

Univerza  
v Ljubljani  
Fakulteta  
*za gradbeništvo  
in geodezijo*

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



Visokošolski strokovni študij  
geodezije, Geodezija v inženirstvu

Kandidat:

**Mitja Zupančič**

# **Uporabnost tahimetra Topcon GPT 7003i pri detajlni topografski izmeri**

**Diplomska naloga št.: 317**

**Mentor:**

izr. prof. dr. Dušan Kogoj

**Somentor:**

doc. dr. Simona Savšek

Ljubljana, 2010

## **STRAN ZA POPRAVKE, ERRATA**

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

## **IZJAVA O AVTORSTVU**

Podpisani **MITJA ZUPANČIČ** izjavljam, da sem avtor diplomske naloge z naslovom:  
**Uporabnost tahimetra Topcon GPT 7003i pri detajlni topografski izmeri.**

Izjavljam, da prenašam vse materialne avtorske pravice v zvezi z diplomsko nalogo na UL,  
Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo.

Ljubljana, junij 2010

---

(podpis)

## **BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK**

<b>UDK:</b>	<b>528.53(043.2)</b>
<b>Avtor:</b>	<b>Mitja Zupančič</b>
<b>Mentor:</b>	<b>izr. prof. dr. Dušan Kogoj</b>
<b>Somentor:</b>	<b>doc. dr. Simona Savšek</b>
<b>Naslov:</b>	<b>Uporabnost tahimetra Topcon GPT 7003i pri detajlni topografski izmeri</b>
<b>Obseg in oprema:</b>	<b>65 str., 3 pregl., 46 sl., 2 en., 4 pril.</b>
<b>Ključne besede:</b>	<b>detajlna izmera, geodetski načrt, tahimeter, Topcon</b>

### **Izveček:**

Uporabnost elektronskih tahimetrov pri detajlni topografski izmeri se povečuje z razvojem nove tehnologije. V diplomski nalogi so predstavljene rešitve in novosti tahimetra GPT-7003i in programske opreme proizvajalca Topcon. Uporabnost rešitev in novosti je potrebno strokovno presoditi. Za strokovno presojo je bila izvedena detajlna topografska izmera z namenom izdelave geodetskega topografskega načrta. Opisane so tudi vrste, sestavine in vsebina geodetska načrta ter kartiranje geodetskega načrta. Izveden je bil praktični primer, s katerim so bile strokovno presojene rešitve in novosti ter podane prednosti in slabosti tahimetra Topcon GPT 7003i.

## **BIBLIOGRAPHIC – DOCUMENTALISTIC INFORMATION**

**UDC:** 528.53(043.2)  
**Author:** Mitja Zupančič  
**Supervisor:** assoc. prof. dr. Dušan Kogoj  
**Co-supervisor:** assist. prof. Simona Savšek  
**Title:** The applicability of total station Topcon GPT 7003i in topographic detail surveying  
**Notes:** 65 p., 3 tab., 46 fig., 2 eq., 4 ann.  
**Key words:** detail surveying, geodetic plan, total station, Topcon

### **Abstract:**

The applicability of total stations in topographic detail surveying is growing with development of new technologies. This thesis presents different solutions and innovations provided by the GPT-7003i total station and the Topcon software. The applicability of these solutions and innovations must be expertly evaluated. For the expert evaluation, a detail surveying for geodetic plan was carried out. The thesis also describes the types, elements and contents of geodetic plan as well as geodetic plan mapping. The practical example was realised to evaluate the solutions and innovations, and highlights the advantages and weaknesses of the total station Topcon GPT 7003i.

## **ZAHVALA**

Zahvaljujem se mentorju izr. prof. dr Dušanu Kogoju za usmerjanje, strokovno pomoč in dober odnos pri izdelavi diplomske naloge. Zahvaljujem se tudi somentorci doc. dr. Simoni Savšek za pomoč in predloge pri pisanju diplomske naloge.

Zahvaljujem se tudi sosedu Marko Majhnu in sošolcu Robiju Šeligo za pomoč pri izvedbi detajlne izmere.

## KAZALO VSEBINE

<b>1</b>	<b>UVOD</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>TOPCON GPT 7003i</b>	<b>3</b>
<b>2.1</b>	<b>Tehnični podatki</b>	<b>5</b>
<b>2.2</b>	<b>Kamera</b>	<b>7</b>
<b>3</b>	<b>PROGRAMSKA OPREMA</b>	<b>11</b>
<b>3.1</b>	<b>Topsurv</b>	<b>11</b>
<b>3.2</b>	<b>Topcon link</b>	<b>15</b>
<b>4</b>	<b>GEODETSKI NAČRT</b>	<b>18</b>
<b>4.1</b>	<b>Vrste geodetskih načrtov</b>	<b>19</b>
<b>4.2</b>	<b>Sestavine geodetskega načrta</b>	<b>20</b>
<b>4.3</b>	<b>Vsebina geodetskega načrta</b>	<b>22</b>
<b>4.4</b>	<b>Pravilnik o geodetskem načrtu</b>	<b>24</b>
<b>4.5</b>	<b>Topografski ključ</b>	<b>24</b>
<b>4.6</b>	<b>Izdelava geodetskega načrta</b>	<b>27</b>
<b>4.6.1</b>	<b>Detajlna izmera</b>	<b>27</b>
<b>4.6.2</b>	<b>Izdelava grafičnega prikaza</b>	<b>30</b>
<b>5</b>	<b>GEODETSKA IZMERA</b>	<b>31</b>
<b>5.1</b>	<b>Vzpostavitev izmeritvene mreže</b>	<b>31</b>
<b>5.1.1</b>	<b>Zagotovitev mreže</b>	<b>32</b>
<b>5.1.2</b>	<b>Merska oprema</b>	<b>34</b>
<b>5.1.3</b>	<b>Meritve</b>	<b>35</b>
<b>5.1.4</b>	<b>Obdelava podatkov in prikaz rezultatov</b>	<b>36</b>
<b>5.2</b>	<b>Izmera detajla</b>	<b>40</b>
<b>5.2.1</b>	<b>Metoda izmere</b>	<b>41</b>
<b>5.2.2</b>	<b>Merska oprema</b>	<b>42</b>
<b>5.2.3</b>	<b>Zagotovitev stojišča</b>	<b>43</b>

<b>5.2.4</b>	<b>Meritve</b>	<b>44</b>
<b>5.2.5</b>	<b>Vodenje skice izmere</b>	<b>46</b>
<b>5.2.6</b>	<b>Obdelava podatkov in prikaz rezultatov</b>	<b>47</b>
<b>6</b>	<b>PRAKTIČNI PRIMER</b>	<b>49</b>
<b>6.1</b>	<b>Meritve</b>	<b>50</b>
<b>6.1.1</b>	<b>Prosto stojišče</b>	<b>55</b>
<b>6.2</b>	<b>Izris načrta</b>	<b>58</b>
<b>7</b>	<b>ZAKLJUČEK</b>	<b>61</b>
<b>VIRI</b>		<b>63</b>

## **KAZALO PREGLEDNIC**

Preglednica 1: Tehnični podatki o Topconu GPT 7003i (po prizvajalcu)	5
Preglednica 2: Različno navajanje merske natančnosti razdaljmera (povzeto po virih)	7
Preglednica 3: Primerjava CCD in CMOS senzorjev	10

## KAZALO SLIK

Slika 1: Tahimeter Topcon GPT-7003i	4
Slika 2: Skica delovanja CCD senzorja	9
Slika 3: Skica delovanja CMOS senzorja	9
Slika 4: Podatki o programski opremi Topsisurv	11
Slika 5: Namizje instrumenta	11
Slika 6: Začetna stran programa (gرافیčne ikone, karta)	12
Slika 7: Začetna stran programa (opisni zavihki, slika)	12
Slika 8: Funkcije v meniju <i>prikaz</i> (lupa)	12
Slika 9: Funkcije v meniju <i>delo</i> (dežnik)	12
Slika 10: Podmeni <i>konfig</i> , ki omogoča spreminjanje nastavitev	13
Slika 11: Funkcije v meniju <i>uredi</i> (list papirja in svinčnik)	13
Slika 12: Funkcije v meniju <i>survey</i> (tarča)	14
Slika 13: Funkcije v meniju <i>zakoliči</i> (krog in križ)	14
Slika 14: Funkcije v meniju <i>izračuni</i> (kalkulator)	15
Slika 15: Vrste transformacij v meniju <i>izračuni</i>	15
Slika 16: Urejanje točk s programom Topcon Link	16
Slika 17: Urejanje merskih podatkov s programom Topcon Link	17
Slika 18: Grafični prikaz točk ( <i>CAD view</i> )	17
Slika 19: Primer geodetskega načrta (izsek)	18
Slika 20: Grafični prikaz s topografsko vsebino	19
Slika 21: Grafični prikaz s topografsko in zemljiškokatastrsko vsebino	20
Slika 22: Certifikat geodetskega načrta	21
Slika 23: Naslovnica publikacije Topografski ključ	25
Slika 24: Testno območje	49
Slika 25: Kreiranje novega delovišča	50
Slika 26: Vnost temperature in zračnega tlaka	50
Slika 27: Merjenje orientacije	51
Slika 28: Rezultati kontrole orientacije	51
Slika 29: Zavihok merjenje s tipko <i>P</i>	52
Slika 30: Zavihok merjenje brez tipke <i>P</i> , spodaj vidni merjeni podatki	52

Slika 31: Merjenje pod zavihkom <i>Karta</i>	52
Slika 32: Merjenje pod zavihkom <i>Image</i>	52
Slika 33: Slika, ki jo izdelava širokokotni senzor	53
Slika 34: Možnosti merjenja odmikov pod zavihkom <i>Ofseti</i>	53
Slika 35: Podatki, ki jih lahko izvažamo	54
Slika 36: Različni formati izvoza podatkov	54
Slika 37: Uporabljen začasna in trajna stabilizacija točke	55
Slika 38: Določitev stojiščne točke, višine instrumenta ter višine signalizacije	56
Slika 39: Merjenje proti orientacijski točki (1001), vidne merjene količine (H kot, V kot, poševna dolžina)	56
Slika 40: Zavihek <i>nastavitve merj.</i>	57
Slika 41: Koordinate točke prostega stojišča	57
Slika 42: Stabilizacija orientacijskih točk (trigonometrična in poligonska točka)	57
Slika 43: Signalizacija orientacijske točke	57
Slika 44: Z Autocadom odprta datoteka z izvoženimi linijami ( <i>dwg.</i> format)	59
Slika 45: Z Autocadom odprta datoteka z izvoženimi linijami in točkami ( <i>dwg.</i> format)	59
Slika 46: Z Geopro 1.0 odprta datoteka z izvoženimi linijami in točkami ( <i>dxf.</i> format)	59

## **KAZALO PRILOG**

Priloga A: Rezultati izračunov prostih stojišč

Priloga B: Delna vsebina datoteke, v katero so izvoženi podatki o točkah

Priloga C: Geodetski topografski načrt

Priloga D: Slike terena, ki jih je izdelal širokokotni senzor



## 1 UVOD

V zadnjih desetletjih je tehnologija doživela zelo hiter razvoj. To je vidno tako v geodetski kot v ostalih strokah. V geodetski stroki je razvoj najbolj viden pri razvoju geodetskih instrumentov in pri razvoju novih metod izmere. Pri novih metodah izmere govorimo o razvoju GNSS (globalni navigacijski satelitski sistem) izmere, ki omogoča nekajcentimeterski nivo natančnosti. Razvoj geodetskih instrumentov stremi k avtomatizaciji merskih postopkov ter izboljšavam, ki omogočajo odpravo vseh vrst instrumentalnih pogreškov in pogreškov operaterja. Instrumenti so postali natančnejši, preprostejši za uporabo ter omogočajo hitrejše delo in manj številčno ekipo na terenu. Pred desetletji je bil rezultat napredka tehnologije elektronski tahimeter, ki je kombinacija elektronskega razdaljemera in elektronskega teodolita. Dandanes smo priča mnogim tehnološkim rešitvam, ki predstavljajo višjo stopnjo avtomatizacije in tako poznamo avtomatske elektronske tahimetre. Ti instrumenti imajo vgrajene servomotorje, ki skupaj s sistemi kot so AVT (avtomatsko viziranje tarče), AST (avtomatsko sledenje tarče) ter AIT (avtomatsko iskanje tarče), teoretično omogočajo, da klasično detajlno izmero izvaja en sam človek.

Pri elektronskem tahimetru proizvajalca Topcon, serije GPT 7000i je šel razvoj v drugo smer, serija ima vgrajen videosistem. Videosistem sestavljata dva CMOS senzorja, ki imata dve bistveni nalogi. Prva naloga je prikazovanje trenutne slike na zaslonu instrumenta ter služi viziranju. Slika je identična sliki, ki jo vidimo skozi daljnogled. Druga naloga je shranjevanje slik posnetih točk, katere so namenjene kasnejši uporabi in obdelavi. Še ena posebnost proizvajalca Topcon je Windows operacijski sistem. Ta sistem nam je poznan z osebnih računalnikov ter bi tako lahko z instrumentom upravljal že vsak. Tretja rešitev, ki je prisotna že tudi pri drugih proizvajalcih (Leica, Sokkia, Trimble) in jo omogoča programska oprema Topsurv, je sočasno risanje skice izmere na zaslonu instrumenta z dodajanjem kod in povezav merjenim točkam.

Ob vsakem napredku tehnologije se pojavi mnogo vprašanj o uporabnosti, kvaliteti in smiselnosti novosti, ki jih ponuja nova tehnologija. Pri geodetskih instrumentih proizvajalci skupaj z novostmi podajajo tudi namen novosti ter njihove prednosti, vendar je potrebna

kritična presoja le teh. Tako se ob novostih, ki jih ponuja proizvajalec Topcon s tahimetrom Topcon GPT-7003i in programsko opremo Topsurv, pojavijo vprašanja kot so:

Ali vgrajena senzorja izdelata dovolj kvalitetne slike ter ali služita namenu, za katerega sta bila izdelana?

Koliko nam programska oprema Topsurv poenostavi delo z možnostjo sprotnega risanja skice in z ostalimi možnostmi, ki jih ponuja?

Kakšne so prednosti in slabosti Windows operacijskega sistema?

Elektronski tahimeter je v geodetski stroki v Sloveniji najbolj uporabljen instrument (Pahulje, 2003). Uporablja se za izvedbo katastrske in klasične detajlne izmere. Klasična detajlna izmera je sestavljena iz vzpostavitve izmeritvene mreže in izmere detajla. Poglavitni namen klasične detajlne geodetske izmere je izdelava geodetskega načrta. Namen diplomske naloge je preizkus novosti, ki jih ponuja tahimeter Topcon GPT 7003i, ob izdelavi geodetskega topografskega načrta na podlagi polarne detajlne izmere na izbranem testnem območju. S preizkusom bo ugotovljena uporabnost tahimetra Topcon GPT-7003i pri detajlni topografski izmeri.

## 2 TOPCON GPT 7003i

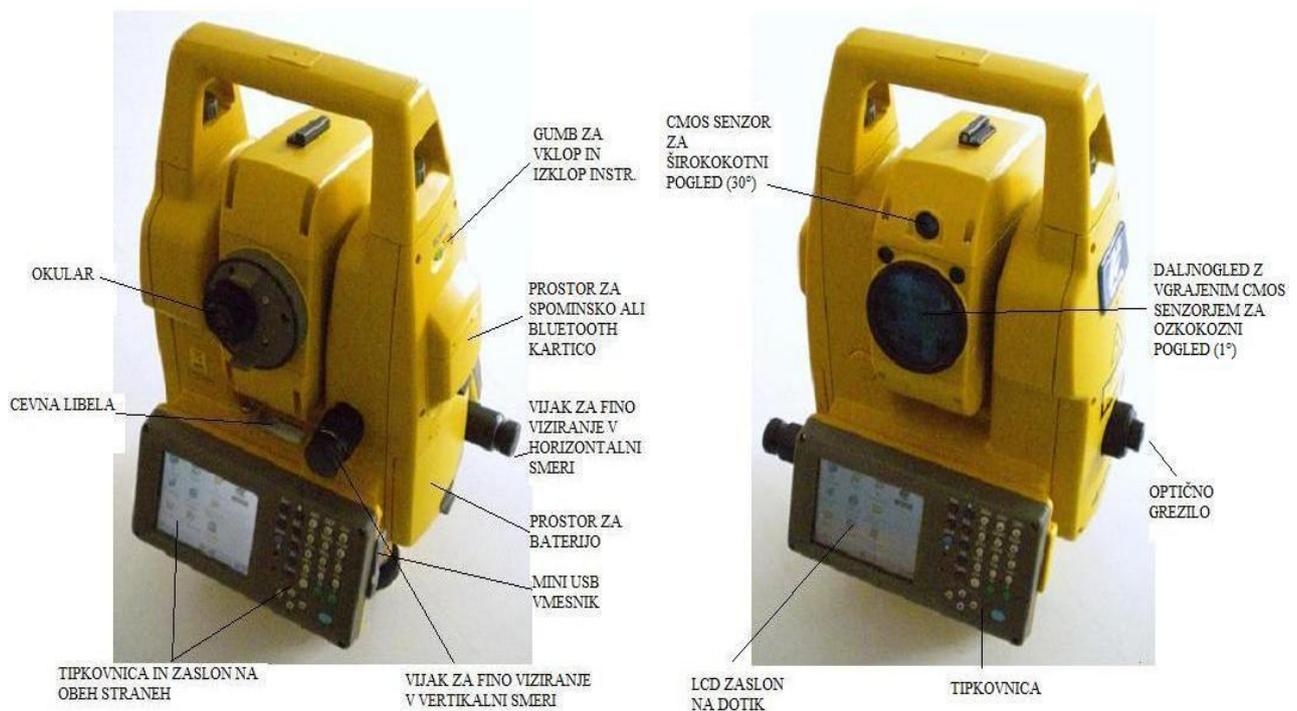
Topcon GPT 7003i je elektronski tahimeter iz serije tahimetrov GPT 7000i proizvajalca Topcon. V tej seriji so še tahimetri z oznakami 7001i, 7002i in 7005i. Zadnje številke nam povedo, da so tahimetri različnih natančnosti in sicer 1", 2", 3" in 5". Oznaka GPT (ang. geodetic pulse total station) nam pove, da ima serija vgrajen impulzni razdaljemer, ki nam omogoča merjenje razdalj brez reflektorja do 250 m. Črka i (image) pomeni, da ima ta serija vgrajen CMOS senzor, ki nam omogoča izdelavo slike.

Serija GPT 7000i ima dva sistema za merjenje razdalj. Pri prvem sistemu gre za impulzno lasersko tehnologijo s sistemom ozkega optičnega žarka. S tem sistemom lahko merimo razdalje do 250 m brez reflektorja. Ta sistem vsebuje laserski žarek razreda 1 (Class 1). To pomeni, da je laserski žarek varen in neškodljiv za zdravje operaterja instrumenta in mimoidočih, kar omogoča uporabo instrumenta v skladu z zahtevami na gradbiščih. Omogoča nam tudi natančno merjenje razdalj do različnih objektov, od katerih se žarek odbije. Pri drugem sistemu gre prav tako za impulzno tehnologijo z razliko, da je meritveni žarek širok in zelo stabilen. Omogoča nam izmero razdalje z uporabo reflektorja do 3 km. Dobra stabilnost žarka omogoča natančne meritve kljub temu, da vizura poteka tik ob objektu ali podobnih situacijah, ki lahko vplivajo na potovanje žarka in zmanjšajo natančnost meritev.

Za upravljanje z instrumentom imamo na voljo alfanumerično tipkovnico, ki nam omogoča hitro in enostavno uporabo. Poleg tipkovnice je 3.5 inčni TFT barvni zaslon, ki je občutljiv na dotik (ang. touch screen) in ga lahko uporabljamo poleg tipkovnice. Vidnost na LCD zaslonu je dobra v vseh vremenskih razmerah tako, da na terenu nimamo problemov ob močnem soncu, ki nam povzroči bleščanje. Ob uporabi instrumenta na praktičnem primeru je bila vidnost zaslona dobra. Tudi ob močnem soncu ni prišlo do bleščanja. V nekaterih primerih je bila slabo vidna slika, ki jo je izdelal senzor, vendar je bilo to zaradi razdalje do tarče in slabše kakovosti senzorja in ne zaslona. Tipkovnica in zaslon se nahajata na obeh straneh instrumenta, kar je vidno na sliki 1.

Serijski instrumenti GPT 7000i so opremljeni z operacijskim sistemom Windows CE.NET. Uporaba operacijskega sistema je enostavna, saj smo ga vajeni iz osebnih računalnikov. Sistem dopušča tudi nadgradnjo programske opreme. Da operacijski sistem deluje, imajo instrumenti vgrajen 400 MHz-ni mikroprocesor in 128 MB RAM-a. Podatki meritev se shranjujejo na 256 MB velik notranji pomnilnik. Za napajanje instrumentov pa skrbijo Li-Ion BT- 61Q baterije, ki nam omogočajo 5 ur neprekinjenih meritev kotov in dolžin. Baterije polnimo z univerzalnim polnilcem, ki nam omogoča hitro polnjenje baterij. Polnjenje baterije traja 4 ure, kar je hitreje od časa delovanja baterije. Tako imamo dodatno baterijo polno, predno se izprazni baterija v instrumentu.

Za prenos podatkov imamo na voljo razširitveno mesto, v katerega priključimo CF kartico (ang. Compact flash card), ki nam poveča pomnilnik. Lahko priključimo tudi Bluetooth kartico, ki nam omogoča brezžično povezavo z drugo napravo. Uporabimo lahko tudi mini USB vmesnik, s katerim se fizično povežemo z drugo napravo in tako prenesemo podatke z notranjega pomnilnika. Razširitveno mesto in mini USB vmesnik sta vidna na sliki 1.



