra in izvedenih meritev zložimo parcele ter jih nato razdelimo v čim bolj zaokrožene celote. Prav tako ima velik potencial tudi uporaba pri postopku nove izmere. Tehnologija prinaša veliko izzivov tako pri analizi starega stanja, urejanju mej komasacijskega območja, načrtovanju nove razdelitve parcel (idejni načrt), kot pri sami izmeri končnega stanja (ob primerni signalizaciji mejnih točk).

Na koncu naj omenimo še izzive uporabe obravnavane tehnologije pri evidentiranju nepremičnin v luči vse bolj razširjenega 3D-katastra, saj oblak točk prinaša pomembne višinske informacije. V nalogi sicer položaje streh nismo določili z želeno natančnostjo, rešitev bi lahko predstavljala kombinacija zajema podatkov z brezpilotnim letalnikom in terestrično izmero.

Zaključimo lahko, da smo na temelju študijskega primera potrdili v začetku naloge zastavljeni domnevi. *Z brezpilotnimi letalniki je mogoče množično kakovostno zajeti prostorske podatke, ki prinašajo koristne semantične informacije, pomembne pri katastrskih postopkih.* Prav tako smo pokazali, *da je z brezpilotnimi letalniki mogoče zagotoviti zadovoljivo položajno točnost za namene določitve položaja zemljiško katastrskih točk*, predvsem v primeru, da so kakovostno signalizirani.



## 5 ZAKLJUČEK

Glavni cilj diplomske naloge je bil ugotoviti, ali je z novimi tehnologijami, v našem primeru z brezpilotnimi letalniki, možno množično zajeti prostorske podatke, ki prinašajo koristne semantične informacije za postopke zemljiškega katastra. Prav tako smo ugotavljali, ali je s to tehnologijo možno zagotoviti zadovoljivo položajno točnost za namene določitve položaja zemljiško katastrskih točk. Ugotovili smo, da je na tak način možno pridobiti množico koristnih semantičnih informacij, ki so uporabni pri množičnem urejanju meja in drugih postopkih zemljiškega preurejanja. Na podlagi rezultatov izravnave aerotriangulacije in analize odstopanj koordinat lahko sklepamo, da je ob dobri interpretaciji in ustrezni gostoti oblaka točk pri določenih detajlih (mejniki in robovi cest) mogoče doseči potrebno natančnost (4 cm) in pristop določitve koordinat detajlnih točk bi bil ustrezen za postopke v zemljiškem katastru.

Primerjava koordinat detajlnih točk, pridobljenih z letalnikom in s terensko izmero, je pokazala, da so rezultati med seboj primerljivi v primeru na terenu označenega mejnika in za primere robov cest. Do večjih odstopanj pride pri elementih streh, predvsem zaradi nepopolnosti oblaka točk, ki je vsebuje šum in sence (območja brez podatkov). Odstopanja koordinat so sicer v veliki meri odvisna tudi od gostote oblaka točk in od natančnosti ter kakovosti interpretacije in zajema detajla. Seveda pa je potrebno poudariti, da nova tehnologija ne more popolnoma nadomestiti klasičnih metod izmere. Določenega detajla na podlagi podatkov, pridobljenih z letalnikom, nismo mogli zajeti, saj je bil na določenih mestih prisoten šum, pri tem mislimo predvsem zamaknjenost in nepopolnost streh, ali pa je bil detajl zakrit z vegetacijo ali strehami (npr. zemljišče pod stavbo). Po drugi strani pa so letalski visoko ločljivi posnetki bogat vir semantičnih informacij, ki so pomembni pri mejni obravnavi, načrtovanju preureditev in pri sami dokumentaciji katastrskih postopkov. Nenavadno je, da so danes, ko so na voljo številne tehnologije za množičen zajem podatkov, skice katastrskih elaboratov izredno skope s podatki za kakovostno interpretacijo izmere.

Kot enega izmed rezultatov diplomske naloge smo na koncu predstavili tudi idejno zasnovo postopka množičnega urejanja meja. Sklepamo, da je tehnologija vsekakor uporabna pri več postopkih in sicer predvsem pri komasacijah, novi izmeri, izravnavi mej ter parcelacijah.

Na podlagi opravljenih analiz in praktičnega dela lahko zaključimo, da ima snemanje z brezpilotnimi letalniki naslednje prednosti:

- zajem podatkov v relativno kratkem času obsega dokaj veliko območje ter je hkrati lahko tudi cenejša,
- za zajem detajlnih točk ni potrebe po geodetskem instrumentariju, saj zajem poteka pretežno na računalniku, v ustreznem programskem okolju,
- zajem posameznih detajlnih točk je hiter in preprost.

Prav tako smo ugotovili, da ima testirana tehnologija nekaj slabosti in omejitev:

- za določene elemente (npr. kapi streh) sta interpretacija in zajem lahko zahtevna in počasna,
- natančnost zajema detajlnih točk je odvisna predvsem od gostote oblaka točk ter od možnosti interpretacije določenih elementov,
- skoraj nujna je uporaba ortofota za lažjo interpretacijo oblaka točk,
- za obdelavo posnetkov sta potrebna zelo zmogljiva strojna oprema in ustrezna programska oprema,
- območja, ki niso vidna iz zraka (pokrita z vegetacijo, strehami ...), niso del oblaka točk in jih ni možno zajeti,
- terenska izmera in kakovost meritev je v veliki meri odvisna od vremena (predvsem od vetra).