Slika 1: Tahimeter Topcon GPT-7003i

## 2.1 TEHNIČNI PODATKI

Preglednica 1: Tehnični podatki o Topconu GPT 7003i (po proizvajalcu)

<b>Daljnogled</b>		
Dolžina		150 mm
Premer leč		45 mm
Povečava		30x
Min. žariščna razdalja		2 m
Zorno polje		1°30'
<b>Kamera</b>		
Št. piklsov		640x480 (VGA)
Senzor		CMOS
Digitalni zoom		0.25, 0.5, 1, 2
Min. žariščna razdalja		2 m
Zorni kot		1° ozkokoten pogled 30° širokokotni pogled
<b>Merski doseg razdaljemera</b>		
Z reflektorjem		3000 m
Brez reflektorja		250 m
<b>Merska natančnost</b>		
Dolžinska natančnost	Z reflektorjem	Do 25 m $\pm(3 \text{ mm} + 2 \text{ ppm} \times D(\text{km}))$ nad 25 m $\pm(2 \text{ mm} + 2 \text{ ppm} \times D(\text{km}))$
	Brez reflektorja	$\pm 5 \text{ mm}$
Kotna natančnost (DIN 18723)		3"
<b>Kompenzator</b>		
Tip		Dvoosni
Metoda		Tekočinski kompenzator
Natančnost		1"
Območje delovanja		$\pm 4'$
<b>Računalniška enota</b>		
Operacijski sistem		Microsoft Windows CE.NET 4.2
Procesor		Xscale PXA255, 400Mhz
Ram		128 MB
Spomin		256 MB

>>se nadaljuje...<<

>>...nadaljevanje<<

Zaslon	Obojestranski Barvni LCD, Občutljiv na dotik
<b>Baterija</b>	
Vrsta	Li-Ion BT- 61Q
Izhodna napetost	DC 7.4 V
Kapaciteta	4400 mAh
Št. baterij	2 kom
Čas delovanja	5 h – meritve kotov in dolžin
<b>Polnilec</b>	
Ime	BC – 30
Vhodna napetost	AC 100 - 200 voltov
Čas polnjenja	4 h
Delovna temperatura	Od 0° C do + 40° C
<b>Ostalo</b>	
Centriranje	Optično grezilo, 3x povečava
Odpornost	IP54, po standardu IEC 60529
Dimenzije	(v, š, d) 343 mm, 245 mm, 219 mm
Teža instrumenta z baterijo	6.5 kg
Teža kovčka	4.7 kg
Delovna temperatura	Od – 20° C do + 50° C

Med iskanjem literature o tehničnih podatkih o instrumentu sem naletel na različne podatke o instrumentu. Razlikovali so se podatki o računalniških enotah (procesor, spomin), baterijah (čas delovanja) in o merski natančnosti razdaljemera. Ta razlika podatkov je bila odvisna od trga, kjer se instrument prodaja. Podjetje Cleary Machinery (<http://www.clearymachinery.com>) navaja podatek, da ima instrument vgrajen 177 Mhz-ni mikroprocesor in 64 MB RAM-a. Ostali navajajo 400 Mhz-ni mikroprocesor in 126 MB RAM-a. Zastopnik za Slovenijo (<http://www.topcon.si>) in zastopnik za Hrvaško (<http://www.topcon.hr>) navajata čas delovanja baterije 7 ur za merjenje dolžin in kotov. Ostali navajajo čas delovanja 5 ur za merjenje kotov in dolžin ter 10 ur za merjenje kotov. Proizvajalec v navodilih za uporabo (Topcon, Instruction manual Imaging total station GPT-7000i, 2006) navaja čas delovanja baterije 3.5 ure za merjenje kotov in dolžin ter 6 ur za

merjenje kotov. Iz preglednice 2 je razvidno, da podatki o merski natančnosti razdaljemera niso navedeni skladno s standardom in so različni. Podatki o merski natančnosti razdaljemera bi morali biti prikazani v skladu s standardom. Natančnost elektronskih tahimetrov navajamo skladno s standardi ISO ali DIN. Merska natančnost razdaljemera se navaja z dvema parametroma  $\sigma_{(mm)}$  ;  $\sigma_{(ppm)}$ .

Preglednica 2: Različno navajanje merske natančnosti razdaljemera (povzeto po virih)

<b>Vir:</b>	<b>Z reflektorjem</b>	<b>Brez reflektorja</b>
<a href="http://www.topcon.hr">http://www.topcon.hr</a>	$\pm 2 \text{ mm} + 2 \text{ ppm}$	1.5 m – 25 m: $\pm 10 \text{ mm}$ 25 m – 250 m: $\pm 3 \text{ mm}$
<a href="http://www.topcon.si">http://www.topcon.si</a>	$\pm 2 \text{ mm} + 2 \text{ ppm}$	1.5 m – 25 m: $\pm 10 \text{ mm}$ 25 m – 250 m: $\pm 3 \text{ mm}$
<a href="http://www.gps-topcon.si">http://www.gps-topcon.si</a>	Do 25m: $\pm(3 \text{ mm} + 2 \text{ ppm} \times D(\text{km}))$ nad 25 m: $\pm(2 \text{ mm} + 2 \text{ ppm} \times D(\text{km}))$	1.5 m – 250 m: $\pm 5 \text{ mm}$
<a href="http://www.clearymachinery.com">http://www.clearymachinery.com</a>	$\pm(2\text{mm} + 2\text{ppm} \times D(\text{mm}))$	3 m – 25 m: $\pm 5 \text{ mm}$ > 25 m: $\pm(2\text{mm} + 2\text{ppm} \times D(\text{km}))$
<a href="http://www.topconpositioning.com">http://www.topconpositioning.com</a>	Do 25m: $\pm(3 \text{ mm} + 2 \text{ ppm} \times D(\text{km}))$ nad 25 m: $\pm(2 \text{ mm} + 2 \text{ ppm} \times D(\text{km}))$	3 m – 25 m: $\pm 5 \text{ mm}$ > 25 m: $\pm(2\text{mm} + 2\text{ppm} \times D(\text{km}))$
<a href="http://www.topconpositioning.com">http://www.topconpositioning.com</a> , podatki s prospekta	Do 25m: $\pm(3 \text{ mm} + 2 \text{ ppm} \times D(\text{km}))$ nad 25 m: $\pm(2 \text{ mm} + 2 \text{ ppm} \times D(\text{km}))$	1.5 m – 250 m: $\pm 5 \text{ mm}$
Topcon, Instruction manual Imaging total station GPT-7000i	Do 25m: $\pm(3 \text{ mm} + 2 \text{ ppm} \times D(\text{km}))$ nad 25 m: $\pm(2 \text{ mm} + 2 \text{ ppm} \times D(\text{km}))$	1.5 m – 250 m: $\pm 5 \text{ mm}$

## 2.2 KAMERA

Serija instrumentov GPT 7000i je prva serija geodetskih instrumentov, ki imajo vgrajeno digitalno kamero z namenom izdelave fotografije. Instrumenti imajo vgrajena 2 CMOS senzorja, ki omogočata dvojni pogled (ang. Dual-view). Pogled je lahko širokokotni ali ozkokotni. Pri širokokotnem pogledu je zorni kot senzorja  $30^\circ$  za zajem širšega območja in je senzor vgrajen nad daljnogled. Pri ozkokotnem pogledu je zorni kot  $1^\circ$  za zajem posamezne merjene točke in je senzor vgrajen v daljnogled. Za zapis slike imata oba senzorja na voljo 640x480 pikslov. Taka ločljivost slike je majhna in nam senzorja izdelata slike slabše

kakovosti. Kakovost slike ni primerljiva s kakovostjo slike, ki jo izdelata digitalni fotoaparati. Slika, ki jo izdelata senzor vgrajen v GSM telefon ima večjo ločljivost in je boljše kakovosti.

Senzorja izdelata slike, ki jih med izmero vidimo na zaslonu. Tako lahko izvedemo viziranje brez pogleda skozi daljnogled. Na terenu si lahko z živo sliko na zaslonu pomagamo pri detajlni izmeri ali zakoličevanju. Pri detajlni izmeri lahko izdelamo sliko za celotno območje in za vsako posamezno točko. Tako lahko v pisarni kadarkoli ponovno pogledamo, kje točno je točko posneta in kam smo jo vizirali. Slike lahko kasneje tudi priložimo h geodetskemu načrtu za lažjo interpretacijo, saj ima naročnik poleg načrta še slike s terena. Na posameznem delovišču lahko operater natančno naloži topografske, katastrske ali zakoličbene podatke na izdelano fotografijo. Tako na vsakem delovišču zagotovi grafično kontrolo vseh posnetih ali zakoličenih točk. Pred zakoličbo posamezne točke lahko preveri, kako natančno jo bo zakoličil. Predeno zapusti delovišče, lahko vizualno preveri, ali so vse točke posnete ali zakoličene.

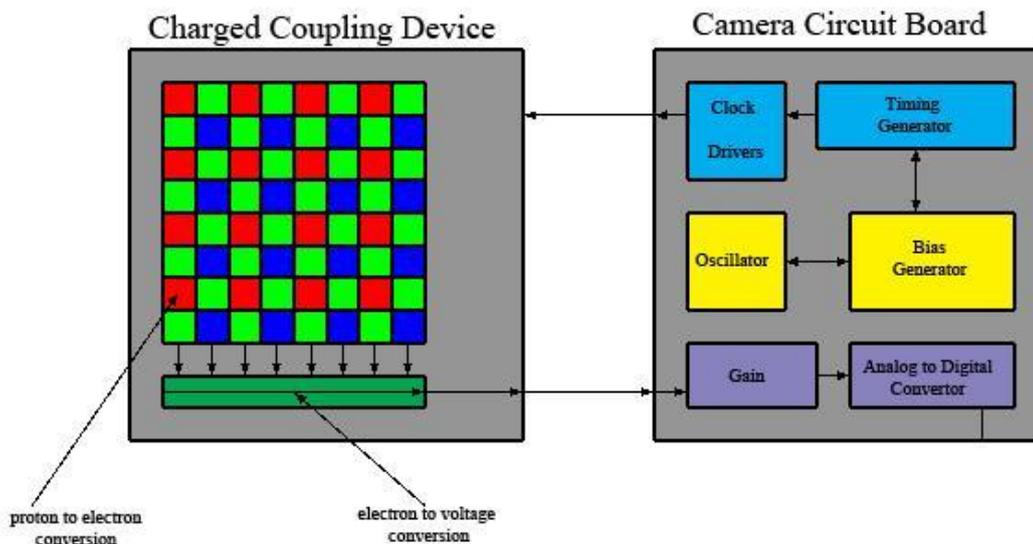
Kot sem že navedel je to prva serija instrumentov z digitalno kamero, saj ima vgrajen senzor z namenom izdelave fotografije. Niso pa prvi instrumenti z vgrajenim senzorjem. V sodobne geodetske elektronske instrumente so že bili vgrajeni CCD in CMOS senzorji. V elektronske tahimetre jih vgrajujejo z namenom avtomatskega viziranja. V digitalne nivelirje so senzorji vgrajeni z namenom pretvorbe slike naviziranega dela late v video signal, ki se digitalizira in nadalje obdelata. Senzorji so vgrajeni tudi v komparatorje z namenom kontrole dimenzij črtne razdelbe lat. Uporabni so tudi v fotogrametriji, saj so del kvalitetnih kamer za aero-foto izmero in del skenerjev za skeniranje aero posnetkov (Žgajnar, 2000).

Pri navajanju podatkov o kameri, vgrajeni v instrument, je bil predvsem problem v interpretaciji podatkov. Nekateri prospekti so govorili o CCD kameri z dvojnimi pogledom, spet drugi o dveh CCD kamerah. Dejstvo pa je, da ima instrument vgrajena dva CMOS senzorja, ki se po principu delovanja malenkostno razlikujeta od CCD senzorja, ki sta po prospektih navedena kot sestavni del kamere.

Za zajemanje podatkov o prostoru uporabljamo svetlobno občutljiva tipala (senzorje), na katerih se zabeleži slika. Senzor je polprevodniški mikročip, sestavljen iz svetlobno

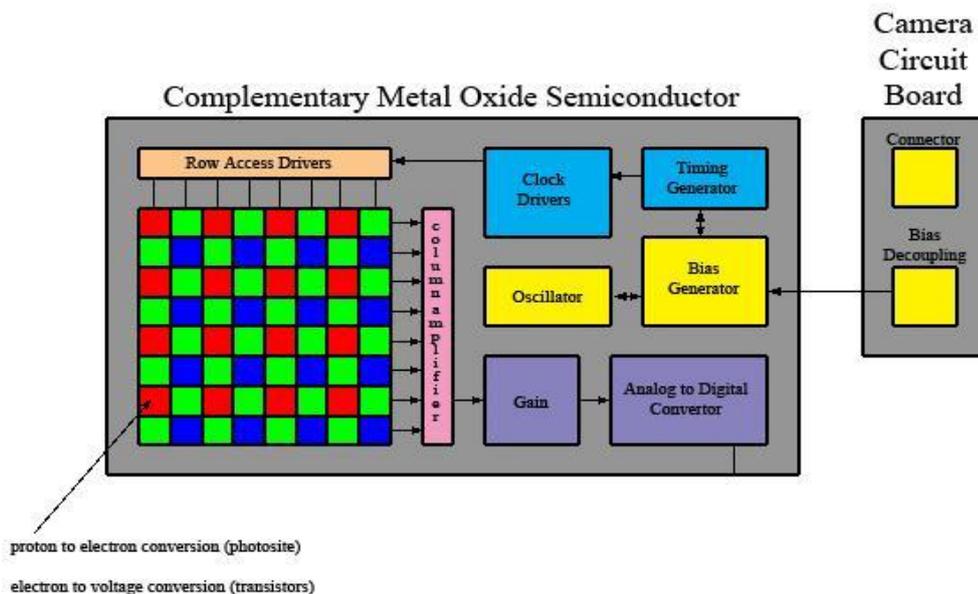
občutljivih fotodiod, ki svetlobo pretvorijo v električni tok. Uporabljata se dve osnovni tehnologiji:

- CCD (ang. Charge Coupled Device)
- CMOS (ang. Complementary Metal-Oxide Semiconductor)



Slika 2: Skica delovanja CCD senzorja

(<http://www.sensorcleaning.com/whatisasensor.php>)



Slika 3: Skica delovanja CMOS senzorja

(<http://www.sensorcleaning.com/whatisasensor.php>)

CCD so izumili leta 1969 v Bellovih laboratorijih. Prvotno je bil to nov tip računalniškega spomina, vendar so kmalu ugotovili uporabnost za zapis slik. CMOS so izumili v približno istem času. Do današnjih dni je CCD ostal dominantni senzor za visokoresolucijske slike. Uporaba CMOS senzorjev je dolgo bila v cenenih napravah. Dandanes se uporabljajo tudi v profesionalnih fotoaparatih.

Osnovni princip registracije svetlobe v senzorjih je padanje valovanja svetlobe na silikonski substrat. S tem se sprostijo elektroni, katerih število je odvisno od valovne dolžine in jakosti svetlobe. Zbirajo se v shrambi potenciala, dokler traja osvetlitev. Do tu je postopek enak za CCD in CMOS senzorje, v nadaljevanju pride do razlik. Razlika med senzorjema je v tem, kako pridemo do digitalne vrednosti. Pri tehnologiji CCD senzorjev se električni naboj iz fotodiode preko prenosne mreže in pomičnih registrov prenese na izhodni ojačevalnik. Ločimo vrstične in ploskovne senzorje. Pri CMOS tehnologiji poznamo pasivni in aktivni senzor. Pasivni senzor vsebuje foto senzibilni element in preklopni tranzistor v vsakem pikslu. Tranzistor ima nalogo prenašanja nabojev v ojačevalnik, ki je na vrhu vsakega stolpca. Tako imamo dostop do vsakega piksla. Pri aktivnem senzorju pa je ojačevalec dodan vsakemu pikslu (Kosmatin Fras, 2007).

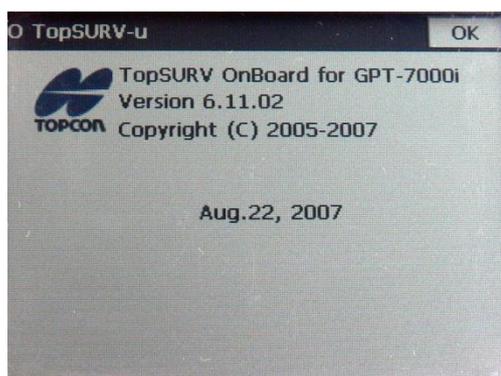
Preglednica 3: Primerjava CCD in CMOS senzorjev

Senzor	CCD	CMOS
Temni tok	2-10 pA/cm <sup>2</sup>	50-200 pA/cm <sup>2</sup> aktivni s. 1000 pA/cm <sup>2</sup> pasivni s.
Zapolnjenost	100 %	30% standardni senzor
Količin. učinkovitost	50 % povprečni s. Do 90 % boljši s.	50 %
Možnost dostopa	Do izhodnega ojačevalnika	Do posameznega piksla
Poraba energije	Do 10 x večja od CMOS	Majhna
Število čipov	Več (običajno 4)	Eden
Cena		Do 5 x cenejši

### 3 PROGRAMSKA OPREMA

#### 3.1 TOPSURV

Topsurv je programska oprema proizvajalca Topcon. Nameščena je na tahimetru GPT 7003i, lahko pa jo namestimo tudi na ostale instrumente proizvajalca Topcon, katerih osnova je Windows CE operacijski sistem. S pomočjo programske opreme izvajamo geodetske meritve. Program je enostaven za uporabo in olajša meritve s funkcijami, ki jih vsebuje. Na instrumentu Topcon GPT-7003i je naložena različica Topsurv 6.11.02 (slika 4).



Slika 4: Podatki o programski opremi  
Topsurv



Slika 5: Namizje instrumenta

Ko prižgemo instrument, se nam na zaslonu prikaže namizje (slika 5), kot ga poznamo z osebnih računalnikov. Na namizju so razporejene ikone, ki predstavljajo bližnjice. Med bližnjicami izberemo bližnjico do programa Topsurv in zaženemo program. Ob zagonu programa se odpre zadnje shranjeno delovišče. Na sliki 6 in sliki 7 vidimo različno nastavljene začetne strani programa. Na vrhu je zapisano ime odprtega delovišča. V desnem zgornjem kotu je ikona, ki ponazarja, koliko baterije je na voljo. Poleg nje se izriše ikona z znakom  $\alpha$ , ki ponazarja, da so na tipkovnici vključene črke. Orodna vrstica je lahko ponazorjena z grafičnimi ikonami ali opisnimi zavihki, ki predstavljajo menije programa. Pogled spreminjamo v *delo/konfig/meni-prikaz* (slika 10). Na zaslonu je lahko prikazana

slika, ki jo izdelata senzor ali skica, ki smo jo izrisali med meritvami. Ob desnem robu je druga orodna vrstica, ki nam omogoča delo s sliko ali skico in je različna za sliko ali skico. Med sliko ali skico preklapljam v meniju *prikaz* (lupa), s preklapljanjem med *omogoči* ali *slika*. V meniju *prikaz* (slika 8) so na voljo tudi funkcije, ki jih omogoča orodna vrstica ob desnem robu, katero lahko tudi izključimo.



Slika 6: Začetna stran programa  
(grafične ikone, karta)



Slika 7: Začetna stran programa  
(opisni zavihki, slika)



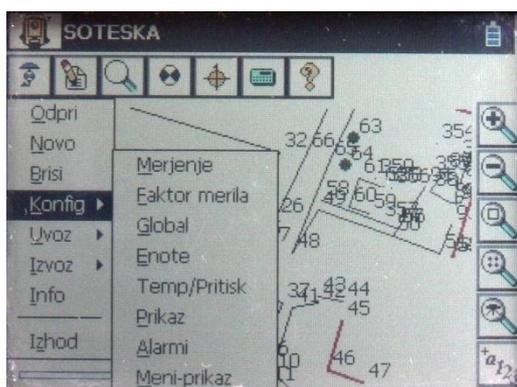
Slika 8: Funkcije v meniju *prikaz*  
(lupa)



Slika 9: Funkcije v meniju *delo*  
(dežnik)

Na sliki 9 vidimo funkcije, ki se nahajajo v meniju *delo* (dežnik). V meniju *delo* so na voljo funkcije, s katerimi lahko odpremo drugo delovišče (*odpri*), ustvarimo novo delovišče (*novo*) ali brišemo že narejeno delovišče (*briši*). Podmeni *konfig* nam omogoča spreminjanje nastavitvev za posamezno delo. Tu lahko spreminjamo: merjenje, faktor merila, global, enote, temperaturo, tlak itd. (slika 10). S funkcijami *uvoz* in *izvoz*, uvažamo podatke v delovišče ali

jih izvažamo iz delovišča. Podatke lahko uvažamo iz drugega delovišča, iz druge naprave ali datoteke, shranjene nekje v spominu našega instrumenta. Enake možnosti imamo pri izvozu podatkov. Pri uvažanju in izvažanju podatkov izbiramo med vrsto podatka (točke linije, slike, kode, ...) in formatom zapisa (.txt, .dxf, .dwg, .xml, .fc5, .tsv, ...). S funkcijo *info* pogledamo informacije o odprtem delovišču (ime, datum, opombe, št. točk, velikost, ...). Po končanih meritvah zapustimo delovišče s funkcijo *izhod*.



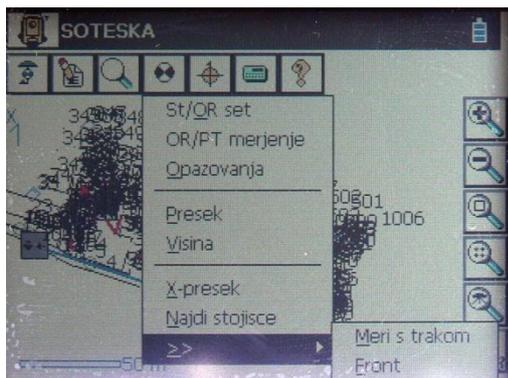
Slika 10: Podmeni *konfig*, ki omogoča spreminjanje nastavitvev



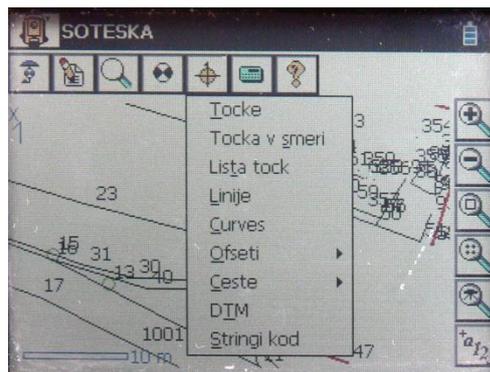
Slika 11: Funkcije v meniju *uredi* (list papirja in svinčnik)

V meniju *uredi* (list papirja in svinčnik) lahko urejamo delovišče. Urejamo lahko: točke, kode, liste točk, sloje, linije, merjene podatke itd. (slika 11). Ko urejamo, imamo opravka z našimi meritvami ali z uvoženimi podatki. Točke urejamo tako, da jim spreminjamo attribute, jih brišemo ali dodajamo nove točke. Spreminjamo jim attribute kot so: ime, koordinate, koda, sloj itd. V primeru, ko točko, ki smo jo pridobili z meritvijo, brišemo, se briše samo točka, merjeni podatki kot so Hz kot, V kot, poševna dolžina, višina reflektorja pa ostanejo. Te merjene podatke lahko prav tako urejamo. Pri urejanju merjenih podatkov lahko urejamo: ime, kodo, povezavo ter višino prizme. Ne moremo pa spreminjati merjenih podatkov pridobljenih z instrumentom Hz kot, V kot in poševno dolžino. Po spremembi merjenih podatkov je možen ponoven preračun tahimetrije. Z urejanjem kod, slojev in linij vplivamo na izris skice, katero lahko izrisujemo med meritvijo, na zaslonu instrumenta. Kode, sloje in linije lahko spreminjamo, dodajamo, brišemo. Kode lahko v novo delovišče tudi uvozimo z drugega delovišča, kjer so že določene in jih ni potrebno ponovno določevati.

Za opravljanje meritev imamo funkcije, ki so na voljo v meniju *survey* (tarča) in so vidne na sliki 12. Ko začnemo z meritvijo je potrebno nastaviti stojišče in orientacijo. To storimo s funkcijo *St/OR set*. Stojišče in orientacijo lahko nastavimo, ko imamo poznane koordinate stojišča in orientacije ter vnesene v instrument. V primeru, ko ne poznamo koordinat stojišča, poznamo pa koordinate orientacijskih točk, nam *Topsurv* omogoča izvedbo prostega stojišča. To izvedemo s funkcijo *presek*. Po nastavljeni orientaciji lahko začnemo z meritvami. V primeru izmeritvene mreže, ko opravljamo meritve v obeh krožnih legah, izvajamo meritve s funkcijo *OR/PT merjenje*, ki nam omogoča merjenje v obeh krožnih legah. Za izvedbo detajlne izmere imamo na voljo funkcijo *opazovanja*, s pomočjo katere izvajamo detajlno izmero. V meniju *survey* so na voljo še druge funkcije kot so: *višina*, *X-presek*, *najdi stojišče*, *meri s trakom*, *in front*. Izmera detajla in prostega stojišča s programsko opremo *Topsurv* je podrobneje predstavljena na praktičnem primeru v poglavju 6.



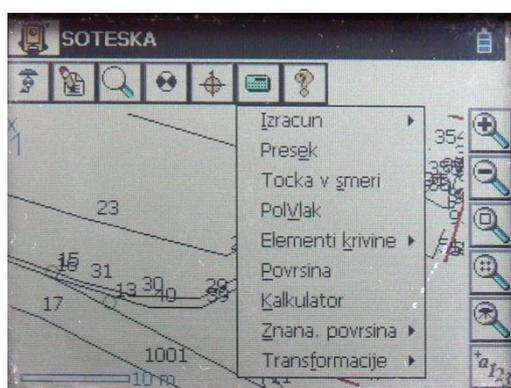
Slika 12: Funkcije v meniju *survey*  
(tarča)



Slika 13: Funkcije v meniju *zakoliči*  
(krog in križ)

Ko imamo nastavljeno orientacijo, lahko začnemo tudi z zakoličbo. Pri zakoličevanju lahko vključimo lučke, ki utripajo in podajajo informacijo figurantu, v kateri smeri je točka. Pri zakoličevanju nam programska oprema nudi mnogo možnosti, ki nam olajšajo zakoličbo. Tako imamo v meniju *zakoliči* (krog in križ) veliko funkcij, ki jih uporabljamo odvisno od namena zakoličbe. Za zakoličevanje (točke, liste točk, linije, odmika, ceste, krivine...) obstajajo funkcije, ki nam olajšajo zakoličevanje posameznega objekta in so vidne na sliki 13. Tudi pri zakoličbi si lahko pomagamo s sliko na zaslonu.

Program vsebuje tudi pripomočke za različne izračune. Pripomočki se nahajajo v meniju *izračuni* (kalkulator), ki so vidni na sliki 14. V tem meniju najdemo funkcijo za izračun odnosov med točkami, kot so odnos med točkama, odnos točke do linije ter odnos točke do seznama točk. S ostalimi funkcijami v meniju *izračuni* lahko izračunamo še: presek premic, točko v smeri, poligonski vlak, površino, elemente krivulje. Izvajamo lahko tudi transformacije kot so: rotacija, translacija, 2D transformacija in sprememba merila (slika 15). Uporaba pripomočkov je enostavna, saj nas prikazana okna vodijo skozi postopek. Skozi postopek pa imamo na voljo tudi skico, s katero si vizualno pogledamo, kar računamo. Novejše različice programa omogočajo tudi izravnavo nadštevilnih opazovanj.



Slika 14: Funkcije v meniju *izračuni* (kalkulator)



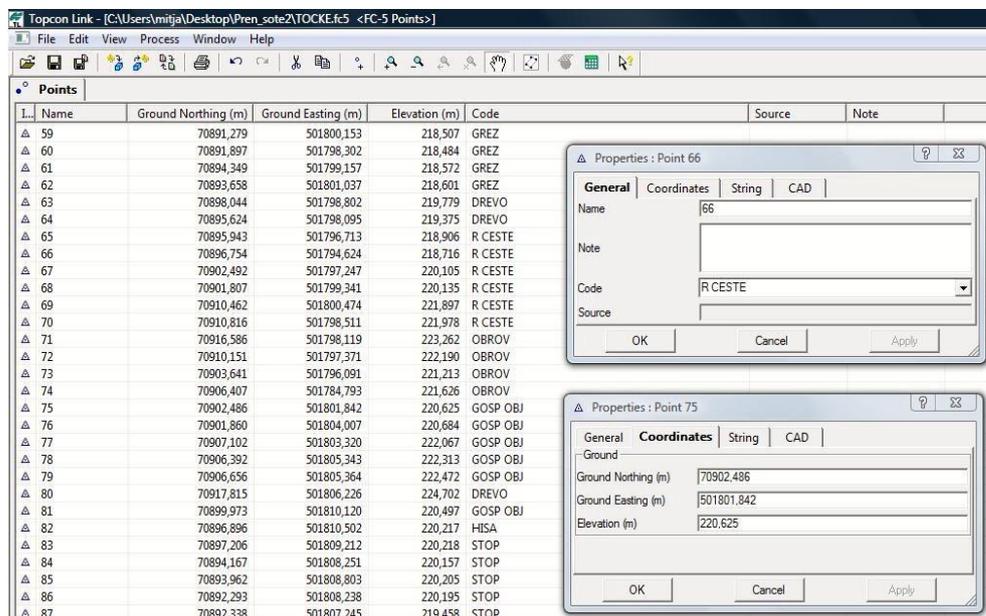
Slika 15: Vrste transformacij v meniju *izračuni*

### 3.2 TOPCON LINK

Topcon Link je programska oprema proizvajalca Topcon. Namestimo jo na osebni računalnik za uvažanje, izvažanje ter obdelavo podatkov. Programska oprema je uporabna za vse proizvode podjetja Topcon. Tako lahko podatke prenašamo z naprave ali na napravo kot so elektronski tahimetri, digitalni nivelirji, GPS sprejemniki, pomnilniška kartica...

Programsko opremo je potrebno naložiti na računalnik. Ta postopek je preprost, saj vstavimo CD, ki smo ga dobili ob nakupu instrumenta. Zaženemo ikono za namestitev in sledimo ukazom za namestitev. Za prenos podatkov z instrumenta GPT-7003i je potrebno namestiti še

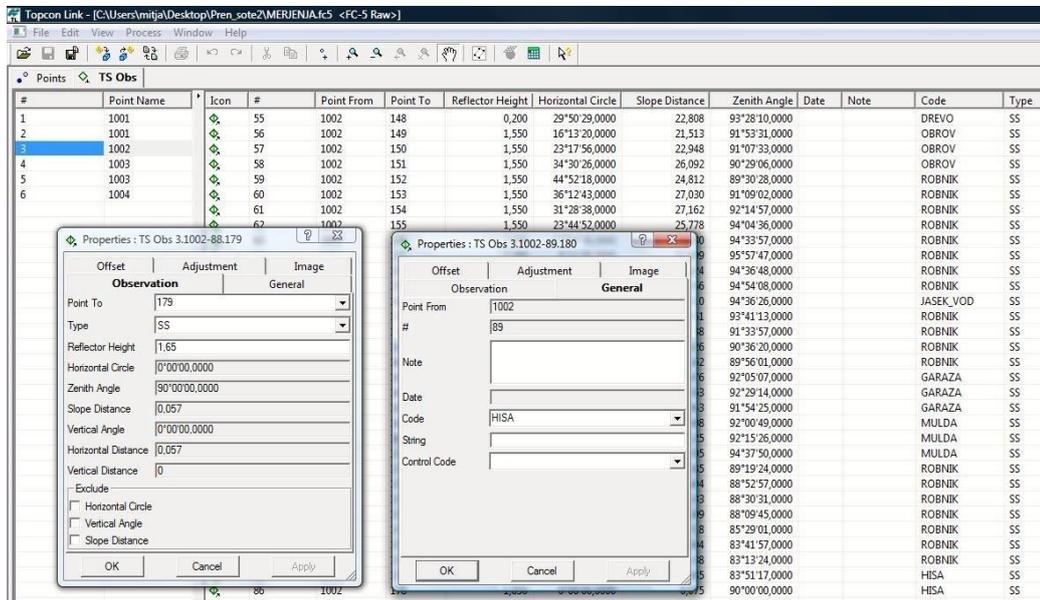
programsko opremo za povezavo med računalnikom in instrumentom. V primeru, če imamo na računalniku Windows XP ali starejši operacijski sistem, je potrebno namestiti ActiveSync programsko opremo. Če pa imamo naložen operacijski sistem Windows Visto ali Windows 7 se ta programska oprema imenuje Windows Mobile Device Center. Po namestitvi ustrezne programske opreme priključimo instrument na računalnik in ustvari se povezava. Potem zažene Topcon Link in prenašamo podatke, ki smo jih izvozili v datoteke ali pa prenesemo celotno delovišče. Podatke lahko prenašamo tudi z Windows Explorerjem, saj ko je ustvarjena povezava, lahko preprosto brskamo po instrumentu.



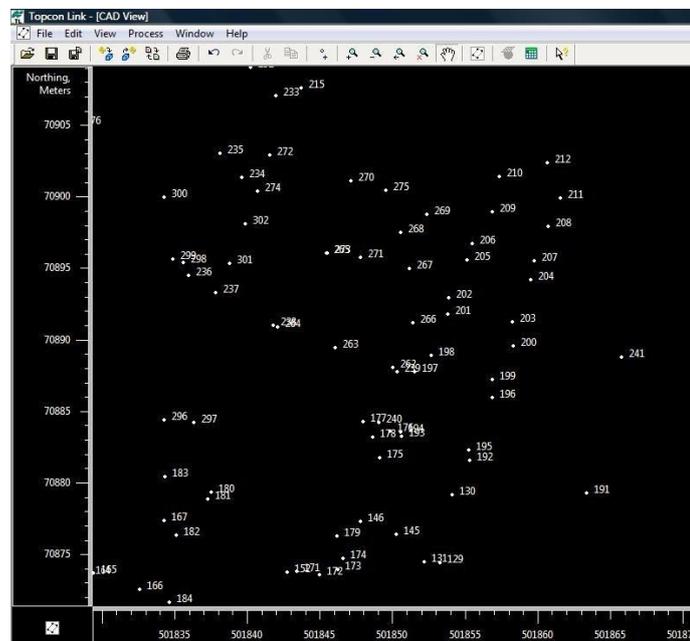
Slika 16: Urejanje točk s programom Topcon Link

Podatke, ki smo jih prenesli, lahko sedaj s pomočjo Topcon Linka urejamo. Urejamo lahko točke ali merske podatke. Točki lahko spreminjamo ime, kodo, povezavo (*string*) in koordinate (slika 16). Točke lahko tudi brišemo in dodajamo. Merskim podatkom lahko spreminjamo ime točke, tip merjenja, višino reflektorja, kodo, povezavo in opombo, ne moremo pa spreminjati merskih vrednosti (slika 17). Merske podatke lahko brišemo, ne moremo pa jih dodajati. Ko z instrumenta prenesemo samo surove merjene podatke, nam program omogoča izračun koordinat točk. V primeru nadštevilnih opazovanj, lahko podatke

izravnano z različnimi metodami izravnave. Program nam poleg tabelarnega prikaza podatkov omogoča tudi grafični prikaz podatkov (*CAD view* – slika 18).



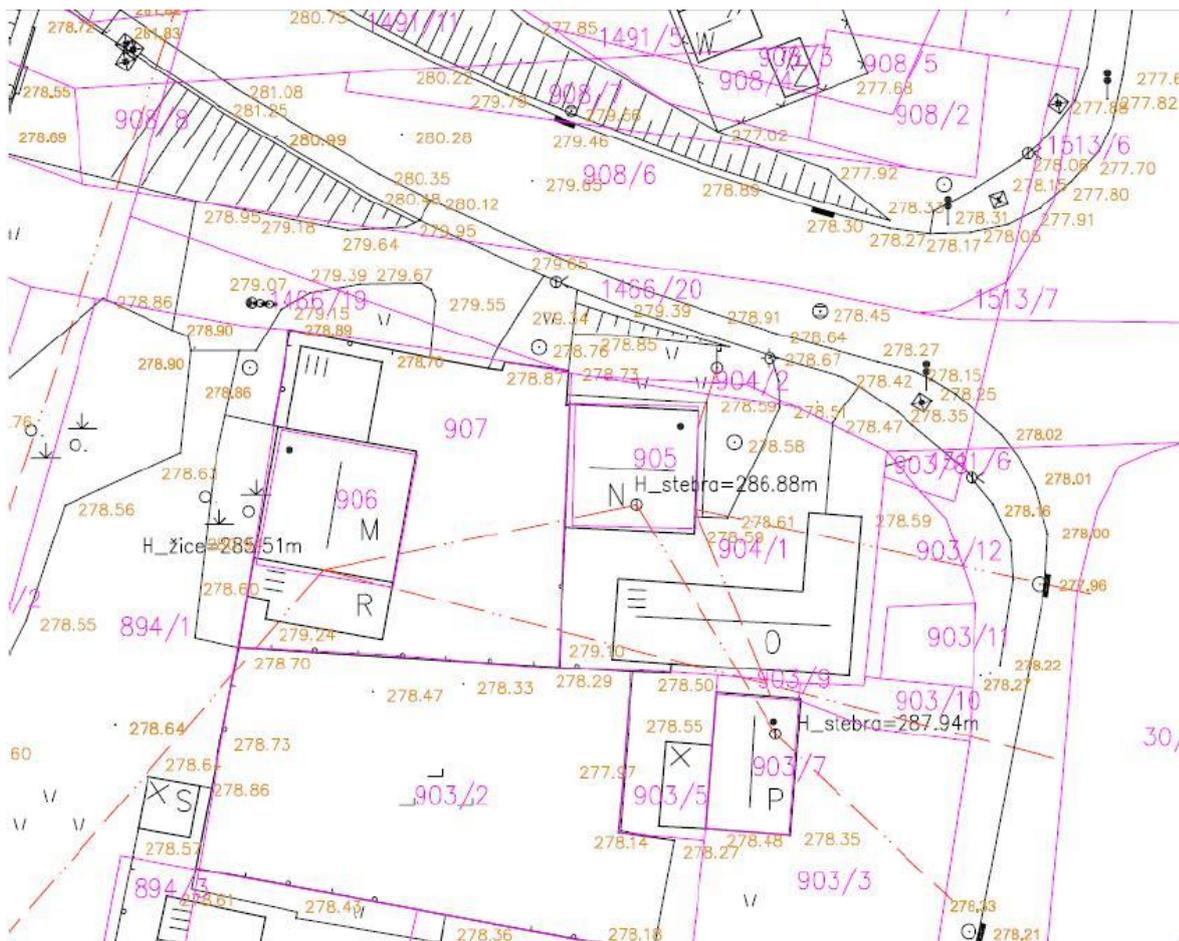
Slika 17: Urejanje merskih podatkov s programom Topcon Link



Slika 18: Grafični prikaz točk (*CAD view*)

## 4 GEODETSKI NAČRT

Po pravilniku o geodetskem načrtu je geodetski načrt prikaz fizičnih struktur in pojavov na zemeljskem površju, nad in pod njim v pomanjšanem merilu po kartografskih pravilih (Uradni list RS, št. 40/2004). Vrsta, vsebina in merilo geodetskega načrta so odvisni od namena uporabe. V nadaljevanju sledi opis o vrstah, vsebini in sestavinah geodetskih načrtov ter opis pravilnika o geodetskem načrtu, ki določa, kakšne geodetske načrte poznamo in kaj je njihova vsebina. Pravilnik tudi določa pravila o izdelavi in uporabi geodetskih načrtov. Za prikaz vsebine geodetskega načrta se uporabljajo znaki, kateri so določeni v topografskem ključu. S pravilnikom je določena obvezna uporaba topografskega ključa.

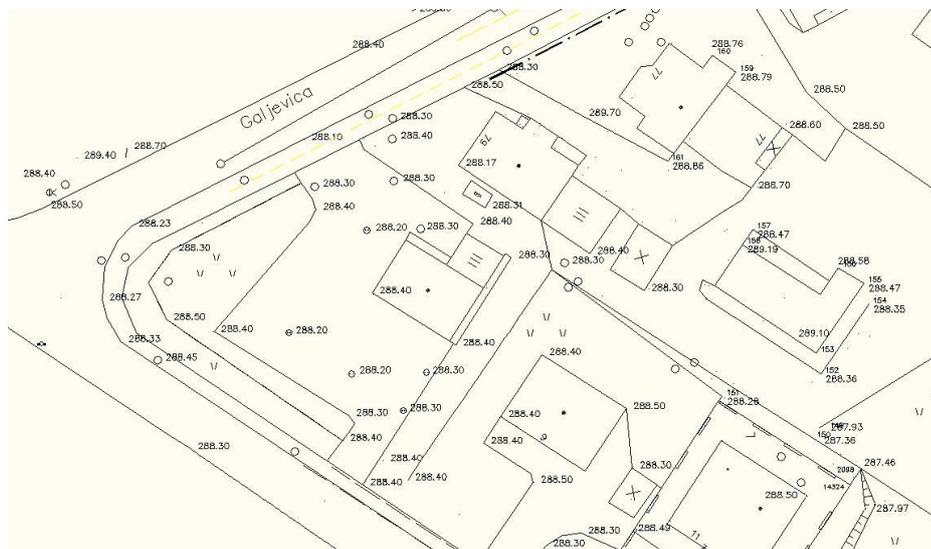


Slika 19: Primer geodetskega načrta (izsek) (Hašaj, 2008)

Geodetski načrti so izdelani v večjih merilih. Najbolj pogosto uporabljena merila so merila od 1:5000 do 1:500. Načrte manjših meril imenujemo karte, ki se od geodetskih načrtov poleg merila razlikujejo tudi po generalizaciji, katera je potrebna pri izdelavi kart (Drgan, 2005).

#### 4.1 VRSTE GEODETSKIH NAČRTOV

V preteklosti je stroka poznala splošni ali topografski načrt. Topografski načrt je bil prikaz fizičnih struktur in pojavov na zemeljskem površju. Topografske načrte so izdelovali s topografijo, ki je pomenila predstavitev zemeljskega površja na podlagi topografskega snemanja. Poznali so tudi tematske načrte, ki so poleg nekaj elementov topografskega načrta prikazovali elemente značilne za posamezen načrt. Ti načrti so bili: katastrski, rudniški, vojaški, gozdarski itd. (Podpečan, 1961).