Vsekakor ima predstavljena tehnologija v kombinaciji s klasičnimi metodami izmere velik potencial za katastrsko izmero. Podatki, pridobljeni na podlagi snemanja z brezpilotnimi letalniki, zagotavljajo množico koristnih semantičnih informacij, ki so kakovostne in zadovoljive natančnosti ter imajo tudi velik potencial za vzpostavitev 3D-katastra. Ta je eden izmed večjih izzivov na področju zemljiškega katastra na mednarodni ravni.

## VIRI

Bitenc, M. 2014. Brezpilotni letalniki – od igrače do večnamenskih robotov. Geodetski vestnik 58, 1: 155–158.

Cunningham, K., Walker, G., Stahlke, E., Wilson, R. 2011. Cadastral audit and assessments using unmanned aerial systems. International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, XXXVIII-1/C22: 213–216.

<http://www.int-arch-photogramm-remote-sens-spatial-inf-sci.net/XXXVIII-1-C22/213/2011/isprsarchives-XXXVIII-1-C22-213-2011.pdf> (Pridobljeno 30. 7. 2014.)

Ferlan, M. 2005. Geodetske evidence. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 263 str.

Lisec, A. 2014. Prosojnice s predavanj pri predmetu Evidence in katastri nepremičnin: loč. pag.

Manyoky, M., Theiler, P., Steudler, D., Eisenbeiss, H. 2011. Unmanned aerial vehicle in cadastral applications. International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, XXXVIII-1/C22: 1–4.

<http://www.int-arch-photogramm-remote-sens-spatial-inf-sci.net/XXXVIII-1-C22/57/2011/isprsarchives-XXXVIII-1-C22-57-2011.pdf> (Pridobljeno 30. 7. 2014.)

Oštir, K., 2006. Daljinsko zaznavanje. Ljubljana, Inštitut za antropološke in prostorske študije ZRC SAZU: 250 str.

Podobnikar, M., Avbelj, J., Honzak, D., Mrkalj, J. in sod. 1976. Komasacije (raziskava najboljših možnosti). Ljubljana, Zavod SRS za družbeno planiranje, področje za prostorsko planiranje: 134 str.

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

Pucelj, B., Kosmatin F. M., Grigillo, D. 2005. Primerjava metrične natančnosti analognega in digitalnega fotoaparata visoke ločljivosti. Geodetski vestnik 49, 2: 208–219.

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

*»Ta stran je namenoma prazna«*

## **SEZNAM PRILOG**

PRILOGA A: POROČILO OBDELAVE POSNETKOV BREZPILOTNEGA LETALNIKA

PRILOGA B: PREČNI PROFILI MELIORACIJSKEGA JARKA (P1, P2, P3, P4,  
PRIMERJAVA LETALNIKA S KLASIČNO METODO)

PRILOGA C: ORTOFOTO ŠTUDIJSKEGA OBMOČJA

PRILOGA D: PRIKAZ ZAJETEGA DETAJLA NA ORTOFOTO PODLAGI

## **PRILOGA A: POROČILO OBDELAVE POSNETKOV BREZPILOTNEGA LETALNIKA**



# 3Dsurvey

**Aerial image processing software**

**Version 1.0**

**Project name: Diplomaska naloga - Zajc - Trzin**

Date of processing: sre jul 30 08:49:21 2014

Camera type: OLYMPUS IMAGING CORP. : E-P2

Date of acquisition: 2014:06:12 12:40:44

Number of images: 101

Number of GCPs: 12

ID	x[m]	y[m]	z[m]
1	466424.97	109461.51	296.88
2	466413.19	109501.52	297.11
3	466441.09	109342.99	295.80
4	466270.00	109371.57	296.74
5	466311.00	109345.84	295.68
6	466208.72	109529.87	297.15
7	466143.72	109460.80	296.59
8	466190.56	109360.48	297.38
9	466110.66	109388.23	296.52
10	466301.81	109511.91	298.10
300	466285.03	109541.53	298.30
301	466280.31	109532.71	298.17

**Orientation report**

Automatic GCP measurement result:

GCP: 1



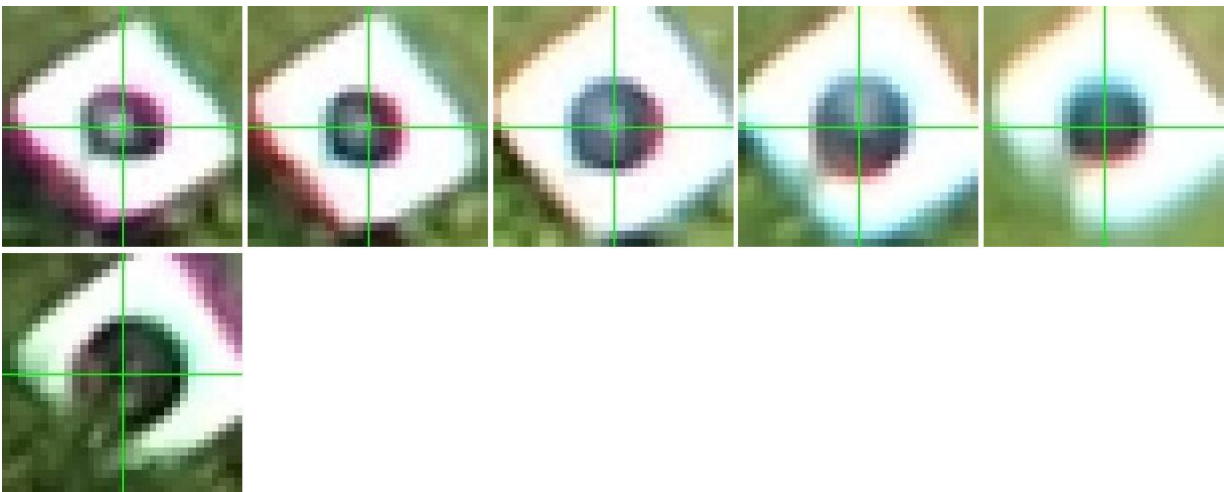
GCP: 2



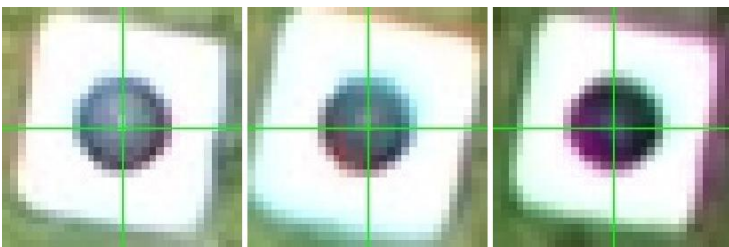


GCP: 3

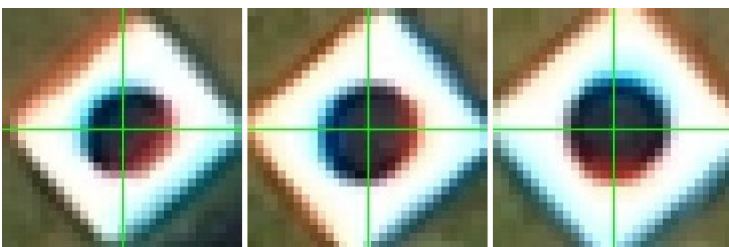
GCP: 4



GCP: 5



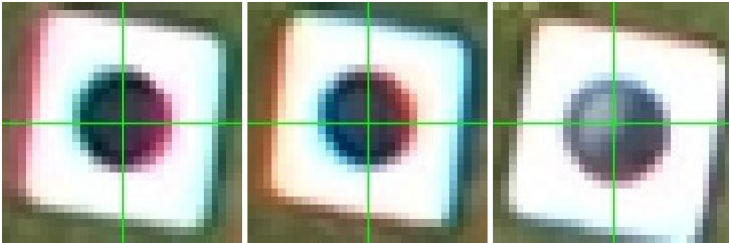
GCP: 6



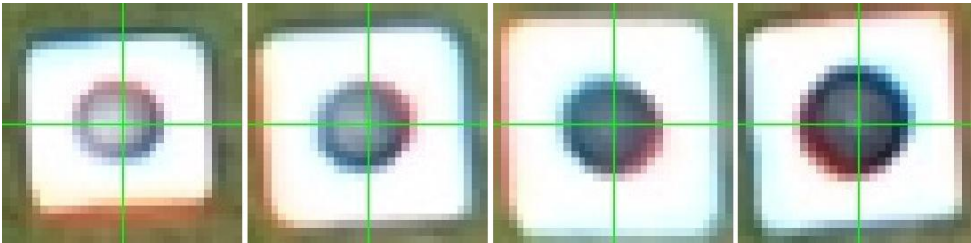
GCP: 7



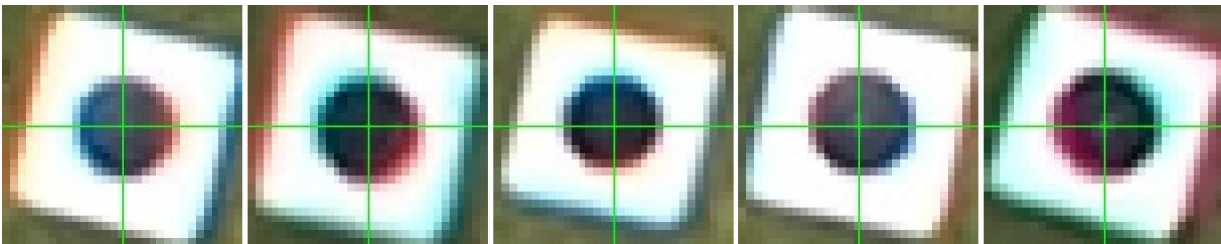
GCP: 8



GCP: 9



GCP: 10



GCP: 300

GCP: 301

3D accuracy on GCPs:

ID	dx[m]	dy[m]	dz[m]
1	-0.02	0.02	-0.02
2	-0.03	0.02	-0.01
4	-0.01	0.03	0.02
5	0.02	-0.01	0.01
6	-0.02	0.02	0.02
7	0.02	0.02	0.01