Slika 20: Grafični prikaz s topografsko vsebino (Goršič in sod, 2006)

Sedaj uporabljamo izraz geodetski načrt. Topografski in katastrski načrt skupaj predstavljata vsebino geodetskega načrta. Tako geodetski načrt vsebuje podatke o parcelah, ki jih topografski načrt ne vsebuje. Geodetski načrt se nadalje deli glede na namen uporabe. Tako poznamo geodetske načrte, ki se izdelajo za:

- pripravo projektne dokumentacije za graditev objekta,
- prikaz novega stanja zemljišča,
- pripravo lokacijskega načrta,
- ostale namene.



Slika 21: Grafični prikaz s topografsko in zemljiškokatastrsko vsebino (Goršič in sod, 2006)

## 4.2 SESTAVINE GEODETSKEGA NAČRTA

Sestavini geodetskega načrta sta:

- grafični prikaz in
- certifikat geodetskega načrta.

Grafični prikaz je lahko izdelan v digitalni ali analogni obliki. Vsebina grafičnega prikaza je opisana v naslednjem poglavju. Z grafičnim prikazom v digitalni obliki ni težav saj naročniku pošljemo datoteko, ki vsebuje grafični prikaz. Pri grafičnem prikazu v analogni obliki, ko načrt izrišemo na fizični nosilec, moramo upoštevati navodila za izris na fizičnem nosilcu, ki

so zapisana v topografskem ključu. Pri fizičnem nosilcu smo omejeni s formatom. Kadar območje načrta presega velikost formata, ki nam je na voljo, moramo načrt razdeliti na več listov.

[firma geodetskega podjetja]

**CERTIFIKAT GEODETSKEGA NAČRTA**

1. **Naročnik geodetskega načrta:** .....  
(ime in priimek fizične osebe oz. firma družbe)

2. **Odgovorni geodet:** .....  
(ime in priimek odgovornega geodeta, identifikacijska številka odgovornega geodeta)

**potrjujem,**

**da je geodetski načrt št.** .....  
(številka geodetskega načrta)

izdelan skladno s predpisi in z namenom uporabe, opredeljenim v točki 3. tega certifikata.

3. **Namen uporabe geodetskega načrta:** *(ustrezno označi)*

- za pripravo projektne dokumentacije za graditev objekta
- za pripravo lokacijskega načrta
- geodetski načrt novega stanja zemljišča
- drug namen \_\_\_\_\_

5. **Pogoji za uporabo geodetskega načrta:**

.....

.....  
(kraj, datum)

.....  
(osebni žig in podpis odgovornega geodeta)

.....  
(žig geodetskega podjetja, podpis odgovorne osebe)

4. **Podatki o vsebini geodetskega načrta:**

Podatki	Vir podatkov	Institucija	Datum	Natančnost
(navedba posameznega podatka, skupine podatkov ali celotne vsebine)	(geodetska izmera oziroma ime zbirke ali prostorskih podatkov, iz katere so podatki prevzeti)	(naziv geodetskega podjetja, ki je izvedlo geodetsko izmero oziroma naziv ugodnega zbirke geodetskih ali prostorskih podatkov, iz katere so podatki prevzeti)	(datum geodetske izmere oziroma izdaje podatkov iz zbirke geodetskih ali prostorskih podatkov)	(opis natančnosti podatka, skupine podatkov ali celotne vsebine)
.....				
.....				

Slika 22: Certifikat geodetskega načrta (<http://www.izs.si>)

Certifikat geodetskega načrta je obrazec, ki ga izpolni odgovorni geodet. Obrazec je priloga k pravilniku o geodetskem načrtu. Vsebina certifikata so podatki o naročniku, izvajalcu, natančnosti, viru in času zajema podatkov ter o pogojih uporabe geodetskega načrta. V certifikat se tudi navede posebnosti, povezane z načrtom. Primer: če se kot topografska osnova za izris uporabi ortofoto, je potrebno navesti, da se položajna natančnost nanaša na vsebino in ne na ortofoto, če je načrt izdelan v lokalnem koordinatnem sistemu. Certifikat podpiše odgovorni geodet in s tem jamči za skladnost geodetskega načrta s predpisi. Geodetski načrt se lahko uporablja samo za namen, za katerega je bil izdelan in ki je naveden na certifikatu.

### **4.3 VSEBINA GEODETSKEGA NAČRTA**

Vsebino geodetskega načrta določa pravilnik o geodetskem načrtu. Pravilnik določa, kaj lahko grafični prikaz načrta vsebuje. O eksaktni vsebini posameznega geodetskega načrta odločata naročnik in geodet, ki bo načrt izdelal. Naročnik pove, kakšen bo namen uporabe geodetskega načrta ter, če ima kakšne posebne zahteve glede vsebine. Geodet upoštevajoč naročnikove potrebe izdelava geodetski načrt z obvezno vsebino, ki bo ustrezala namenu uporabe načrta. Prav tako doda vsebino, ki jo je naročnik zahteval.

Vsebino geodetskega načrta predstavljajo topografski podatki. Topografski podatki so podatki, ki se nahajajo na zemljišču in so z njim povezani. Topografske podatke sestavljajo topografski elementi, ki jih delimo v dve skupini:

#### **1. Naravni elementi**

Naravni elementi so pojavi v naravi in niso nastali pod vplivom človeka. Sestavljajo jih:

- relief,
- vodovje,
- rastlinstvo.

Relief je oblikovitost zemljišča in ga sestavljajo vzpetine, doline, ravnine itd. Vodovje je skupni pojem za vse naravne elemente, ki so povezani z vodo. To so morja, jezera, reke, potoki, izviri itd. K rastlinju prištevamo vegetacijo, vrsto tal ter skalovja in ledenike.

## 2. Antropogeni elementi

Antropogeni elementi so pojavi v naravi in so nastali pod vplivom človeka. Sestavljajo jih:

- naselja,
- komunikacije.

Naselja so sestavljena iz različnih elementov, ki jih nadalje delimo na stanovanjske objekte, gospodarske objekte, socialno kulturne objekte. Komunikacije so elementi, ki omogočajo gibanje med kraji ter prenos energije in podatkov.

Ostala vsebina na geodetskem načrtu so podatki, ki jih ne dobimo na terenu. Pridobimo jih iz raznih registrov in evidenc. To so podatki o zemljepisnih imenih, zemljiških parcelah, administrativnih mejah. Podatki o zemljiških parcelah so podatki o mejah, številkah ter vrsti rabe zemljiških parcel. Za lažjo interpretacijo načrta narišemo tudi legendo, ki nam pomaga pri branju načrta. V legendi prikažemo topografske znake, uporabljene v načrtu. Prikažemo tudi, kaj pomeni kakšna črta, saj lahko načrt izdelamo tudi barvno.

Geodetski načrt izdelan v analogni obliki vsebuje še dodatne elemente kot so:

- koordinatna mreža in
- izvenokvirna vsebina.

Geodetski načrt mora vsebovati koordinatno mrežo, ki jo določa okvir in križi. Na okvirju so prikazane koordinate državnega koordinatnega sistema. Načrt je lahko izdelan tudi v lokalnem koordinatnem načrtu. V tem primeru so prikazane lokalne koordinate. Koordinate in križi so prikazani vsakih 10 cm ali manj, ne glede na merilo načrta. Izvenokvirna vsebina je prikazana zunaj okvirja, izjemoma je lahko tudi znotraj, vendar ne sme vplivati na popolnost prikaza vsebine. Izvenokvirna vsebina je glava s podatki o geodetskem načrtu in vsebuje sledeče podatke: ime in žig podjetja, naročnika, namen, št. geodetskega načrta, merilo, katastrsko občino, datum, ime geodeta, ki je izdelal načrt, ime in žig odgovornega geodeta.

#### **4.4 PRAVILNIK O GEODETSKEM NAČRTU**

Za izvajanje Zakona o urejanju prostora (Uradni list RS, št. 110/2002, 8/2003 popr.) in Zakona o graditvi objektov (Uradni list RS, št. 110/2002) je bil dne 6. aprila 2004 objavljen Pravilnik o geodetskem načrtu (Uradni list RS, št. 40/2004). Pravilnik določa vsebino, sestavine, izdelavo in uporabo geodetskega načrta. S pravilnikom je tudi določena podrobnejša vsebina geodetskega načrta za pripravo projektne dokumentacije za graditev objekta, geodetskega načrta novega stanja zemljišča in geodetskega načrta za pripravo državnega in občinskega lokacijskega načrta. Z dnem uveljavitve pravilnika, ki je petnajst dni po objavi pravilnika, preneha veljati pravilnik o vsebini geodetskih podlag za pripravo prostorskih izvedbenih aktov in pravilnik o znakih za temeljne topografske načrte.

#### **4.5 TOPOGRAFSKI KLJUČ**

Topografski ključ je določen na podlagi Pravilnika o geodetskem načrtu (Uradni list RS, št. 40/2004) in nadomešča Pravilnik o znakih za temeljne topografske znake. Topografski ključ je izdelan v tiskani in digitalni različici. Tiskana različica je v obliki knjižice, katere naslovnica je vidna na sliki 23, vsebina pa je predstavljena v nadaljevanju poglavja. Digitalna različica pa vsebuje poleg vsebine v knjižici tudi primere tipičnih geodetskih načrtov. Uporaba topografskega ključa je namenjena za izdelavo geodetskih načrtov merila 1:5000 in večjih meril. Uvedba Pravilnika o geodetskem načrtu in z njim topografskega ključa je bila nujna, saj se je spremenil način izdelave geodetskih načrtov in tako prejšnja določila niso več ustrezala. Načrti se ne izdelujejo več ročno, ampak s pomočjo različnih računalniških programov. Končni izdelek je izpis geodetskega načrta v računalniškem formatu in je različen v različnih programskih okoljih. Določila topografskega ključa veljajo za vsa programska okolja, saj so določena neodvisno.



Slika 23: Naslovnica publikacije Topografski ključ

Topografski ključ vsebuje:

- splošne napotke za izdelavo geodetskih načrtov,
- določila o matematični osnovi geodetskih načrtov,
- knjižnico topografskih znakov z navodilom o oblikovanju pisav,
- navodila za izris geodetskih načrtov na fizičnem nosilcu in
- navodila za uporabo geodetskih načrtov.

Napotki za izdelavo ter navodila za izris načrta tako v digitalni kot analogni obliki so opisani v naslednjem poglavju 4.6. Opis matematične osnove geodetskih načrtov in knjižnice topografskih znakov sledi v nadaljevanju.

Geodetski načrt se praviloma izdela v veljavnem državnem koordinatnem sistemu D48. Izdela se lahko tudi v drugem koordinatnem sistemu, ki je praviloma lokalni koordinatni sistem. Podatke o lokalnem koordinatnem sistemu je potrebno vpisati v certifikat geodetskega načrta. Državni koordinatni sistem D48 določata Besselov elipsoid in Gauss-Kruegerjeva projekcija.

Na terenu je državni koordinatni sistem realiziran z astrogeodetsko mrežo Slovenije. Državna projekcija na območju Republike Slovenije je Gauss-Kruegerjeva projekcija s srednjim meridianom  $15^\circ$  vzhodne geografske dolžine, izhodiščnim meridianom Greenwich in širino meridianske cone  $3^\circ 15'$ . Državni sistem ravninskih koordinat je pravokotni sistem, katerega os X je projekcija srednjega meridiana cone, pozitivna smer je usmerjena proti severu, os y pa projekcija ekvatorja, s pozitivno smerjo proti vzhodu. Koordinate so modulirane z modulom merila  $m_0 = 0.9999$ . Geografski koordinati koordinatnega izhodišča sta:  $\lambda_0 = 15^\circ$  in  $\varphi_0 = 0^\circ$ . Pri navajanju in uporabi koordinat se zaradi izogibanja negativnim vrednostim koordinate y povečajo za 500 000 m. Zaradi krajšega zapisa se koordinate x zmanjšajo za 5 000 000 m (Topografski ključ, 2006).

Knjižnica topografskih znakov je prikaz grafičnega oblikovanja topografskih znakov. Topografski znaki so v knjižnici urejeni po vsebinskih sklopih. Vsak topografski znak v knjižnici je določen s:

- šifro topografskega znaka,
- imenom objekta ali pojava, ki ga prikazuje,
- izrisom topografskega znaka,
- mestom vnosa,
- obliko in velikostjo,
- tipom,
- barvo ter
- opombami.

Velikost topografskega znaka prikazana v knjižnici topografskih znakov je prirejena izrisu geodetskega načrta v merilu 1:1000. V primeru izrisa v manjšem merilu je potrebno vse točkovne topografske znake in napise pomanjšati s faktorjem 1,5 za izris v merilih od 1:1500 do 1:2000 ter s faktorjem 2 za izris v merilih od vključno 1:2000 do 1:5000. V primeru, ko velikost ploskovnega objekta ali pojava ne dopušča prikaza topografskega znaka, se v ploskvi v digitalni obliki geodetskega načrta znak nadomesti s šifro topografskega znaka. Pri analogni obliki geodetskega načrta se šifra ne prikaže. Če topografskega znaka za določen pojav ali objekt ni v knjižnici, ga mora izdelovalec geodetskega načrta izdelati sam. Znak, ki

ga je izdelal izdelovalec, se mora razlikovati od vseh znakov v knjižnici topografskih znakov in mora biti pojasnjen v certifikatu geodetskega načrta.

## **4.6 IZDELAVA GEODETSKEGA NAČRTA**

Izdelava geodetskega načrta se prične z naročilom za izdelavo geodetskega načrta. Naročnik pove namen izdelave načrta, območje načrta ter poda posebne zahteve. Geodetsko podjetje, ki bo izdelalo načrt, poda okvirno ceno načrta. Skupaj se dogovorita še o kakšnih podrobnostih in določita datum, do katerega mora biti načrt izdelan. Nato geodet prične z izdelavo geodetskega načrta. Geodetski načrt mora za razliko od topografskega načrta vsebovati podatke o zemljiških parcelah in o gradbeno inženirskih objektih. Ti podatki morajo biti ažurni, da pokažejo pravo stanje. Ti podatki se pridobijo pri institucijah, ki so pristojne za hrambo teh podatkov. Podatke o zemljiških parcelah dobimo v obliki izseka iz DKN (digitalni katastrski načrt), ki nam jih posreduje Območna geodetska uprava Republike Slovenije. Poleg DKN nam geodetska uprava poda kopije elaboratov, ker nas zanimajo že izvedene meritve mejnikov. Pridobivanje podatkov o gradbeno inženirskih objektih je oteženo, saj ne obstaja enotne evidence. Podatki, ki jih potrebujemo, so podatki o vodovodu, kanalizaciji, plinu, telefonu, elektriki in ostalih vodih, katerih informacije hranijo posamezne institucije, zadolžene za posamezni vod. Tako nastaneta dva problema. Prvi je dolgotrajno zbiranje informacij, saj jih moramo pridobiti z večih institucij. Veliko hitrejše bi bilo, če bi obstajala enotna baza. Drugi problem je, da nekatere institucije hranijo podatke še v analogni obliki. Rešitev teh problemov je enotna baza podatkov. V Sloveniji imamo tako bazo, ki je še v fazi izdelave in ne vsebuje še vseh podatkov. Baza se imenuje zbirni kataster GJI (gospodarske javne infrastrukture).

### **4.6.1 Detajlna izmera**

Za izdelavo geodetskega načrta so poleg podatkov, ki jih pridobimo, potrebni tudi podatki, ki jih izmerimo na terenu. Tem podatkom rečemo detajl in ga pridobimo z detajlno geodetsko

izmero. Pri detajlni geodetski izmeri na terenu snemamo detajle z namenom prikaza na načrtu. Detajl sestavljajo objekti, komunikacije, vodotoki, oziroma podatki, ki niso bili pridobljeni, ampak izmerjeni na terenu. Detajl je skupina detajlnih točk (podatki), ki na idealiziran način definirajo obliko zemeljskega površja s pripadajočimi objekti. Za natančen in pravilen prikaz detajla na načrtu moramo vedeti, kaj vse zajemamo in kako snemamo detajl, da bo načrt ustrezal namenu uporabe in zahtevani natančnosti.

Detajl nekega objekta je sestavljen iz detajlnih točk, ki ga predstavljajo vogali objekta. Pri krivih linijah detajla pa snemamo točke, kjer se krivine lomijo. Pomembna je primerna gostota teh točk, ki ponazorujejo krivino. Razdalja med temi točkami mora biti najmanj tolikšna, da daljica dveh sosednjih točk ne odstopa od krive linije, ki jo daljica aproksimira (več kot 0,2 mm pomnoženo z merilom načrta).

Prometne objekte praviloma snemamo po prečnih profilih. Gostota prečnih profilov mora biti takšna, da lahko v načrtu prikažemo pravilni potek prometnega objekta. Ob predpostavki, da je krivina pravilna, so za njeno konstrukcijo potrebni vsaj trije profili in sicer na začetku v sredini in na koncu krivine. Za načrte v merilih 1:500 razdalje med profili ne smejo presegati 50 m. Profile je potrebno posneti tudi za prikaz vertikalnih lomov prometnega objekta. V posameznem profilu posnamemo karakteristične točke profila ceste ali železnice. Te točke so: začetek, rob, vrh, dno nasipa ali vkopa, robovi vozišča in osi tirnic. Poleg profilov snemamo tudi odtočne jarke, prepuste, prometno signalizacijo, železniške kamne, telefonske oz. električne stebre... Točkovne elemente snemamo z eno točko in jih v načrtu prikažemo s topografskim znakom. Gozdne ali poljske poti snemamo po robu in izmerimo njeno širino. Tudi manjše odvodne jarke in manjše nasipe snemamo z eno točko. Izmerimo širino in globino jarka ter širino in višino nasipa. Ob prometnih objektih stojijo tudi podporni zidovi, ki jih posnamemo po zgornjem ali spodnjem robu pod pogojem, da je zid bolj ali manj vertikalni, v skico pa vpneemo njegovo višino. Če je nevertikalni, posnamemo oba robova.

Vode snemamo po možnosti ob nizkem vodostaju. Pri kopenskih vodah poleg točke ob vodni gladini posnamemo tudi točke na robu rečnega ali jezerskega korita. Pri morskih vodah poleg oseke posnamemo tudi črto gladine morja ob plimi ter črto, do katere sežejo valovi. Kraška polja snemamo v sušnem obdobju. Prav tako snemamo hudourniške grape, izvire in vodnjake.

Poleg detajlnih točk, ki ponazarjajo sam potek vode, snemamo tudi objekte, povezane z vodo. To so pomoli, marine, valobrani, mostovi, jezovi itd. Mostove snemamo tako, da posnamemo vse karakteristične točke. Posnamemo, kje se most stika s kopnim, posnamemo podporne stebre mostu. Stebre mostu, ki so v vodi, odmerimo po osi mostu, lahko pa jih tudi posnamemo, če imamo na voljo tahimeter z razdaljemerom, ki meri dolžine tudi brez reflektorja.

Pri stavbah snemamo vogale stavb in sicer tam, kjer se stavba stika s terenom. Izmeriti moramo tudi kontrolne mere (fronte) objekta. Izmerimo jih z merskim trakom in zapišemo v skico izmere. V načrtu moramo prikazati namen stavbe (stanovanjska, gospodarska, garaža itd.). Snemamo vsako stavbo posebej, četudi se stavbe dotikajo druga druge. Ločimo tudi isto stavbo, če služi dvema ali več namenom. V primeru, ko se stavba ne stika s terenom (je na stebrih, podhod) posnamemo stebre ali ostale dele stavbe, ki se stikajo s terenom. Ostalo pa posnamemo kot projekcijo tlorisa na teren in v načrtu prikažemo črtkano. Za izris načrta v merilu 1 : 500 posnamemo tudi zunanja stopnišča, svetlobne jaške, terase in druge detajle. Stavbe iz slabega materiala, ki so brez temeljev, ne snemamo. Ruševine pa snemamo, če so zidovi ohranjeni in trdni. Stavbe v gradnji posnamemo v primeru, da so temelji pozidani. Nepisano pravilo je, da moramo na terenu posneti vse tiste objekte, ki jih bomo na načrtu lahko kartirali.

Pri detajlni izmeri je zelo pomembna izbira točk za višinsko predstavo, saj moramo v načrtu pokazati potek terena. Najprej posnamemo značilne točke na grebenu in v dolini. Med njimi posnamemo značilne točke prelomov na padnicah in prevojnica. Razdalja med detajlnimi točkami je odvisna od merila načrta. Tudi tu velja pravilo za snemanje krivih linij kot pri snemanju tlorisa objektov matematičnih oblik. Velja pravilo, če je razdalja med tetivo in linijo terena manjša od 0,2- kratnika ekvidistance plastnic, vmesne točke ni potrebno posneti. Kadar imamo teren z majhnim naklonom si pomagamo tako, da posnamemo teren po profilih. Gostota profilov je odvisna od razgibanosti terena. Za predstavo terena je potrebno posneti tudi točke, ki ponazarjajo meje kultur (Kogoj, Stopar, 2001).

#### 4.6.2 Izdelava grafičnega prikaza

Po končani detajlni izmeri je potrebno izdelati grafični prikaz detajla. Grafični prikaz se izdelava v digitalni obliki. Zaradi enostavnejše in nazornejše uporabe načrta se lahko na zahtevo naročnika ali odgovornega geodeta izdelava tudi v analogni obliki na fizičnem nosilcu. Fizični nosilci so omejeni s formatom nosilca, zato je potrebno grafični prikaz razdeliti na več listov. Razdelitev na liste praviloma poteka v skladu z razdelitvijo na trigonometrične sekcije in razdelitvijo na detajlne liste. Razdelitev na liste lahko izbere tudi izdelovalec geodetskega načrta. Razdelitev izvede glede na strokovne, oblikovne kriterije in kriterije uporabe. Razdelitev naj bo taka, da je jasno razvidno povezovanje listov. Zaradi lažje uporabe izdelovalec določi numenklaturno označevanje posameznih listov in skico razdelitve listov. Za razliko od digitalnega prikaza vsebuje analogni prikaz tudi koordinatno mrežo in izvenokvirno vsebino, ki je opisana v poglavju 4.1.3 - Vsebina geodetskih načrtov.