8	-0.01	0.03	0.02
9	-0.02	-0.02	0.02
10	-0.03	0.03	0.02

## Dense point cloud

Number of points: 15457764



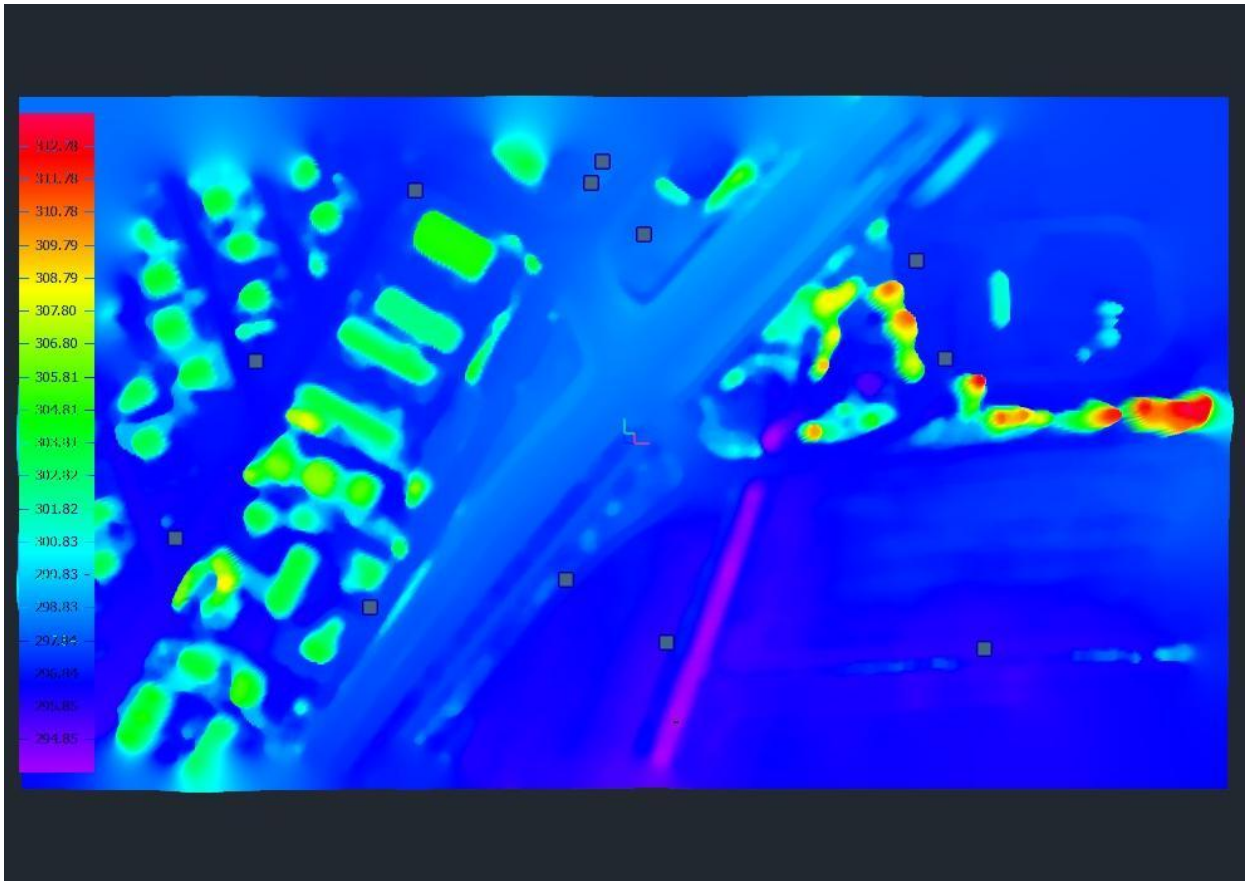


### **Digital Surface Model**

Maximum height: 315.10m

Minimum height: 278.50m

Number of triangles: 277488



**Orthophoto**

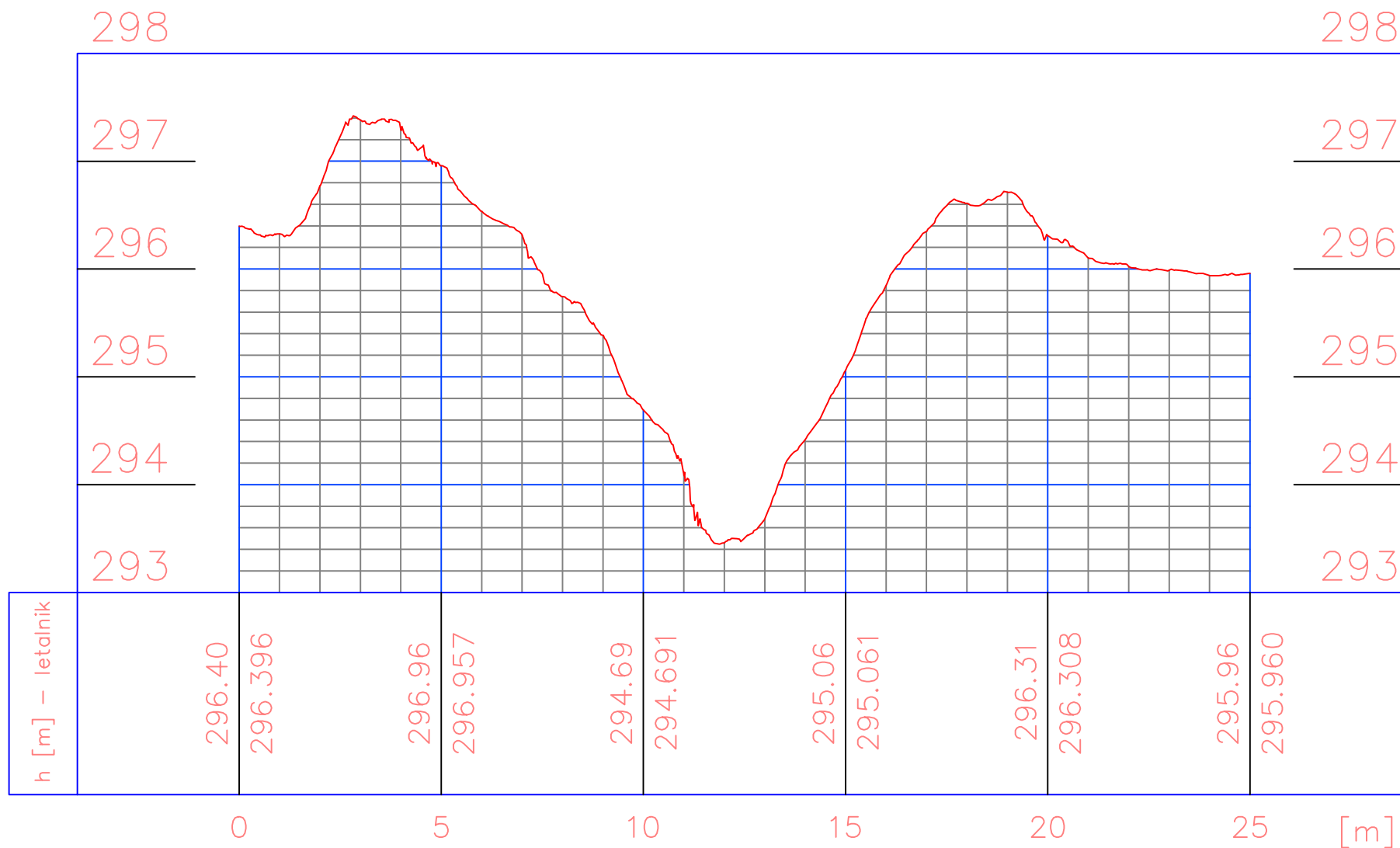
Pixel size: 0.02m

DOF size: 282m \* 492m

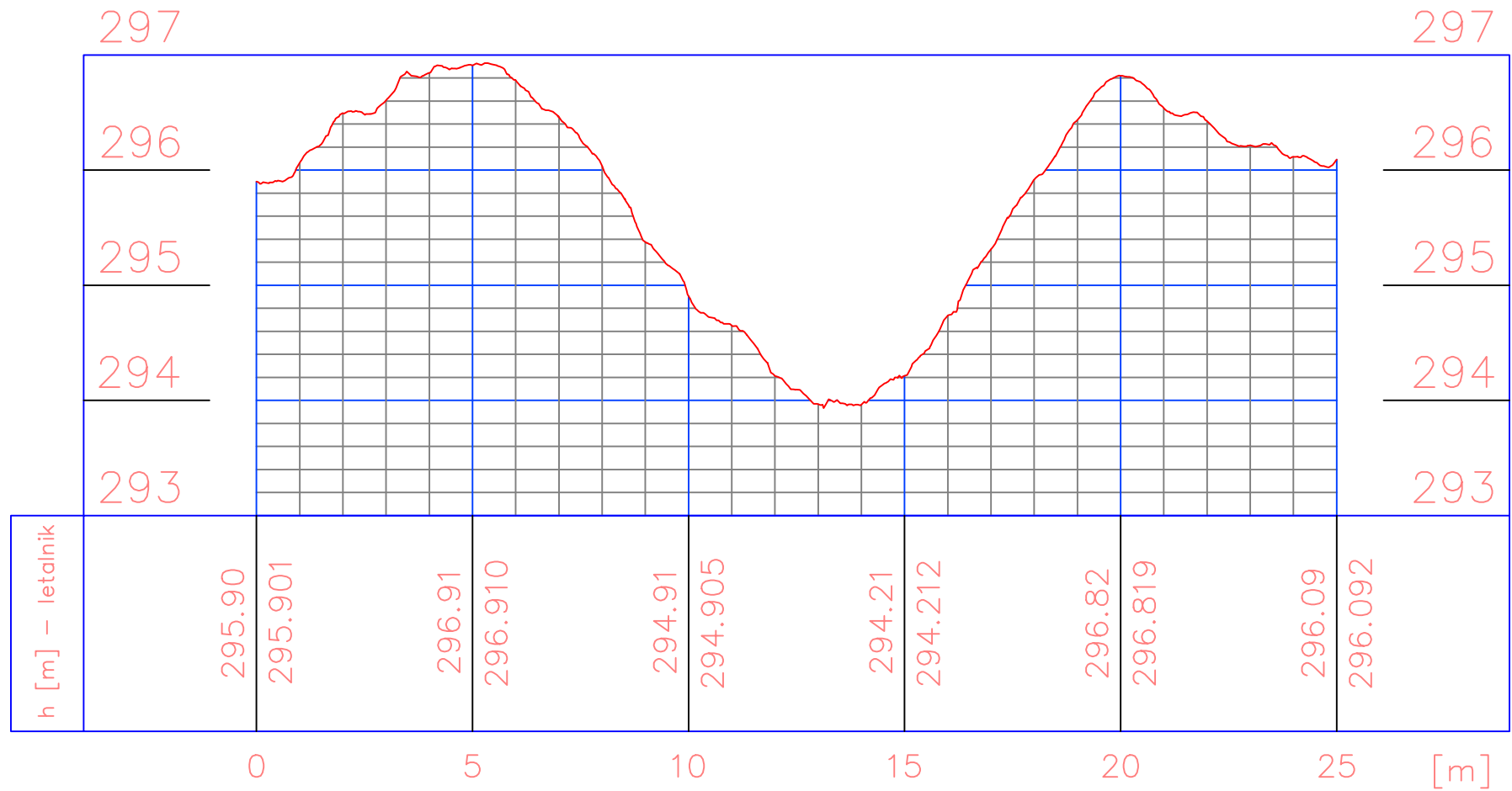


**PRILOGA B: PREČNI PROFILI MELIORACIJSKEGA JARKA (P1, P2, P3, P4,  
PRIMERJAVA LETALNIKA S KLASIČNO METODO)**