Pri izdelavi grafičnega prikaza si pomagamo s programsko opremo. V Sloveniji je med podjetji najbolj razširjen Autodeskov program AutoCAD. Na voljo imamo tudi programe kot so GEOS7, Geo 10, GeoPro, SDMS itd. AutoCAD v osnovi ni geodetski program kot ostali, vendar je primeren za uporabo v geodetske namene. AutoCAD ima dobro urejene funkcije za izris linij, polilinij, vnos blokov, zelo enostavno je delo s podatkovnimi sloji. Program je možno tudi nadgraditi z Aplikacijo za digitalni izris topografskih znakov, katero je izdelal Ljubljanski urbanistični zavod d.d. in ima vključene topografske znake, nastavljene tipe linijskih znakov itd., deluje pa kot modul v programu AutoCAD (Zupanc, 2010). Ostali programi so geodetski programi, namenjeni predvsem zemljiškokatastrskim operacijam, vendar so primerni tudi za izris geodetskega načrta. Geodetski programi že imajo vgrajene knjižnice topografskih znakov, omogočajo potrebno topografijo in izračun tahimetrije glede na merjene podatke, pridobljene z instrumentom. Pri knjižnicah topografskih znakov je pomembno, da se znaki ujemajo z znaki, predpisanimi v topografskem ključu. Ujemati se morajo po velikosti, šifri, barvi, mestu vnosa, tipu...

## **5 GEODETSKA IZMERA**

Za izdelavo geodetskega posnetka je potrebno izvesti detajlno izmero. Pri detajlni izmeri imamo lahko prosto stojišče, kjer se navežemo na najmanj dve znani točki ali pa stojimo na znani točki izmeritvene mreže. Predpostavljamo lahko, da je za dovolj kvalitetno detajlno izmero potrebno vzpostaviti izmeritveno mrežo. Izmeritveno mrežo vzpostavimo tudi, kadar nimamo na voljo dovolj trigonometričnih ali poligonskih točk v okolici za izvedbo detajlne izmere. Vsaka točka izmeritvene mreže mora biti izmerjena in izračunana, četudi je mreža sestavljena iz obstoječih trigonometričnih in poligonskih točk. V nadaljevanju bo opisan postopek vzpostavitve mreže za potrebe detajlne izmere.

Točke izmeritvene mreže so osnova za nadaljnjo detajlno izmero, katera je potrebna, da pridobimo podatke o terenu ter njihovo lokacijo. Za pridobitev teh podatkov poznamo klasično terestrično detajlno izmero, katera se nadalje deli na ortogonalno in polarno detajlno izmero. V času hitrega razvoja tehnologije se vse bolj uveljavlja tudi tehnologija GNSS, saj je enostavna za uporabo in omogoča hitro pridobivanje podatkov. V praksi je najbolj učinkovita kombinacija terestrične izmere in izmere GNSS.

### **5.1 VZPOSTAVITEV IZMERITVENE MREŽE**

Vzpostavitev mreže pomeni postopke od zagotovitve mreže, njene izmere do izračuna in ocene rezultatov. Pri zagotovitvi mreže moramo poznati vrste, oblike in dimenzije mreže. Vedeti moramo tudi, kako izmeritveno mrežo navežemo na točke navezovalne mreže ter kako jo vklopimo v novi koordinatni sistem. Za izmero mreže je potreben instrumentarij, ki mora ustrezati zahtevani natančnosti izmere mreže. Poznati moramo metode izmere ter v kakšnem obsegu jih moramo izvesti. Zagotoviti moramo tudi pogoje za merjenje. Za konec pa je potrebno podatke obdelati in prikazati merske vrednosti.

### 5.1.1 Zagotovitev mreže

Za izvedbo detajlne izmere lahko zagotovimo:

- Trigonometrično mrežo

Zagotovimo jo z uporabo metod triangulacije, trilateracije in trigonometričnega višinomerstva. Za ustrezno zagotovitev kakovosti mreže je potrebno upoštevati pravila za projektiranje trigonometrične mreže v horizontalnem in višinskem smislu. V mreži mora biti ustrezno število povezav, da zagotovimo dovolj veliko število nadštevilnih opazovanj. Vsaka točka v mreži naj bo povezana z vsaj tremi točkami. Dolžina povezav med točkami mreže naj ne presega 1 km. Izmeritvena mreža mora biti vklopljena in mora vsebovati minimalno tri točke navezovalne mreže. Nujen je tudi predhodni ogled terena (rekognosiciranje terena). Pri predhodnem ogledu terena odkrivamo točke obstoječe mreže in določamo mikrolokacijo novih točk. Pri določitvi mikrolokacije je potrebno upoštevati dodatna pravila, ki omogočajo lokalno stabilnost, možnost realizacije povezav ter varnost točke pred uničenjem v primeru trajne stabilizacije. Z določitvijo mikrolokacije moramo tudi zagotoviti možnost snemanja detajla. Točke v mreži lahko tudi začasno stabiliziramo.

- Poligonsko mrežo

Zagotovimo jo v primerih, ko trigonometrična mreža ni možna. Poznamo priklepni, zaključeni in slepi poligon. Po pravilu vzpostavimo priklepni poligon, v izjemnih primerih zaključeni. Slepiga poligona ne vzpostavljamo, ker ni možna izravnava poligona, katera je zahtevana za vzpostavitev poligona. Tudi pri poligonu se moramo držati nekaterih pravil. Stremimo k čim bolj iztegnjenemu poligonu. Dolžina poligonskih stranic naj bo med 50 m in 250 m. Dolžine stranic so enakomerne dolžine in ustrezajo razmerju med najdaljšo in najkrajšo 2:1 do 3:1. V primeru priklepnega poligona je pri navezavi minimalno število točk navezovalne mreže štiri oz. v primeru zaključenega poligona pa dve. Pri določitvi mikrolokacije upoštevamo enaka pravila kot pri trigonometrični mreži. Stabilizacija točk je lahko trajna ali začasna.

#### *5.1.1.1 Vklon v novi koordinatni sistem*

Zakon o evidentiranju nepremičnin (Uradni list RS, št. 47/2006) zahteva, da se z letom 2008 vse spremembe obstoječih točk in koordinate novih zemljiško katastrskih točk določijo v novem državnem koordinatnem sistemu D96 (ETRS89). Posledično je potrebno točke izmeritvene mreže vklopiti v nov koordinatni sistem. Vklon poteka preko na novo izmerjenih točk državne mreže. Obstaja več možnosti kako lahko izvajalec vklopi svojo mrežo v nov koordinatni sistem:

1. Prva možnost je, ko so točke navezovalne mreže obstoječe točke državne mreže. Pri tej možnosti izmera GNSS ni potrebna saj točke izmeritvene mreže izmerimo na klasičen način. Uporabimo način triangulacije in trilateracije. Izmeritveno mrežo izravnamo kot prosto mrežo ter jo transformiramo na točke navezovalne mreže. Tako pridobljene koordinate točk v državnem koordinatnem sistemu D48 transformiramo v novi državni koordinatni sistem D96 (ETRS89). Za transformacijo uporabimo lokalne transformacijske parametre. Ta način ni dober, ker natančnost koordinat obstoječe državne mreže ni dokazljiva, zato trdimo, da natančnost ne zadošča. Za detajlno izmero z nekaj centimetrsko natančnostjo ta način ni dovoljen.
2. Druga možnost je, ko so točke navezovalne mreže, obstoječe točke državne mreže, dodatno izmerjene z izmero GNSS. Izmeritvena mreža je izmerjena na klasični način tako kot pri prvi možnosti z razliko, da so vključene najmanj tri točke obstoječe državne mreže, ki so določene z metodo GNSS. Izmeritveno mrežo izravnamo kot vklopljeno mrežo ob upoštevanju vseh meritev in pridobljenih koordinat navezovalnih točk v novem koordinatnem sistemu D96 (ETRS89). Ta način je najboljši, ker nam omogoča primerjavo klasičnih meritev in meritev GNSS, hkrati pa lahko izračunamo natančnejše lokalne transformacijske parametre, ter jih primerjamo z obstoječimi. Slabost tega načina je, da je najdražji, saj moram na terenu izvesti klasično izmero in izmero GNSS.
3. Tretja možnost je, ko so točke navezovalne mreže obstoječe točke GNSS. Izmeritvena mreža se prav tako izmeri na klasični način s kombinacijo triangulacije in

trilateracije. Meritve GNSS niso potrebne, ker so točke navezovalne mreže že izmerjene z GNSS in so podane v novem koordinatnem sistemu D96 (ETRS89). Izmeritveno mrežo izravnamo enako kot pri drugem načinu. Prednost tega načina je, da so lahko točke izmeritvene mreže stabilizirane začasno, vendar jih je potrebno ponovno vzpostaviti ob ponovni detajlni izmeri (Navodilo za izvajanje klasične geodetske izmere v novem državnem koordinatnem sistemu, GURS, 2006).

### 5.1.2 Merska oprema

Kot mersko opremo lahko uporabljamo teodolit za merjenje kotov, razdaljemer za merjenje razdalj in nivelir za določitev višin točk. Višine lahko določimo tudi s trigonometričnim višino merstvom, kjer potrebujemo zenitno razdaljo in merjeno poševno dolžino ali izračunano horizontalno razdaljo. Za hitrejšo izvedbo meritev uporabimo elektronski tahimeter, ki je kombinacija elektronskega teodolita in elektronskega razdaljemera in omogoča avtomatsko registracijo opazovanih horizontalnih smeri, zenitnih razdalj in poševnih dolžin. Merska oprema mora biti preizkušena in umerjena pri pooblaščenem servisu vsaj enkrat letno.

Deklarirana natančnost uporabljenega instrumenta mora ustrezati minimalnim zahtevam za izmero izmeritvene mreže. Natančnost naj bo boljša od:

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

Natančnost razdaljemero je podana z dvema parametroma  $\sigma_{[mm]}$  in  $\sigma_{[ppm]}$ .

Natančnost merjenja dolžin izračunamo po enačbi:

$$\sigma_{D[mm]} = \sqrt{\sigma_{[mm]}^2 + (\sigma_{[ppm]} * D_{[km]})^2}. \quad (5.1)$$

#### 5.1.2.1 Dodatna merska oprema

Pri izmeri izmeritvene mreže poleg instrumenta potrebujemo dodatno opremo, ki nam omogoča optimalne meritve. Za signalizacijo točk potrebujemo rektificirane reflektorje z

vizirno tarčo. Število reflektorjev naj bo tolikšno, da je omogočeno prisilno centriranje na stativo ali stebre. (maksimalno št. točk mreže minus ena). Žepni merski trak potrebujemo za merjenje višine instrumenta in reflektorja. Med izmero merimo tudi podatke o meteorologiji, katere pridobimo z barometrom in termometrom.

### 5.1.3 Meritve

Pri meritvah je najbolj smiselno uporabljati elektronske tahimetre, ki omogočajo istočasen zajem vseh treh merskih podatkov (horizontalnih smeri, zenitne razdalje in poševne dolžine). Metoda izmere je kombinacija kotnih in dolžinskih meritev (triangulacija in trilateracija). Višinske razlike pa določimo po metodi trigonometričnega višinomerstva. Ob uporabi teh metod je zagotovljena eliminacija večine instrumentalnih pogreškov. Ostale pogreške kot so objektivni pogreški okolja (centriranje, signalizacija itd.) in subjektivni pogreški operaterja (viziranje) pa poskušamo eliminirati z izbiro optimalnih pogojev okolja in s pazljivim delom.

Zagotoviti moramo tudi pogoje za merjenje, kar pomeni stabilizacijo in signalizacijo točk izmeritvene mreže na način, ki nam omogoča nemoteno meritev z vsakega stojišča. V primeru, ko imamo točke stabilizirane z betonskim stebrom, instrument in reflektor privijemo na vijak in ga horizontiramo. Ko pa imamo točko stabilizirano na tleh, je potrebno instrument in reflektor centrirati nad točko. Centriranje izvedemo s pomočjo optičnega, laserskega grezila ali togega grezila. Instrument in reflektor pa privijemo na stativo, ki so med izmero fiksni. Trinožni podstavek, pritrjen na stativ, nam omogoča prisilno centriranje. Tako lahko zamenjamo instrument ali reflektor brez odstranitve trinožnega podstavka. V primeru, ko točka ni fizično označena, stojiščno točko določa presečišče x in y osi tahimetra. Uporaba togega grezila za signalizacijo točke ni dovoljena.

Za merjenje horizontalnih kotov poznamo številne metode. Izbira je odvisna od namena meritev in zahtevane natančnosti. Z namenom eliminacije instrumentalnih pogreškov, nadzorom grobih pogreškov in povečanja natančnosti meritev izvajamo meritve v dveh krožnih legah. Osnova vsem danes uporabljenim metodam je girusna metoda. Merjenje se izvaja v več ponovitvah, vendar minimalno v dveh ponovitvah (dva girusa). Rezultat meritev

so reducirane smeri, ki so med seboj odvisne vrednosti, obremenjene s pogreškom začetne smeri. Ena najbolj natančnih metod je Schreiberjeva metoda. Pri tej metodi merimo kombinacijo kotov med smermi  $s$  na posameznem stojišču, kjer vsak kot med dvema smerema merimo ločeno po girusni metodi. Z razliko od horizontalnih kotov, pri merjenju zenitnih razdalj nimamo možnosti izbire metode. Opraviti je potrebno dovolj velik niz meritev. Pri izvajanju meritev z elektronskim tahimetrom, ki nam omogočajo avtomatsko registracijo, merimo zenitne razdalje sočasno z merjenjem horizontalnih smeri v obeh krožnih legah v vsakem girusu. Za zmanjšanje vpliva vertikalne refrakcije je potrebno izvesti meritve v obeh smereh (tja – nazaj). Tudi dolžine se opazujejo sočasno z merjenjem horizontalnih smeri in zenitnih razdalj. Tako se dolžine opazujejo v najmanj štirih ponovitvah, kar zadostuje potrebam o minimalnih ponovitvah.

Poleg merskih vrednosti, ki jih zabeleži instrument, je potrebno med izmero izmeritvene mreže izmeriti tudi višino instrumenta in reflektorja ter meteorološke parametre. Višine izmerimo z žepnim trakom v dveh neodvisnih merjenjih. Mersko vrednost odčitamo na milimeter natančno. Meteorološke parametre izmerimo z barometrom in termometrom. Tlak in temperaturo je potrebno izmeriti na stojišču instrumenta. V primeru velikih mrež je priporočljivo izmeriti temperaturo tudi na merjeni točki pri stojišču reflektorja. Podatke o višini instrumenta, vrsti in višini reflektorja in meteorološke parametre si lahko zapišemo v zapisnik in jih upoštevamo v postopku naknadne obdelave ali pa jih vnesemo v tahimeter.

#### **5.1.4 Obdelava podatkov in prikaz rezultatov**

Po opravljenih meritvah je potrebno obdelati merske vrednosti, pridobljene z meritvami. Pri obdelavi si lahko pomagamo z različnimi programskimi orodji (Liscad, WimRam, Gem, WinVim, Trim, itd.). Programska oprema mora omogočati eksakten preračun merskih vrednosti v obliko, primerno za izravnavo.

Najprej je potrebno merske vrednosti pripraviti za izravnavo. Pripravimo jih tako, da preračunamo merske vrednosti in iz njih izločimo grobe pogreške. Iz opazovanih horizontalnih smeri v dveh ali več girusih je potrebno izračunati aritmetično sredino

posamezne smeri. Aritmetične sredine posameznih horizontalnih smeri so pripravljene za izravnavo. Iz opazovanih poševnih dolžin v večih ponovitvah izračunamo aritmetično sredino. Pred izravnavo je potrebno dolžino, ki smo jo izmerili, še reducirati. Iz opazovanih zenitnih razdalj prav tako izračunamo aritmetično sredino posamezne zenitne razdalje. V nadaljevanju jih potrebujemo pri redukciji dolžin in za izračun višinskih razlik. V izravnavo gredo izračunane višinske razlike.

#### *5.1.4.1 Izračun višinskih razlik*

Višinske razlike lahko izračunamo na dva načina in sicer iz merjene zenitne razdalje in izračunane horizontalne razdalje ali merjene poševne razdalje med točkama. V preteklosti so se najprej določile horizontalne koordinate med točkami. Iz njih se je izračunala horizontalna razdalja, ki se je upoštevala pri izračunu višinske razlike. Ta način uporabljamo tudi danes v primeru, ko točka ni dostopna in nismo mogli izmeriti poševne dolžine med točkama. Danes, ko nam instrumentarij omogoča izmero poševne dolžine, pa v izračun vzamemo poševno merjeno razdaljo, reducirano za meteorološke popravke. Pri izračunu je pomembno, da je dolžina izmerjena dovolj natančno in da uporabimo čim bolj eksaktno enačbo. V izračunu upoštevamo tudi višino instrumenta in reflektorja. V izračunu uporabimo dogovorjene vrednosti kot so polmer zemlje ( $R$ ), koeficient refrakcije ( $k$ ) in geoidno ondulacijo ( $\Delta N$ ).

- $R = 6378000$  m
- $k = 0.13$
- $\Delta N = 45$  m

Tako izračunane višinske razlike so pripravljene za višinsko izravnavo točk izmeritvene mreže.

#### *5.1.4.2 Redukcija dolžin*

Dolžina, ki jo izmeri instrument, v splošnem ni direktno uporabna za nadaljnja računanja koordinat. Izmerjena dolžina je dolžina od instrumenta do reflektorja, torej je poševna dolžina in hkrati ukrivljena zaradi meteoroloških vplivov. Zaradi višin instrumenta in reflektorja to

tudi ni višina od točke do točke na terenu. Ker sta točki na terenu na neki nadmorski višini, dolžina med njima ni uporabna za računanja na izbrani skupni ploskvi. Zaradi teh vplivov je potrebno dolžino reducirati, tako pridobljena dolžina je ustrezna za izračun koordinat točk.

Reducirati dolžino pomeni popraviti dolžino za meteorološke popravke, geometrične popravke ter projekcijske popravke.

Reducirati dolžino za meteorološke popravke pomeni izračun razlike med poševno ukrivljeno dolžino in poševno dolžino med instrumentom in reflektorjem. Računamo prvi popravek hitrosti, pri katerem upoštevamo dejansko hitrost svetlobe zaradi spremenjenih optičnih lastnosti atmosfere. Prvi popravek hitrosti dobimo tako, da na podlagi valovne dolžine nosilnega valovanja izračunamo referenčni lomni količnik za normalno atmosfero. Iz izmerjenih meteoroloških podatkov izračunamo dejanski lomni količnik zraka. Na osnovi razlike med referenčnim in dejanskim lomnim količnikom izračunamo prvi popravek hitrosti. Drugi popravek hitrosti je napaka interpolacije meteoroloških parametrov in je zelo majhna vrednost. Bistven je pri daljših dolžinah, zato ga v primeru izmeritvene mreže ne upoštevamo.

Dolžino, popravljeno za meteorološke popravke, nadalje popravimo za geometrične popravke. Geometrični popravki pomenijo razliko med prostorsko krivuljo, definirano z refrakcijsko krivuljo in premo poševno dolžino na nivoju točk. Ločeno je potrebno upoštevati popravke zaradi ukrivljenosti refrakcijske krivulje, s katero opišemo pot žarka, ter popravke horizontalnih in vertikalnih ekscentricitet razdaljemera in reflektorja. Dolžina, popravljena za geometrične popravke, je premo poševna dolžina na nivoju točk oziroma dolžina kamen – kamen. Pri tej redukciji so potrebne dodatne dane oz. merjene količine kot so: višinska razlika, zenitna razdalja, ukrivljenost Zemlje...

Dolžino kamen – kamen je potrebno popraviti še za projekcijske popravke. Izračun in upoštevanje le teh pomeni prehod s prostorske poševne dolžine na nivoju točk na dolžino sfernega loka na nivoju referenčnega horizonta, ter nato še v projekcijsko ravnino. Za izračun popravkov so teoretično potrebne elipsoidne višine, problem pa je, da so na splošno na voljo le nadmorske oz. ortometrične višine, pridobljene z metodo trigonometričnega višinomerstva

in se nanašajo na ploskev geoida. Obravnavane geometrične redukcije razdelimo na dve skupini in sicer:

- razlike med dolžinami tetiv v odvisnosti od naklona in višine,
- razlike med dolžino na izbrani referenčni ploskvi in v izbrani projekcijski ravnini.

Način preračuna je odvisen od razpoložljivih danih oz. dodatno merjenih vrednosti. Pri tem uporabimo poenostavljene enačbe, izpeljane ob določenih poenostavitvah. Na koncu dolžino reduciramo v projekcijsko ravnino in jo moduliramo. Tako reducirana vrednost dolžine je podatek, ki gre v izravnavo.