# Profil – Melioracijski jarek – P1

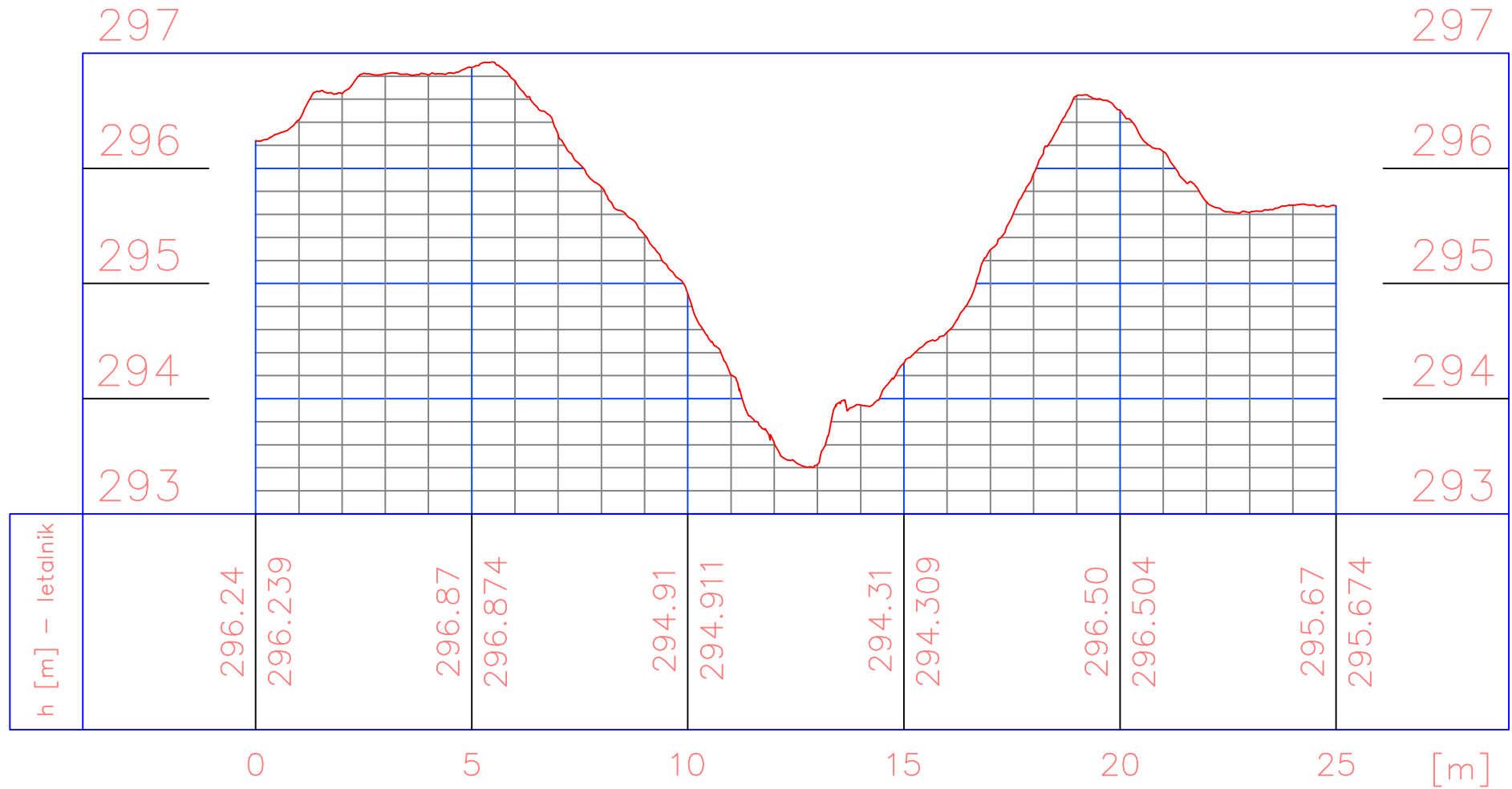


# Profil – Melioracijski jarek – P2

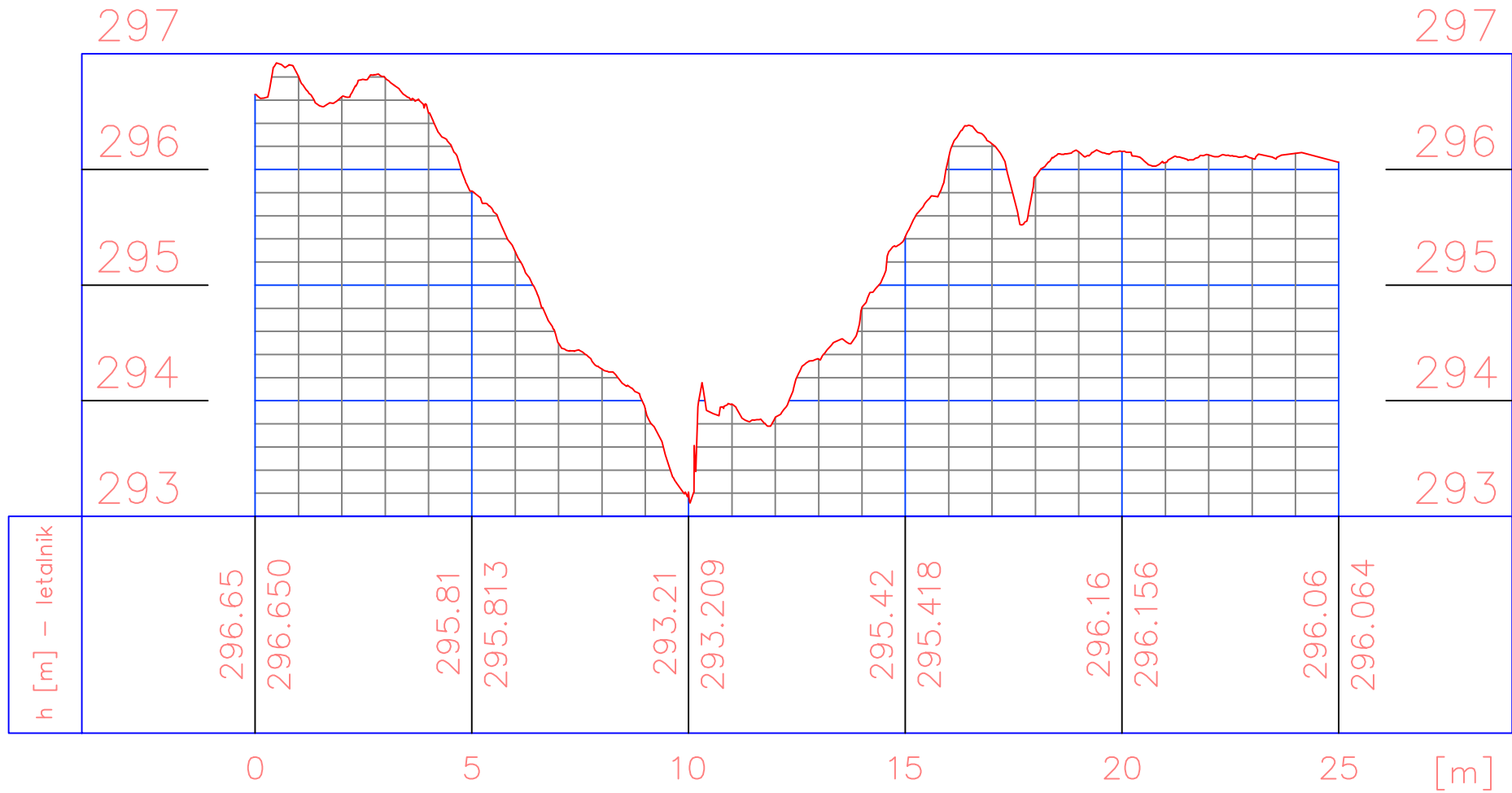




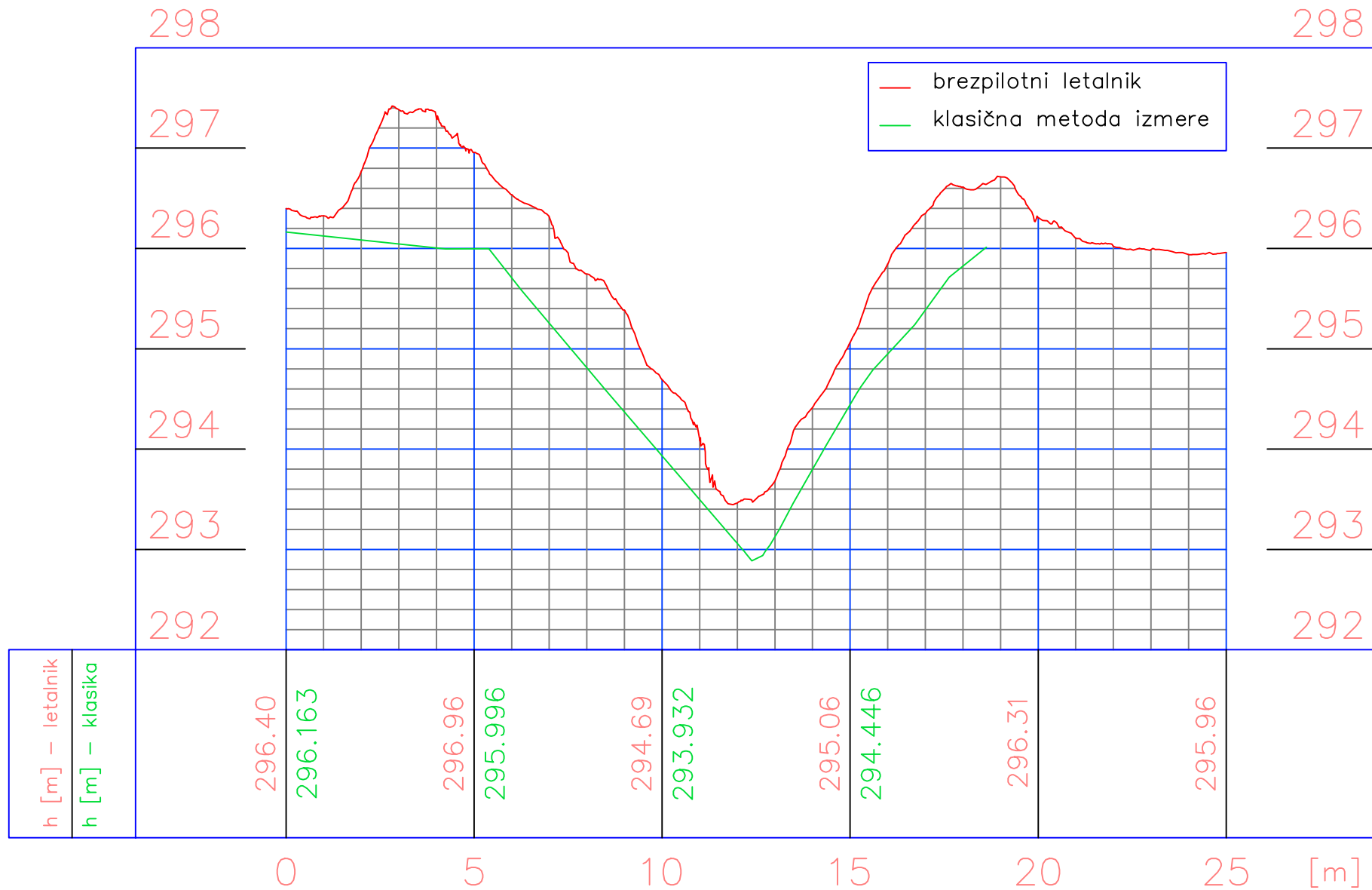
# Profil – Melioracijski jarek – P3



# Profil – Melioracijski