#### *5.1.4.3 Izravnavo*

S predhodnim preračunom smo si pripravili podatke za izravnavo. Predpostavimo, da so iz meritev izločeni vsi grobi pogreški. Mrežo izravnavo po strogi metodi, ločeno za izračun horizontalnih koordinat in ločeno za izračun višin. Izravnavo se mora strogo izvesti po metodi najmanjših kvadratov. Pomagamo si lahko z uporabo različnih programskih orodij (Gem, GEOS, Winram, Liscad, Winvim, Winram, Trim...). Uteži merjenih količin določimo na osnovi natančnosti uporabljenega instrumenta in metode dela ali na osnovi predhodne ocene opazovanj.

Predhodna ocena opazovanj se izvede pred izravnavo. Njen namen je odkrivanje grobo pogrešenih opazovanj. Da je predhodna ocena opazovanj potrebna izhajamo iz dejstva, da izravnavo po metodi najmanjših kvadrantov zmanjša možnost odkritja grobih pogreškov opazovanj. Opazovanja analiziramo na pogojnih enačbah, ki jih morajo opazovanja izpolniti. Uporabljamo enostavne kontrole kot so: vsota kotov v mnogokotniku, vsota komponent baznih vektorjev v zaključenem liku itd. Osnova za vse postopke ugotavljanja prisotnosti grobih pogreškov v opazovanjih so statistični testi. Statistični testi so povezani s porazdelitvijo popravkov opazovanj in njihovo skladnostjo z vnaprej predpostavljeno porazdelitvijo le teh.

Po izravnavi sledi ocenjevanje rezultatov izravnave. Rezultat izravnave je vektor izravnanih opazovanj in vektor ocenjenih koordinat točk mreže. Ugotoviti je potrebno, ali so pridobljeni

rezultati zanesljivi za nadaljnjo uporabo. Tako v oceni rezultatov izravnave v glavnem ugotavljamo in odstranjujemo grobo pogrešena opazovanja, ki so po velikosti pogreškov malo grobo pogrešena. Namreč predpostavljamo, da smo zelo grobo pogrešena opazovanja odstranili med samo izmero ali predhodno obdelavo opazovanj ali predhodno oceno opazovanj. Za ocenjevanje popravkov opazovanj in za odkrivanje malo pogrešenih opazovanj uporabljamo postopke kot so: globalni test modela in pregled opazovanj, odkrivanje popravkov verjetno pogrešenih opazovanj ali tau-test.

Ovrednotiti moramo tudi kakovost opravljene izmere mreže. Merila kakovosti so odvisna od naloge, ki jo opravljamo. V splošnem poznamo tri kategorije kriterijev za presojo kakovosti. To so: natančnost mreže, zanesljivost mreže in cena vzpostavitve mreže. Natančnost ocenjenih količin je odvisna od natančnosti opazovanih količin in od geometrije izmeritvene mreže. Če predpostavimo, da smo razen slučajnih vplivov iz opazovanj odstranili grobe pogreške in sistematične vplive, predstavlja natančnost izmeritvene mreže mera za spremenljivke v mreži. Zanesljivost izmeritvene mreže se nanaša na sposobnost odkrivanja in lociranja grobih in sistematičnih pogreškov ter, da je odziv mreže na neodkrite grobe pogreške v mreži zanemarljiv (Kogoj, Stopar, 2001).

Na koncu prikažemo rezultate izravnave. To so definitivne vrednosti horizontalnih koordinat in višin točk izmeritvene mreže ter podatki o natančnosti merjenih in iskanih količin. Rezultatom priložimo tudi izpis datotek rezultatov izravnave.

## **5.2 IZMERA DETAJLA**

Za zajem prostorskih podatkov z namenom prikaza na geodetskem načrtu je potrebno izvesti detajlno geodetsko izmero. Splošno o izmeri detajla, kaj detajl je, kako ga izmerimo in na katera pravila je treba biti pozoren pri snemanju detajla, je že opisano v poglavju 4.6.1. V tem poglavju sledi podrobnejši opis o metodah izmere, merski opremi, zagotovitvi stojišča, izvedbi meritev, vodenju skice ter izračunu in prikazu rezultatov.

### 5.2.1 Metoda izmere

Metode izmere detajla se delijo na grafične in numerične metode. Grafična metoda izmere je najstarejša metoda izmere. Izvajala se je z mersko mizo ter izdelavo načrta na terenu. Ta metoda je že zastarela in se ne uporablja, kajti s sodobnimi instrumenti dosežemo mnogo boljše natančnosti. Poznati jo moramo predvsem zato, ker je Slovenija še vedno pokrita s katastrskimi načrti izdelanimi po grafični metodi v merilu 1:2880. Med grafične metode pa štejemo tudi analogno fotogrametrijo.

Numerične metode so novejšje in natančnejše od grafičnih. Razlikujejo se po tem, da na terenu zajemamo numerične vrednosti, ki ji nato v pisarni prenesemo na načrt. Prednosti, ki jih imajo numerične metode so npr: izris načrta v poljubnem merilu, zajemanje numeričnih vrednosti, ki so natančnejše od grafičnih. Nadalje numerične metode delimo na ortogonalno in polarno metodo, ki se razlikujeta po načinu zajema ter vrsti numeričnih vrednosti. Ortogonalna metoda izmere je bila v preteklosti mnogo natančnejša od polarne metode, vendar tudi zamudnejša. Z razvojem elektrooptičnih razdaljemerov se je izboljšala natančnost polarne metode izmere. Ortogonalna metoda izmere sloni na izmeri relativnih ravninskih pravokotnih koordinat v lokalnem koordinatnem sistemu. Horizontalni koordinatni sistem določa merska linija med dvema točkama izmeritvene mreže. Za izvajanje meritev uporabljamo teodolit, bazno lato in dodatni pribor. Za višinsko predstavo načrta se uporablja detajlni nivelman.

V sedanjem času se za detajlno izmero uporablja izključno polarna metoda, ki jo izvajamo z natančnimi elektronskimi tahimetri, ki hkrati zajemajo tri prostorske količine (H-kot, V-kot, poševna dolžina). Polarno metodo imenujemo tudi tahimetrija, kar pomeni hitro snemanje. Geometrična osnova izmere je izmeritvena mreža, ki je lahko trigonometrična ali poligonska mreža. Stojišče instrumenta je točka izmeritvene mreže ali prosto stojišče. Pred razvojem elektronskih tahimetrov se je za izmero uporabljalo teodolit in optični razdaljemer. Danes je elektronski tahimeter nepogrešljiv instrument pri izmeri terena s polarno metodo. Klasično ekipo za izvajanje polarne izmere sestavljata dva strokovnjaka in eden figurant. Figurant se s tarčo postavlja na detajlne točke, ki mu jih pokaže eden izmed strokovnjakov, ki vodi skico. Drugi strokovnjak upravlja z instrumentom. Sodobni načini nam omogočajo zmanjševanje

ekipe, vendar se pogosto pojavljajo težave. Ko ena oseba upravlja z instrumentom in vodi skico je problem kakovostne izbire mesta detajlne točke. Pri uporabi motoriziranih elektronskih tahimetrov s sistemom za prepoznavanje reflektorja in možnostjo krmiljenja instrumenta preko radijske zveze teoretično lahko izmero izvaja en sam človek. Natančnost polarne izmere je podana z natančnostjo smernega kota in dolžine. Obe natančnosti morata biti usklajeni. Natančnost dolžine nam definira pogrešek v smeri proti detajlni točki, natančnost horizontalne smeri pa pogrešek pravokotno na smer proti točki. Če poznamo natančnost merjenja dolžin in kotov, lahko izračunamo, do katere razdalje lahko snemamo točke, da pogrešek, ki ga povzroči natančnost kota, ne presega pogreška nenatančnosti merjenja dolžin. Običajno so maksimalne dolžine, do katerih lahko snemamo posamezne vrste detajlnih točk, predpisane (Kogoj, Stopar, 2001).

V nadaljevanju poglavja 5.2 obravnavamo samo polarno detajlno izmero. Ta metoda bo uporabljena na praktičnem primeru detajlne izmere terena.

### 5.2.2 Merska oprema

Polarno detajlno izmero izvajamo z elektronskimi tahimetri. Tako kot velja pri izmeri mreže mora tudi pri detajlni izmeri biti merska oprema preizkušena in umerjena pri pooblaščenem servisu vsaj enkrat letno. Natančnost elektronskih tahimetrov navajamo skladno s standardi ISO ali DIN in naj bo boljša od:

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

Natančnost razdaljemero je podana z dvema parametroma  $\sigma_{[mm]}$  in  $\sigma_{[ppm]}$ .

Natančnost merjenja dolžin izračunamo po enačbi:

$$\sigma_{D[mm]} = \sqrt{\sigma_{[mm]}^2 + (\sigma_{[ppm]} * D_{[km]})^2}. \quad (5.2)$$

### 5.2.2.1 *Dodatna merska oprema*

Poleg instrumenta potrebujemo za izvedbo detajlne izmere tudi dodatno opremo. Dodatna oprema je potrebna za izvedbo optimalne meritve. Kljub temu, da sodobni elektronski tahimetri merijo dolžine brez reflektorja, potrebujemo na terenu rektificiran reflektor z vizirno tarčo in s poznano adicijsko konstanto, saj ni mogoče izvesti vseh meritev brez reflektorja. Kot nosilec reflektorja potrebujemo togo grezilo z rektificirano dozno libelo. Žepni merski trak potrebujemo za izmero višine instrumenta. Ročni merski trak ali ročni razdaljemer potrebujemo za izmero kontrolnih mer (front). Pri detajlni izmeri potrebujemo podatke o atmosferi, katere lahko vnesemo v instrument, zato potrebujemo rektificiran barometer in termometer.

### 5.2.3 **Zagotovitev stojišča**

Prva možnost zagotovitve stojišča je točka izmeritvene mreže. Izvesti moramo centriranje in horizontiranje instrumenta. Centriranje izvedemo z optičnim ali laserskim grezilom, glede na možnost, ki jo ponuja instrument. Koordinate stojišča poznamo, potrebujemo samo še orientacijske točke. Orientacijo nam zagotavljajo ostale točke izmeritvene mreže. Oddaljenost orientacijske točke od stojišča naj bo večja kot je največja razdalje med stojiščem in detajlno točko. Orientacijska točka naj bo signalizirana tako, da bo reflektor postavljen na stativ, ter centriran na točko. Izjemoma lahko signaliziramo točko z reflektorjem in tarčo pritrjeno na togo grezilo. V tem primeru togo grezilo podpremo s trinožnikom. Orientacijska točka naj bo signalizirana ves čas izmere detajla na enem stojišču zaradi kontrole orientacije.

Druga možnost zagotovitve stojišča je prosto stojišče. Prosto stojišče uporabimo v primeru, ko v bližini detajla ni ustrezne izmeritvene točke oziroma je nismo mogli pripeljati v bližino detajla. Prosto stojišče postavimo poljubno tako, da vidimo čim več detajla in hkrati proti najmanj dvema točkama izmeritvene mreže, katere služijo za orientacijo in izračun koordinat prostega stojišča. Koordinate stojišča se določijo na osnovi merjenih horizontalnih smeri, zenitnih razdalj in poševnih dolžin do točk izmeritvene mreže. Pri postavitvi prostega stojišča se moramo držati nekaterih zahtev, seveda če nam teren to omogoča. Zahteve:

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

#### 5.2.4 Meritve

Meritve izvajamo ločeno po posameznih stojiščih. Na vsakem stojišču je potrebno tahimeter centrirati in horizontirati. Izmerimo višino instrumenta ter jo vnesemo v instrument. Višino reflektorja sproti vnašamo v instrument, če se le ta spreminja ali če merimo brez reflektorja. Pred začetkom merjenja izmerimo zračni tlak in temperaturo. Tudi ti dve vrednosti vnesemo v instrument. Ko smo posneli ves detajl viden s stojišča, se prestavimo na naslednje stojišče in ponovimo postopek. Sproti preverjamo, če smo vse posneli. Meritve izvajamo previdno in natančno, da izločimo pogoške, do katerih lahko pride v primeru nenatančnih in hitrih meritev.

##### 5.2.4.1 Orientiranje

Horizontalne smeri orientiramo na najmanj dve orientacijski točki izmeritvene mreže. S tem kontroliramo grobe napake v meritvah. Za izračun koordinat detajlnih točk uporabimo srednji orientacijski kot. Orientacijsko smer izmerimo v dveh krožnih legah. Programi za obdelavo podatkov prepoznajo ponovljeno merjenje orientacije v drugi krožni legi. Med meritvami detajla približno vsakih 20 detajlnih točk kontroliramo stabilnost instrumenta s ponovno izmero smeri na vsaj eno od orientacijskih točk. Ponovljeno meritev orientacije registriramo, saj se meritev upošteva pri izračunu srednjega orientacijskega kota. Razlika med prvotno in

ponovno izmerjeno orientacijsko smerjo naj ne bo več kot 20". V primeru večje razlike instrument ponovno orientiramo in nadaljujemo snemanje detajla brez ponavljanja že opravljenih meritev (Kogoj in sod, 2006).

#### 5.2.4.2 *Signalizacija detajlne točke*

Signalizacija detajlne točke se izvede z reflektorjem in tarčo. Oba pritrdimo na togo grezilo z dozno libelo, katerega uporabimo za centriranje nad detajlno točko. Da bi čim bolj zmanjšali pogrešek centriranja, uporabljamo togo grezilo maksimalne dolžine 2 m in rektificirano dozno libelo. Toga grezila nam omogočajo raztegovanje le teh tudi do 3 m, vendar se tega ne poslužujemo razen v izjemnih primerih. Zahteva se tudi uporaba trinožnika s togim grezilom v primeru snemanja mejnika.

Na terenu se pogosto zgodi, da signalizacije točke ne moremo direktno izvesti, saj nam velikost reflektorja in tarče to onemogoča. V takih primerih izvedemo meritev tako, da pridobimo merske vrednosti do točke, katere nismo mogli neposredno signalizirati. V primeru zunanjega vogala objekta postavimo reflektor s tarčo vzporedno z zunanjim vogalom, tako izmerimo pravo dolžino do vogala. Nato viziramo na vogal objekta in izmerimo še horizontalno smer in zenitno razdaljo. V primeru notranjega vogala objekta postavimo reflektor s tarčo v vogal. Viziramo sredino prizme in hkrati z vertikalno nitjo viziramo notranji rob. Izmerimo vse tri merske količine hkrati. Z žepnim trakom pa dodatno izmerimo dolžino od sredine prizme do notranjega vogala. To vrednost si zapišemo in jo kasneje pri izračunu upoštevamo.

S sodobnimi tahimetri, ki nam omogočajo merjenje dolžin brez reflektorja, se lahko izognemo zgornjima problemoma. Vendar moramo biti pozorni na pravilno mesto viziranja. Merjenja brez uporabe reflektorja se poslužujemo le v primerih, kadar običajne meritve niso mogoče. Zato je vseeno boljše opraviti meritve zgornjih primerov z uporabo reflektorja. Merjenje brez reflektorja pa uporabljamo pri merjenju nedostopnih ali težko dostopnih točk naravnih objektov, snemanju profilov v predorih, merjenju nevarnih objektov, snemanju fasad.

#### 5.2.4.3 *Zajem merskih vrednosti za detajlne točke*

Maksimalna oddaljenost detajlnih točk je odvisna od zahtevane natančnosti določitve položaja detajlne točke. Oddaljenost je tudi odvisna od trenutnih vremenskih razmer. Ob megli ali močni pripeki je onemogočeno dobro viziranje že na 50 m. Koliko je oddaljena detajlna točka je tudi odvisno od vrste točke. Za mejnike in zgradbe naj bo oddaljenost do 100 m. Za infrastrukturne objekte do 150 m. Meritve izvajamo v eni krožni legi in zajemamo vse tri merske količine (horizontalna razdalja, zenitna razdalja ter poševna dolžina).

Poleg meritve detajla z instrumentom moramo izvesti tudi neodvisne kontrolne mere (fronte). Fronte so čelne mere, križne mere idr. Izvedemo jih z ročnim merskim trakom ali ročnim elektronskim razdaljemerom. Vrsta in količina front je odvisna od vrste detajla. Priporoča se, da se na vsako detajlno točko nanaša vsaj ena neodvisna kontrolna merska vrednost (Kogoj in sod, 2006).

#### 5.2.5 **Vodenje skice izmere**

Pri detajlni izmeri terena je zelo pomembna skica izmere. Skica je potrebna za kasnejšo interpretacijo podatkov v pisarni. S pomočjo skice narišemo geodetski načrt. Na skici so podatki o terenski izmeri. Ko je na terenu klasična ekipa z dvema strokovnjakoma in enim figurantom, eden izmed strokovnjakov vodi izmero in hkrati riše skico izmere. Nekateri geodeti se odločajo za ekipo, ki jo sestavljata strokovnjak in operater. Operater dela za instrumentom, medtem ko strokovnjak riše skico in postavlja reflektor na izbrano točko. Tak način je neroden in zamuden, saj je težko risati skico in držati tarčo.

Vodenje skice pomeni, da oseba, ki vodi izmero in riše skico, najprej v približnem merilu skicira detajl. Za lažje risanje skice se držimo principa "iz večjega v manjše". Najprej narišemo velike parcele in objekte, ki jih kasneje dopolnimo z manjšimi elementi in detajlom. Na skico narišemo vsako točko, ki smo jo izmerili in jo oštevilčimo. Na vsakih nekaj 10 točk je priporočljivo, da vodja skice in operater preverita, če sta pri isti točki. Posamezen detajl si lahko ponovno narišemo v večjem merilu na drug list ali vogal lista, če sklepamo, da je

obstoječe merilo premajhno in bi pokvarili skico. Skica naj bo narisana pregledno in čitljivo tako, da bomo kasneje v pisarni znali brati skico. To je pomembno, kadar bere skico nekdo, ki ni bil na terenu in ne ve, kakšen je teren.

Sodobna tehnologija nam omogoča, da ista oseba upravlja instrument in vodi skico. To je mogoče z uporabo terenskih računalnikov in ustrezno programsko opremo. Skico izmere izdelamo sproti in interaktivno kar na mestu meritve. Morebitne pomanjkljivosti in napake lahko ugotovimo in popravimo sproti. Tako odpravimo napake in ponovni obisk terena ni potreben, kar se nam hitro pripeti pri klasičnem vodenju skice. Pomembno pri risanju skice s pomočjo terenskega računalnika je, da risanje digitalne skice ne traja predolgo oziroma bistveno dlje kot, če bi risali na papir. Saj potem nova tehnologija ni ekonomsko sprejemljiva. Slabost nove tehnologije je, da je nemogoče s stojišča instrumenta kvalitetno izbirati mesta detajlnih točk.

V testnem primeru diplomske naloge bomo preučili prednosti in slabosti vodenja skice za instrumentom. Instrument, ki bo uporabljen za test, nam namreč omogoča sprotno risanje skice na LCD zaslonu instrumenta s pomočjo kod in povezav "*string*", ki jih dodajamo merjenim točkam.

### **5.2.6 Obdelava podatkov in prikaz rezultatov**

Podatke, potrebne za obdelavo, imamo zapisane na terenskem zapisniku. V preteklosti je bilo terenski zapisnik potrebno pisati na list papirja ročno. Sedaj pa se terenski zapisnik shranjuje v elektronski tahimeter. Na zapisnik se shranijo merske vrednosti posamezne detajlne točke.

Te merske vrednosti so:

- številka in koda detajlne točke,
- horizontalna smer,
- zenitna razdalja,
- poševna dolžina, popravljena za meteorološke popravke in adicijsko konstanto in
- višina reflektorja.

Merske vrednosti kot so kontrolne mere je potrebno zapisati na zapisnik ali skico terenske izmere. Priporočljivo je zapisati tudi posamezne spremembe višine reflektorja.

Obdelava podatkov meritev glede na zahtevano natančnost ni problematična. Pri redukciji dolžin upoštevamo zahteve državne kartografske projekcije. Dolžine lahko reduciramo na nivo referenčnega elipsoida ali na Gauß Krügerjevo projekcijsko ravnino. Za redukcijo na nivo referenčnega elipsoida potrebujemo elipsoidne višine. Po redukciji na Gauß Krügerjevo projekcijsko ravnino dolžine še moduliramo. Pri izračunu višinske razlike ni potrebno upoštevati ukrivljenosti zemlje in vertikalne refrakcije. Pri preračunu merskih vrednosti uporabimo sledeče dogovorjene vrednosti:

- polmer zemlje  $R$ : 6378000 m
- geoidna ondulacija  $\Delta N$ : 45 m

Ob upoštevanju teh zahtev lahko izvedemo izračun koordinat detajlnih točk na tahimetru. Sodobni tahimetri nam izračunajo koordinate detajlnih točk, vendar moramo biti pazljivi na parametre, ki jih je instrument upošteval. Kako instrument izračuna koordinate posamezne točke, lahko preverimo tako, da sami izračunamo koordinate na podlagi merskih vrednosti iz terenskega zapisnika in jih primerjamo s koordinatami, ki nam jih je podal instrument.

Končni izdelek je obrazec izmere, ki vsebuje podatke o instrumentu, operaterju, načinu izmere, posebnostih ter elaborat izmere. Elaborat izmere vsebuje:

- izračun koordinat prostega stojišča,
- izračun (spisek) koordinat detajlnih točk,
- skica izmere in
- geodetski načrt.

## 6 PRAKTIČNI PRIMER

Praktični primer je izveden z namenom definiranja prednosti in pomanjkljivosti tahimetra Topcon GPR-7003i. S praktičnim primerom bomo odgovorili na vprašanja, ki smo si jih zastavili na začetku naloge, ko smo kritično presojali novosti instrumenta. Tako s praktičnim primerom testiramo uporabnost slik, ki jih izdelata vgrajena senzorja ter uporabnost vodenja skice izmere na zaslonu instrumenta, ki jo omogoča programska oprema Topsurv. S praktičnim primerom bo izvedena detajlna izmera na izbranem testnem območju z namenom izdelave geodetskega topografskega načrta. Testno območje je vidno na sliki 24. Testno območje se nahaja v vasi Soteska. Velikost območja je 170 m x 70 m.