jarek – P4



# Profil – Melioracijski jarek – Primerjava



## **PRILOGA C: ORTOFOTO ŠTUDIJSKEGA OBMOČJA**

# ORTOFOTO ŠTUDIJSKEGA OBMOČJA

466050,010

466530,010

109559,990

109559,990



109289,990

109289,990

466050,010

466530,010

M = 1 : 1900

## **PRILOGA D: PRIKAZ ZAJETEGA DETAJLA NA ORTOFOTO PODLAGI**

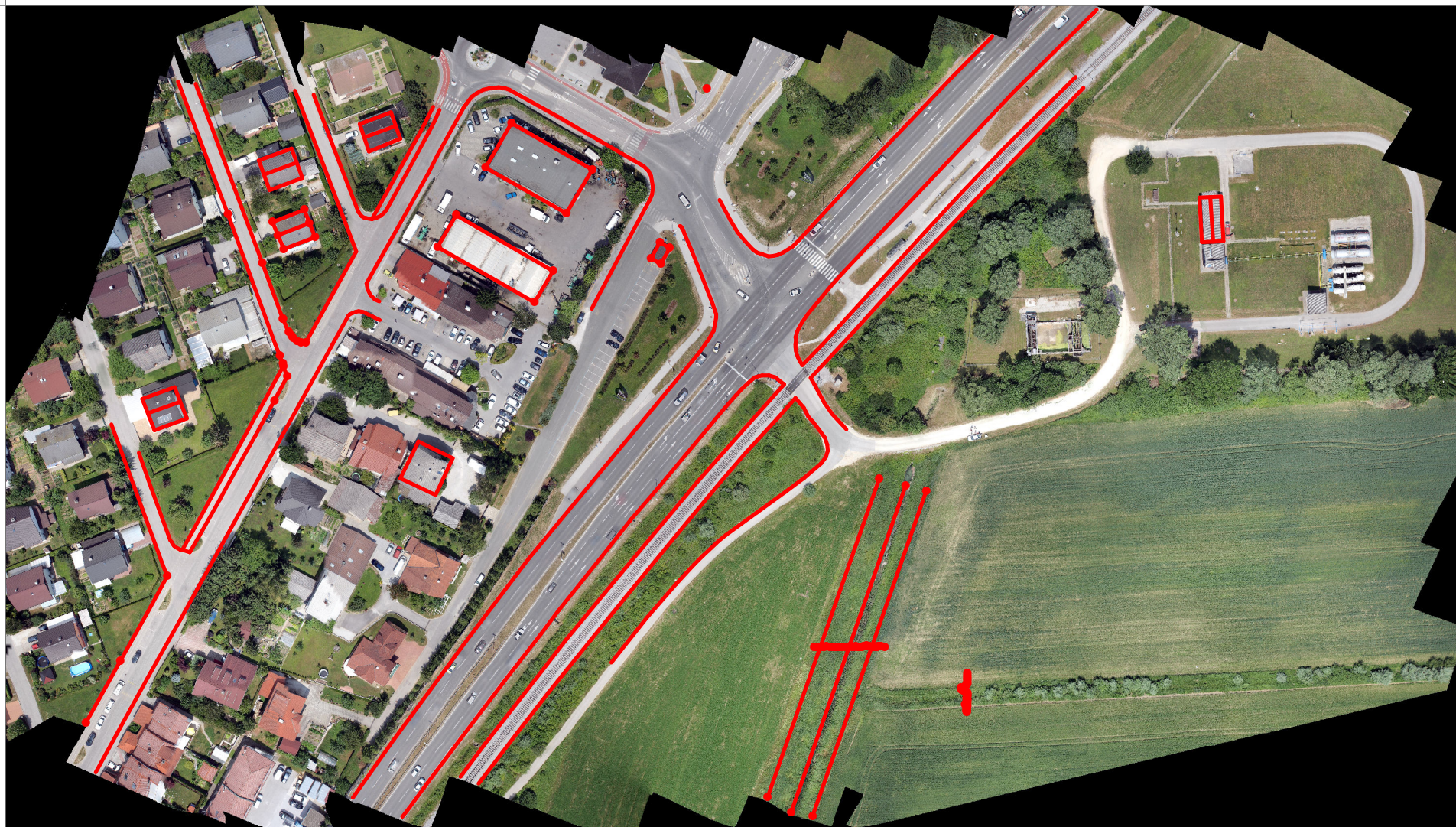
# PRIKAZ ZAJETEGA DETAJLA NA ORTOFOTO PODLAGI

466050,010

466530,010

109559,990

109559,990



109289,990

109289,990

466050,010

466530,010

M = 1 : 1900