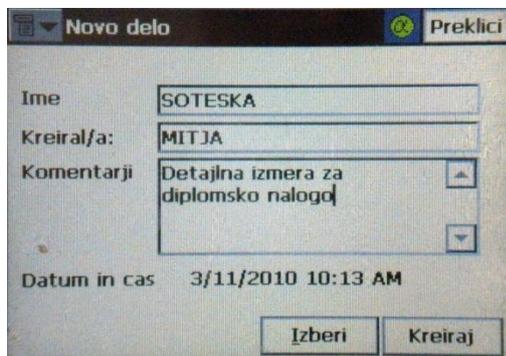


Slika 24: Testno območje

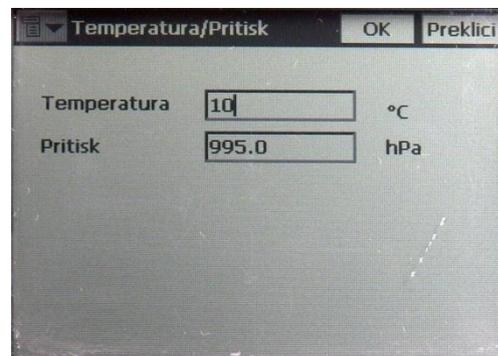
Izmera detajla bo izvedena s polarno metodo izmere. Kot merska oprema bo uporabljen tahimeter Topcon GPT-7003i. Ostala merska oprema je oprema, ki je potrebna za izvedbo polarne detajlne izmere (termometer, barometer, stativi, reflektorji, žepni merski trak, ...). Pri izmeri ni bila vzpostavljena izmeritvena mreža, ampak je za zagotovitev stojišča bilo izmerjeno prosto stojišče. Za izračun prostega stojišča so bile uporabljene točke navezovalne mreže (trigonometrične in poligonske točke) v okolici testnega območja. Izvedba prostega stojišča, signalizacija orientacijskih točk ter meritve so podrobneje predstavljene v nadaljevanju.

## 6.1 MERITVE

Za začetek meritev si je potrebno na instrumentu ustvariti delovišče, kamor se bodo shranjevali podatki meritev. S programsko opremo Topsisurv ustvarimo novo delovišče v meniju *delo/novo*. Odpre se nam pogovorno okno, kjer vnesemo osnovne podatke o delovišču kot so ime delovišča, ime operaterja in komentar (slika 25). V novo delovišče lahko uvozimo ali ročno vnesemo podatke o znanih točkah, ki jih potrebujemo pri izmeri. To lahko naredimo že predhodno v pisarni. Predhodno si lahko tudi uvozimo ali ustvarimo kode in sloje, ki so nam v pomoč pri vodenju skice na zaslonu instrumenta. Lahko pa jih ustvarjamo tudi med meritvijo. Predno začnemo z meritvami si v meniju *delo/konfig* nastavimo določene parametre. Te nastavitve veljajo za to delovišče. Obvezna je nastavitve temperature in zračnega tlaka, saj ju instrument uporabi pri izračunu redukcij dolžin (slika 26). Nastavimo lahko tudi faktor merila. V primeru prostega stojišča lahko instrument prevzame faktor merila, ki ga izračuna. Ostalih nastavitvev ni potrebno spreminjati, saj so enake za vsa delovišča.



Slika 25: Kreiranje novega delovišča



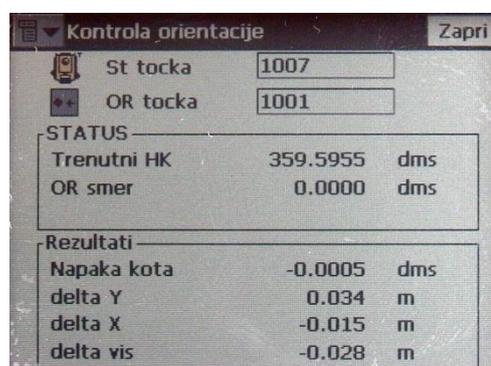
Slika 26: Vnos temperature in zračnega tlaka

Ko imamo postavljen instrument, ustvarjeno delovišče, vnesene parametre, lahko začnemo z meritvami. Potrebno je določiti stojišče instrumenta ter instrument orientirati. V primeru, ko ne poznamo koordinat stojišča, izvedemo prosto stojišče. Postopek izvedbe prostega stojišča je opisan v poglavju 6.2. V primeru, ko poznamo koordinate stojišča, izvedemo orientiranje instrumenta. To izvedemo s funkcijo *St/OR set* v meniju *survey* (tarča). Odpre se nam pogovorno okno za nastavitve stojišča in orientacije (slika 27). V polja za stojiščno točko in

orientacijsko točko vnesemo točko, ki smo jo predhodno shranili v pomnilnik instrumenta. Nato naviziramo proti točki, pritisnemo tipko *NIC*, s tem nastavimo orientacijski kot na  $0^{\circ}00'00''$ . Potem pritisnemo še na tipko *preveri OR*, da instrument opravi meritve. S pritiskom na tipko se nam odpre novo okno (slika 28), kjer vidimo rezultate kontrole orientacije. Instrument nam poda kotna odstopanja ter odstopanja po koordinatnih oseh. Če kontrola ustreza dovoljenim odstopanjem, pritisnemo tipko *Zapri* in instrument je orientiran. V obratnem primeru ponovimo orientacijo instrumenta. Med izvajanjem meritev lahko kadarkoli preverimo orientacijo, kar je tudi obvezno storiti na približno vsakih 20 detajlnih točk. Programska oprema omogoča izmero orientacije v dveh krožnih legah.



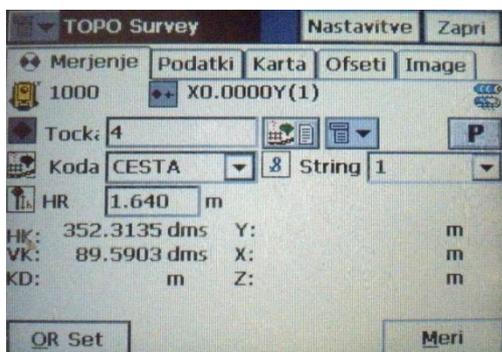
Slika 27: Merjenje orientacije



Slika 28: Rezultati kontrole orientacije

Po izmerjeni orientaciji ali izračunanemu prostemu stojišču, lahko nadaljujemo z izmero detajla. Izmero detajla začnemo z uporabo funkcije *opazovanja* v meniju *survey*. Odpre se pogovorno okno, kjer izvajamo meritve. Meritve lahko izvajamo na tri načine. Prvi način je pod zavihkom *merjenje* (slika 29). Na sliki vidimo, da lahko točki določimo ime, kodo, povezavo (*string*) in višino signalizacije. Z določanjem kode in povezave, dodamo točki attribute, s pomočjo katerih se izrisuje skica, v zavihku karta. S pritiskom na tipko *meri* instrument izvede meritve in jih prikaže (slika 30). Poleg prikaže še izračunane koordinate detajlne točke. S tipko *ent* na tipkovnici shranimo podatke. Če pritisnemo tipko *ent* že na začetku, se meritve izvedejo in hkrati shranijo. Pod zavihkom *merjenje* lahko tudi preverimo orientacijo. To storimo s pritiskom na tipko *OR Set* in odpre se pogovorno okno za merjenje orientacije (slika 27). Detajlno točko lahko signaliziramo z reflektorjem ali izvedemo meritve brez reflektorja. Za izvedbo meritev brez reflektorja pritisnemo na tipko *P* in tipka se spremeni v *NP*, kar pomeni, da sedaj lahko izvajamo meritve brez reflektorja. Med izvajanjem

meritev na testnem območju smo imeli težavo, ko nismo mogli zamenjati med merjenjem z reflektorjem ali brez, ker tipke za spreminjanje merskega načina ni bilo prikazane pod zavihkom merjenje. Na sliki 29 vidimo tipko *P*, na sliki 30 pa je ne vidimo.



Slika 29: Zavihek merjenje s tipko *P*



Slika 30: Zavihek merjenje brez tipke *P*, spodaj vidni merjeni podatki

Drugi način izvajanja meritev je pod zavihkom *Karta* (slika 31). Pod zavihkom *karta* vidimo skico, ki se sprti izrisuje. Kot vidimo na sliki lahko preverimo orientacijo, določimo ime točke in kodo točke. Za določitev povezave, višine reflektorja ter spremembo med reflektorjem ali brez reflektorja, pa je potrebno odpreti zavihek *merjenje*, saj jih tu ni mogoče določiti ali spremeniti. Kot je bilo že omenjeno se skica izrisuje z dodajanjem kod in povezav. Kode je potrebno oblikovati. Pri oblikovanju kode določimo ime kode, način izrisa točkovnega znaka in linije ter sloj, v katerega se izriše.



Slika 31: Merjenje pod zavihkom *Karta*

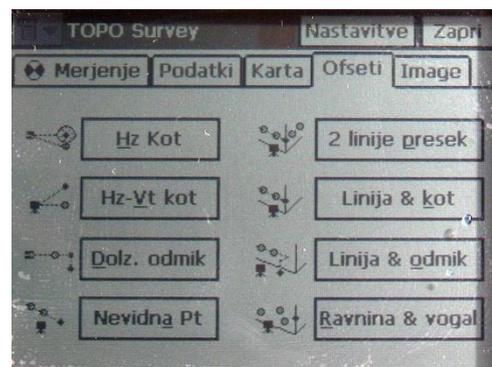


Slika 32: Merjenje pod zavihkom *Image*

Tretji način merjenja je pod zavihkom *Image* (slika 32). Tu lahko določimo tudi vse parametre, razen višine reflektorja. Spreminjamo lahko tudi med reflektorjem in brez reflektorja. Tudi tu so se pojavile težave med meritvami na testnem območju. S pritiskom na tipko *P* se tipka ni spremenila v tipko *NP* in ni bilo mogoče spremeniti merjenja z reflektorjem v merjenje brez reflektorja. Merjenje pod zavihkom *Image* omogoča izvedbo meritev brez viziranja skozi daljnogled, saj nam senzor prikaže sliko na zaslonu in tako viziramo s pogledom na zaslon. Viziranje preko zaslona instrumenta se je izkazalo za dobro. Kvaliteta slike je bila v večini primerov zadovoljiva. Slabša kvaliteta slike, ko ni bilo mogoče vizirati preko zaslona, je bila pri daljših dolžinah (200 m in več). Prišlo je do zatemnitve slike in bleščanja. Ta težava se je pojavila pri viziranju proti točkam za izračun prostega stojišča. Med detajlno izmero te težave ni bilo, saj so bile dolžine bistveno krajše. Pri detajlni izmeri je bila težava v hitrosti viziranja. Zamudno je bilo preklapljanje med širokokotnim in ozkokotnim senzorjem, saj je instrument potreboval nekaj časa za preklap po pritisku na tipko. V primeru vklopljenega samo ozkokotnega sensorja pa je bilo težje poiskati in fokusirati tarčo. Težavo sem rešil s kombinacijo viziranja skozi daljnogled in viziranja na zaslonu. S pogledom skozi daljnogled sem grobo viziral in fokusiral. Fino viziranje z vijaki pa sem izvedel preko zaslona. Ob izvajanju meritev pod zavihkom *Image* se shrani tudi slika (slika 33). Shrani se vsaka slika, ki jo izdelata ozkokotni senzor. Slika, ki jo izdelata širokokotni senzor se shrani, ko je območje drugačno od območja, ki je bilo že shranjeno. Slike terena, ki jih je izdelal širokokotni senzor, se nahajajo v prilogi D.

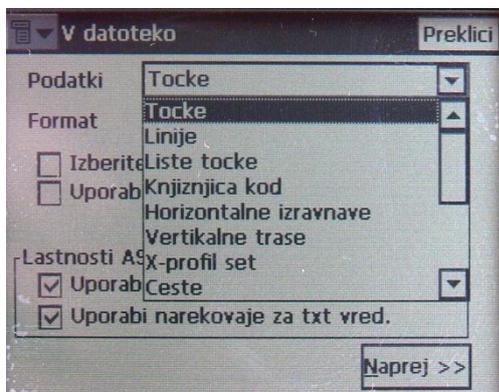


Slika 33: Slika, ki jo izdelata širokokotni senzor

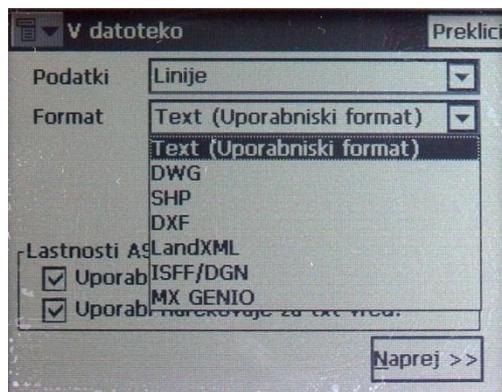


Slika 34: Možnosti merjenja odmikov pod zavihkom *Ofseti*

Programska oprema Topsurv omogoča tudi merjenje odmikov. Odmike merimo pod zavihkom *Merjenje*, vendar je pred tem potrebno nastaviti, kakšen odmik hočemo meriti. Pod zavihkom *Ofseti* izbiramo med različnimi odmiki (slika 34). Ko izberemo željen odmik, nas programska oprema vodi skozi meritve z navodili. Najbolj pogost primer je, ko hočemo izmeriti vogal stavbe in imamo reflektor poleg vogala. Izmeriti je potrebno dolžino do reflektorja in nato popraviti horizontalno smer na vogal stavbe. V tem primeru izberemo odmik *Hz Kot*. Program nato od nas zahteva merjenje dolžine, nato še merjenje smeri.



Slika 35: Podatki, ki jih lahko izvažamo



Slika 36: Različni formati izvoza podatkov

Po opravljenih meritvah na terenu je bilo potrebno pripraviti podatke za prenos z instrumenta na računalnik. Podatke je potrebno izvoziti v datoteke, ki jih potem prenesemo na računalnik preko USB vmesnika. Prenos z instrumenta na računalnik je opisan v poglavju 3.2. Izvoz podatkov izvedemo s funkcijo *izvoz/v datoteko* v meniju *delo*. Pri testnem primeru so bili izvoženi podatki o točkah v *txt.*, *dwg.* in *fc5.* formatu, linijah v *txt.* in *dwg.* formatu ter merski podatki v *fc5.* in *gts6.* formatu. V prilogi B je vidna oblika datoteke *txt.* s podatki o točkah. Podatki o točkah in linijah so bili tudi izvoženi v skupno datoteko. Tako ena datoteka vsebuje podatke o točkah in o linijah. Katere podatke in v kakšnem formatu lahko izvažamo je vidno na sliki 35 in sliki 36. Ko izberemo tip podatka in formata kliknemo na tipko *naprej*, kjer določimo ime datoteke ter prostor, kam na instrumentu shranimo datoteko. Predno smo izvozili podatke o linijah, jih je bilo potrebno urediti. Urediti jih je potrebno, ker skica, ki se je izrisala med meritvijo, ni bila čitljiva. Točke z isto kodo in povezavo se povežejo v vrstnem redu glede na vrstni red snemanja. Tako se ustvarijo povezave, ki niso smiselne. Primer:

vogala objekta se povežeta po diagonalni. V takem primeru sem urejal linije tako, da sem zamenjal vrstni red točk in izrisal se je objekt v zeleni obliki. Linije je bilo potrebno tudi dodajati in brisati. Vse to je predstavljalo dodatno porabljen čas, ki bi bil lahko porabljen za risanje geodetskega topografskega načrta.

### 6.1.1 Prosto stojšče

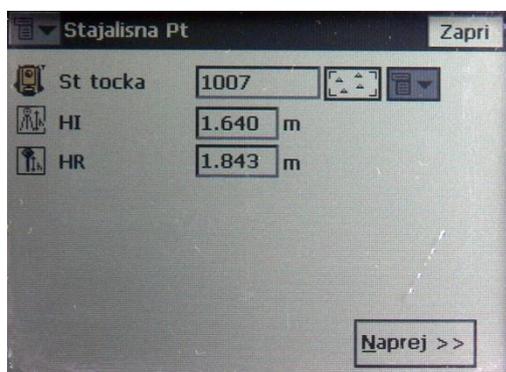
Za določitev koordinat stojšča smo uporabili izmero prostega stojšča. Za izmero celotnega območja je bilo postavljenih 5 prostih stojšč. Na prostih stojščih smo uporabili začasno ali stalno stabilizacijo točke. Uporabljena sta bila kovinski čep in lesen količek z vijakom (slika 37). Nad stabilizirano točko je bil postavljen instrument, ki je bil centriran in horizontiran. Centriranje je bilo izvedeno z optičnim grezilom. Pri prostem stojšču bi lahko instrument samo horizontirali. V takem primeru ni potrebno centriranje instrumenta, saj tudi točka ni stabilizirana. Instrument izračuna prosto stojšče, ki ga predstavlja presek treh osi v instrumentu. Višina instrumenta je 0 cm.



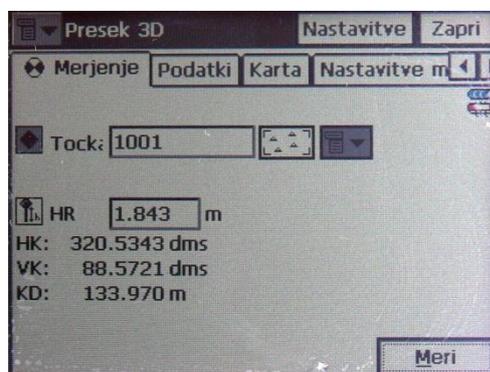
Slika 37: Uporabljeni začasni in trajni stabilizatorji točk

Izračun prostega stojšča omogoča programska oprema TopSurv. Ko imamo instrument postavljen, zaženemo programsko opremo TopSurv. Nato zaženemo funkcijo za izračun prostega stojšča v meniju *survey/presek*. Odpre se nam pogovorno okno za izvedbo prostega stojšča (slika 38). Prvo določimo ime stojšča, višino instrumenta ter višino signalizacije. Kliknemo gumb *naprej* in nadaljujemo z izvedbo meritev. V pogovornem oknu (slika 39) določimo točko, proti kateri bomo merili. Koordinate točk, ki jih bomo uporabili kot

orientacijske točke, moramo predhodno vnesti v instrument. Za izvedbo merjenja pritisnemo tipko *ent* na tipkovnici instrumenta. Izvedejo se meritve in hkrati tudi shranijo. V primeru, ko pritisnemo na tipko *meri* na zaslonu instrumenta, se količine prikažejo na zaslonu (slika 39). Tako izvedemo meritve proti več orientacijskim točkam (minimalno dve točki). Po izvedenih meritvah v istem pogovornem oknu kliknemo na zavihek *nastavitve merj.*, kjer preverimo podatke (slika 40). V okencu imamo podatke o merjenih točkah. Izračunajo se popravki po posameznih količinah (H kot, V kot ter dolžina). Pod okencem so prikazani standardni odkloni za izračunano prosto stojišče. Točko lahko odstranimo ali ponovno merimo, če nismo zadovoljni z natančnostjo izračunanega prostega stojišča. S tipko *uporabi ctrl* lahko spreminjamo, katere merjene količine posamezne točke gredo v izračun. Ko smo zadovoljni z izračunano natančnostjo prostega stojišča, kliknemo na tipko *sprejmi*. Odpre se pogovorno okno, kjer vidimo koordinate prostega stojišča (slika 41). Točki lahko dodamo attribute kot so: sloj, stil, koda, opomba,... Za konec pritisnemo tipko *OK*. Sedaj, ko imamo določene koordinate prostega stojišča, lahko nadaljujemo z detajlno izmero. Rezultati izračuna prostega stojišča se shranijo v datoteko *txt*. v pomnilnik instrumenta. Rezultati prostih stojišč izračunanih na testnem območju so vidni v prilogi A.



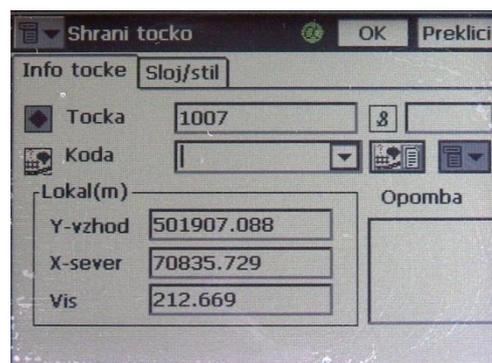
Slika 38: Določitev stojiščne točke, višine instrumenta ter višine signalizacije



Slika 39: Merjenje proti orientacijski točki (1001), vidne merjene količine (H kot, V kot, poševna dolžina)



Slika 40: Zavihek *nastavitve merj.*



Slika 41: Koordinate točke prostega stojišča

Za orientacijske točke smo uporabili trigonometrične in poligonske točke v okolici testnega območja. Podatke o točkah smo pridobili na spletnem portalu prostor (<http://e-prostor.gov.si/>). Pred meritvami je bilo potrebno poiskati točke na terenu. Vseh točk nismo našli, vendar jih je bilo dovolj za izvedbo meritev. Stabilizacija orientacijskih točk je vidna na sliki 42. Za izvedbo meritev je bilo potrebno točke signalizirati. Centriranje in horizontiranje je bilo izvedeno z instrumentom. Trinožni podstavek, pritrjen na stativ, je omogočal prisilno centriranje. To pomeni, da smo zamenjali instrument z reflektorjem brez odstranitve trinožnega podstavka. Izvedba signalizacije nad točko je vidna na sliki 43.



Slika 42: Stabilizacija orientacijskih točk (trigonometrična in poligonska točka)



Slika 43: Signalizacija orientacijske točke

Med izmero drugega prostega stojišča smo naleteli na težavo, ko nam je instrument javil, da ima premalo podatkov za izračun prostega stojišča. Za izračun prostega stojišča instrument potrebuje merjene podatke proti minimalno dvema točkama, vendar je tu javil napako kljub opravljenim meritvam proti dvema točkama. Težavo smo rešili z merjenjem proti tretji točki, ki je bila signalizirana s togim grezilom. V nadaljevanju meritev se težava ni ponovila.

V poglavju 5.2.3 so opisana navodila za izvedbo prostega stojišča. Ena izmed zahtev za izvedbo prostega stojišča so nadštevilne meritve (minimalno 2 horizontalni smeri, 2 zenitni razdalji in 2 poševni dolžini). Programska oprema zahteva za izračun prostega stojišča po eno meritev proti vsaki točki (min 2 točki). Po opravljenih meritvah izračuna koordinate prostega stojišča in poda natančnost le teh. Vendar ne vemo ali so to prave koordinate prostega stojišča. Izračun je pravilen, vendar so vrednosti, ki gredo v izračun, lahko grobo pogrešene. Temu bi se izognili z nadštevilnimi meritvami.

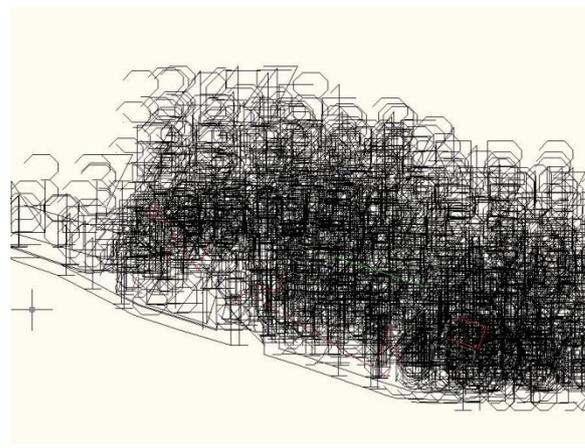
## 6.2 IZRIS NAČRTA

Pri izrisu načrta je bil namen uporabiti skico, ki je bila vodena med meritvijo s pomočjo kod in povezav. Skico izdelano med meritvijo sem izvozil v *dwg. in dxf.* formatu. V *dwg.* format sem prvič izvozil samo linije drugič pa linije in točke. Po izvoženih podatkih v datoteke sem te odpiral s programsko opremo Autocad. V primeru izvoženih linij so se te izrisale, vendar načrta nisem mogel dokončati, ker ni bilo ostalih točk, ki niso povezane v linijo (slika 44). Tudi linije se v Autocadu niso izrisale tako kot so bile izrisane na zaslonu instrumenta. Pri risanju linij na instrumentu sem jih razvrstil po slojih, jim določil barvo ter obliko. Ko so se izrisale v Autocadu, so bile razvrščene po slojih različnih barv, vendar enake oblike (polna črta). Pri odpiranju datoteke z izvoženimi točkami in linijami je skica postala nepregledna (slika 45). Poleg točk so bile napisana imena točk in kode, ki jih ni bilo mogoče neposredno izključiti, saj niso bile kot tekst ampak povezane z linijo. V primeru izvoženih točk in linij v *dxf.* format sem uporabil programsko opremo Geopro 1.0 (slika 46). Programska oprema omogoča uvažanje podatkov zapisanih v *dxf.* formatu. Pri uvažanju v Geopro 1.0 se linije niso izrisale. Točke so se izrisale z imenom točke, višino točke in topografskim znakom. Težava je

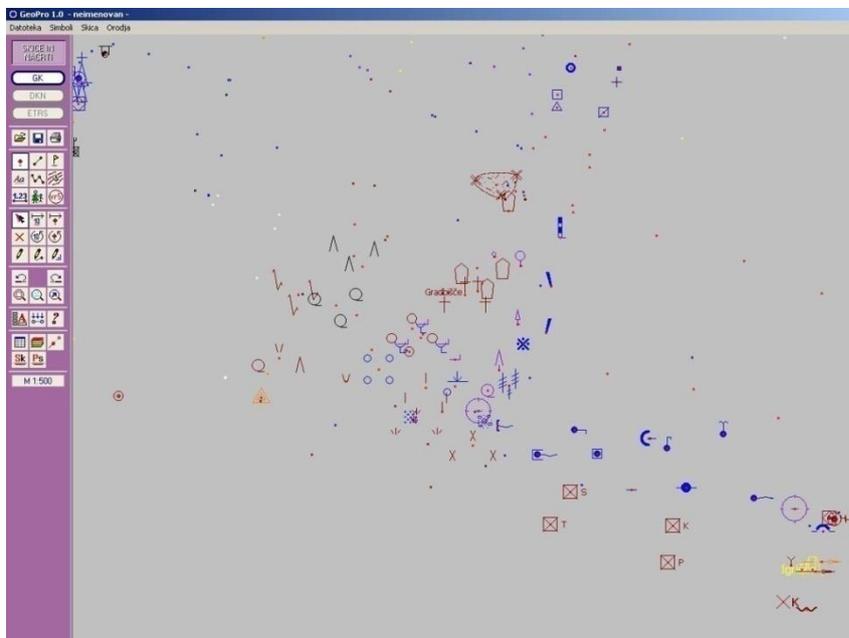
bila, da so se izrisali topografski znaki, ki niso bili pravilni. Tudi v tem primeru nisem nadaljeval z risanjem načrta. To datoteko sem uvozil tudi v Autocad in dobil isti rezultat kot pri uvozu *dwg.* formata. Težave bi pripisal programski opremi Topsurv, ki izdelava datoteke *dwg.* in *dxf.* formata, vendar jih napačno zakodira.



Slika 44: Z Autocadom odprta datoteka z izvoženimi linijami (*dwg.* format)



Slika 45: Z Autocadom odprta datoteka z izvoženimi linijami in točkami (*dwg.* format)



Slika 46: Z Geopro 1.0 odprta datoteka z izvoženimi linijami in točkami (*dxf.* format)

Na koncu sem načrt izrisal s pomočjo Geopro 1.0 tako, da sem uvozil točke, ki sem jih predhodno izvozil z instrumenta v *txt.* formatu. Datoteko sem preimenoval v datoteko s končnico *koo.* Program je uvozil točke in nadaljeval sem z risanjem geodetskega topografskega načrta. Pri risanju načrta so bile v pomoč kode, ki sem jih dodajal med meritvijo, saj sem tako hitro vedel, kaj predstavlja posamezna točka in ni bilo potrebno iskanje točk na ročno narisani skici, da bi videl kaj točka predstavlja. Pri preizkušanju in testiranju risanja skice na zaslonu instrumenta ter njene nadaljnje uporabnosti lahko zaključim, da je med meritvijo dobro dodajati kode točkam, saj meritve potekajo enako hitro in v pisarni vemo, kaj predstavlja posamezna točka. Risanje linij se med meritvijo ni izkazalo za zamudno, vendar je bila potrebna njihova ureditev, kar je predstavljajo dodatno porabljen čas. Uporabnost narisane skice tudi ni izkazana, ker je bil problem pri kodiranju podatkov v *dwg.* in *dxf.* formate. Tudi ob uspešnem kodiranju se risanje načrta ne bi bistveno skrajšalo, saj je potrebno linije izrisati po topografskem ključu in tudi točkam je potrebno dodati točkovni topografski znak. Geodetski topografski načrt je viden v prilogi C.

## 7 ZAKLJUČEK

Namen diplomske naloge je preizkus novosti tahimetra Topcon GPT-7003i ter s tem ugotoviti uporabnost tahimetra pri detajlni topografski izmeri. Na začetku diplomske naloge je opisan tahimeter Topcon GPT-7003i in programska oprema proizvajalca Topcon (Topsurv in Topcon Link). Med zbiranjem literature o instrumentu smo opazili različno uporabo terminologije in različno navajanje tehničnih podatkov. To različnost pripisujemo različnim trgov, kjer se instrument prodaja. Pri podatkih o natančnosti instrumenta je bilo ugotovljeno navajanje parametrov neskladno s standardi, ki določajo način navajanja podatkov. Poleg tehničnih podatkov najdemo na internetu veliko reklamnih prospektov različnih ponudnikov instrumenta. Reklamni prospekti so izdelani z namenom boljše prodaje instrumenta. Zato so na njih predstavljene novosti in njihove prednosti, vendar je potrebna kritična presoja le teh. S preizkusom smo strokovno presodili novosti, se prepričali o prednostih in odkrili njihove slabosti.

Preizkus instrumenta smo izvedli na praktičnem primeru izmere detajla na območju Soteske na Dolenjskem. Za določitev stojišča je bil izbran način prostega stojišča z navezavo na trigonometrične in poligonske točke. Izmeritvena mreža ni bila vzpostavljena. Pri preizkušanju instrumenta in programske opreme smo ugotovili, da pri izmeri prostega stojišča nismo zagotovili zahtevam izvedbe prostega stojišča, ker programska oprema tega ni omogočala. Za izračun prostega stojišča niso bile izvedene nadštevilne meritve. Pri orientaciji instrumenta je programska oprema omogočala merjenje orientacijskih smeri v obeh krožnih legah. S pomočjo programske opreme je bila vodena skica izmere, ki se je izkazala za zamudno, saj je bilo po izmeri potrebno dodatno urejanje skice. Uporabnost skice pri kartiranju načrta tudi ni bila zadovoljiva, saj kartiranje načrta ni bilo bistveno olajšano. Na koncu lahko zaključimo, da je programska oprema Topsurv preprosta za uporabo, ima velik nabor funkcij, ki olajšajo meritve, vendar uporaba nekaterih funkcij ne zadovoljuje zahtevam za pravilno izvedbo izmere detajla. Pojavljale so se tudi težave ob "zamrznitvi" programske opreme. Meritev nismo mogli izvesti, saj programska oprema ni izvršila ukazov. Vzrok teh težav je tudi operacijski sistem, ki je povzročil zrušitve programa. Proti koncu meritev, ko je

bil pomnilnik instrumenta zaseden, je operacijski sistem deloval počasi, posledica pa je bila dolgotrajno vklapljanje instrumenta, odpiranje programa in izvrševanje ukazov.

Med izmero sem uporabljal način viziranja s pomočjo slike na zaslonu instrumenta, ki jo je izdelal ozkokotni senzor vgrajen v daljnogled. Način se je izkazal kot uporaben in dovolj hiter v kombinaciji z viziranjem skozi daljnogled. Kvaliteta slik za namen viziranja je bila zadovoljiva. V nekaterih primerih je bila kvaliteta slike slabša in viziranje ni bilo mogoče. Slike so tudi za prikaz terena zadovoljive kakovosti in so uporabne kot priloga h geodetskemu načrtu, predvsem za interpretacijo terena. So pa slike v primerjavi s slikami, ki jih izdelamo z digitalnim fotoaparatom, mnogo slabše kakovosti.

Instrument z vgrajenim senzorjem, ki poleg natančno izmerjenih vrednosti, izdelava slike terena oz. predmeta izmere, se zdi popoln, saj omogoča tudi širšo uporabo instrumenta. Ob takem instrumentu se pojavi mnogo idej o njegovi uporabnosti. Instrument bi lahko uporabljali tudi pri fotogrametriji, kjer bi z enim instrumentom pridobili tako merjene kot slikovne podatke. Instrument je lahko uporaben tudi na drugih negeodetskih področjih, kjer so potrebni kvalitetni merski podatki, podprti s slikovnim gradivom. Tako bi lahko instrument uporabljali v arheologiji (dokumentiranje izkopavanj), arhitekturi (dokumentiranje zgodovinskih objektov, kulturne dediščine...), forenzištvu (prometne nesreče, druge nesreče) itd. Vendar bi potrebovali instrument, ki bi izdelal kakovostne slike. To za instrument Topcon GPT-7003i ne moremo trditi, saj izdelava slike slabše kakovosti. V prihodnosti lahko pričakujemo razvoj instrumenta z vgrajenim kakovostnejšim senzorjem, ki bi omogočal izdelavo boljših slik in tako zagotovil uporabnost instrumenta tudi na drugih področjih.

## **VIRI**

### **Uporabljeni viri**

Drgan, G. 2005. Geodetski načrt. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Oddelek za geodezijo, Geodetska smer: 65 str.

Goršič, J., Breznikar, A., Savšek, S. 2006. Vloga geodezije pri gradnji manj zahtevnih objektov. Geodetski vestnik, 50, 4: 654-664.

Hašaj, M., Petrovič, D., Brumec, M., Mlinar, J. 2006. Topografski ključ za izdelavo in prikaz vsebine geodetskih načrtov. Ljubljana, Geodetska uprava Republike Slovenije: 57 str.

Hašaj, M. 2008. Predstavitev dobre in slabe prakse pri izdelavi geodetskih načrtov. [http://www.izs.si/fileadmin/dokumenti/msgeo/program/2\\_dobra\\_slaba\\_praksa\\_14\\_05\\_2008.pdf](http://www.izs.si/fileadmin/dokumenti/msgeo/program/2_dobra_slaba_praksa_14_05_2008.pdf). (6.11.2009).

Kogoj, D., Stopar, B. 2001. Geodetska izmera. Gradivo za pripravo na strokovni izpit iz geodetske stroke. Ljubljana, Geodetski inštitut Slovenije: 37 str

Kogoj, D. 2005. Merjenje dolžin z elektronskimi razdaljemerji. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 159 str.

Kogoj, D., Ambrožič, T., Savšek, S., Bogatin, S., Marjetič, A., Stopar, B., Radovan, D., Berk, S., Mesner, N. 2006. Navodilo za izvajanje klasične geodetske izmere v novem državnem koordinatnem sistemu. Ljubljana, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Geodetski inštitut Slovenije: 14 str.

Kosmatin Fras, M. 2007. Digitalni fotoaparati. Zapiski iz predmeta Fotogrametrija. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo.

Pahulje, D. Čeh, M. 2003. Anketa o uvajanju novih tehnologij v geodetske merske postopke. Geodetski vestnik, 47, 1/2: 27-36.

Podpečan, A. 1961. Topografski načrti. Ljubljana, Univerzitetna založba: 304 str.

Topcon, 2004. Topcon instruction manual Imaging total station GPT-7003i.

Zupanc, G. 2010. Tehnična navodila za izdelavo geodetskega načrta za uporabo v skupni bazi geodetskih načrtov. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Oddelek za geodezijo, Geodetska smer: 87 str.

Žgajnar, B. 2000. Uporaba CCD senzorjev v geodetskih instrumentih. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Oddelek za geodezijo, Geodetska smer: 95 str.

## Internetni viri

Karakteristike GPT 7000i

<http://www.topcon.si/zares%204/dokumenti/gpt7000i.pdf> (9.11.2009).

Geocentar d.o.o. GPT 7000i karakteristike

[http://www.topcon.hr/pdfs/products/GPT7000i\\_karakteristike.pdf](http://www.topcon.hr/pdfs/products/GPT7000i_karakteristike.pdf) (17.3.2010).

Total stations GPT 7000i Series

<http://www.clearymachinery.com/pdf/gpt7000i.pdf> (9.11.2009).

Lengmann

<http://www.lengemann.us/index.asp?PageAction=VIEWPROD&ProdID=154> (13.10.2009).

Prostor – prostorski portal

<http://e-prostor.gov.si/> (27.11.2009).

CCD in CMOS senzor

<http://www.sensorcleaning.com/whatisasensor.php> (11.2.2010)

## Ostali viri

Cijan, T. 2004. Izdelava topografskega načrta študentskih domov v Rožni dolini. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Oddelek za geodezijo, Geodetska smer: 97 str.

Davis, R. 2006. Topcon GPT 7000i Solves Measurment Issues for ENGGlobal. The American Surveyor, June: 6 str.

Kordež, D. 2009. Možnost uporabe geodetskega tahimetra GPT-7000i v praksi. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Oddelek za geodezijo, Geodetska smer: 95 str.

Kralj, J. 2009. Testiranje delovanja in uporabnost videosistema tahimetra Topcon GPT-7003i. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Oddelek za geodezijo, Geodetska smer: 64 str.

Mlinar, J. 2004. Pravilnik o geodetskem načrtu. Geodetski vestnik, 48, 2: 225-226.

Petrovič, D. 2004. Topografski ključ za geodetske načrte. Geodetski vestnik, 48, 3: 445-446.

Pravilnik o geodetskem načrtu. UL RS št. 40/2004

Topcon, 2004. GPT-7000 GPT-7000i Series.

[http://www.gps-topcon.si/images/stories/pdf/ang/GPT7000\\_Broch\\_REVA\\_04.pdf](http://www.gps-topcon.si/images/stories/pdf/ang/GPT7000_Broch_REVA_04.pdf)

[http://www.topconpositioning.com/uploads/tx\\_ttopconproducts/GPT7000\\_Broch\\_REVA\\_04.pdf](http://www.topconpositioning.com/uploads/tx_ttopconproducts/GPT7000_Broch_REVA_04.pdf). (9.11.2009).

Topcon, 2005. GPT-7000i Windows CE Total station. [http://www.topcon-positioning.eu/img/pdf/pdf\\_surveying/Leaflet%20GPT-7000i%20English.pdf](http://www.topcon-positioning.eu/img/pdf/pdf_surveying/Leaflet%20GPT-7000i%20English.pdf). (13.10.2009).

Topcon, 2006a. Reference Manual TopSURV OnBoard. Topcon Japan: 345 str.

Topcon, 2006b. Reference Manual TopSURV OnBoard for GPT-7000i, 1.Function. Topcon Japan: 66 str.

Topcon, 2006c. Reference Manual TopSURV OnBoard for GPT-7000i, 2.Observation. Topcon Japan: 86 str.

Topcon, 2006d. Topocon Link Reference Manual. Topcon Japan: 236 str.

Valh Mataija, M., Marjetič, A., Ježovnik, V., Kogoj, D. 2008. Avtomatski elektronski tahimetri ali kam vodi razvoj TPS sistemov. Geodetski vestnik, 52, 3: 487-499.

## PRILOGE

### Priloga A: Rezultati izračunov prostih stojišč

#### Prosto stojišče 1001:

Resection Results

ID: 1001  
N: 70877.666  
E: 501779.853  
U: 214.947  
HI: 1.730  
Sd N: 0.0117  
Sd E: 0.0274  
Sd U: 0.0256  
Ground v Grid merilo: 0.9990215  
-----

ID: 57  
N: 70791.250  
E: 501736.480  
U: 195.320  
HR: 0.000  
Use: ----  
HA: 314.1427  
VA: 101.3441  
SD: 98.661  
Res HA: -  
Res VA: -  
Res SD: -  
-----

ID: 57  
N: 70791.250  
E: 501736.480  
U: 195.320  
HR: 1.540  
Use: HVKD  
HA: 314.1429  
VA: 101.3440  
SD: 98.661  
Res HA: -0.0135  
Res VA: 0.0018  
Res SD: 0.038  
-----

ID: 44  
N: 70665.830  
E: 501788.860  
U: 179.120  
HR: 1.605  
Use: HVKD  
HA: 285.0636  
VA: 99.3736

#### Prosto stojišče 1002:

Resection Results

ID: 1002  
N: 70867.531  
E: 501866.778  
U: 217.923  
HI: 1.583  
Sd N: 0.0096  
Sd E: 0.0143  
Sd U: 0.0204  
Ground v Grid merilo: 0.9999266  
-----

ID: 57  
N: 70791.250  
E: 501736.480  
U: 195.320  
HR: 1.448  
Use: HVKD  
HA: 105.5512  
VA: 98.3306  
SD: 152.666  
Res HA: -0.0128  
Res VA: 0.0047  
Res SD: 0.021  
-----

ID: 189  
N: 70514.590  
E: 501778.240  
U: 173.048  
HR: 2.400  
Use: HVKD  
HA: 60.1839  
VA: 96.5439  
SD: 366.506  
Res HA: 0.0048  
Res VA: -0.0021  
Res SD: 0.027  
-----

ID: 44  
N: 70665.830  
E: 501788.860  
U: 179.120  
HR: 1.560  
Use: HVKD  
HA: 67.2122  
VA: 100.1027

SD: 215.109  
Res HA: 0.0104  
Res VA: -0.0008  
Res SD: -0.056

### Prosto stojišče 1003:

#### Resection Results

ID: 1003  
N: 70917.382  
E: 501839.710  
U: 227.582  
HI: 1.585  
Sd N: 0.0068  
Sd E: 0.0072  
Sd U: 0.0150  
Ground v Grid merilo: 0.9999151  
-----

ID: 90245  
N: 71129.320  
E: 501070.630  
U: 266.980  
HR: 1.485  
Use: HVKD  
HA: 155.2843  
VA: 87.1049  
SD: 798.776  
Res HA: -0.0020  
Res VA: 0.0010  
Res SD: -0.058  
-----

ID: 189  
N: 70514.590  
E: 501778.240  
U: 173.048  
HR: 1.830  
Use: HVKD  
HA: 58.4448  
VA: 97.3440  
SD: 411.048  
Res HA: -0.0013  
Res VA: 0.0048  
Res SD: 0.007  
-----

ID: 1001  
N: 70877.666  
E: 501779.853  
U: 214.947  
HR: 1.550  
Use: HVKD  
HA: 106.2850  
VA: 100.0126  
SD: 72.925  
Res HA: 0.0114  
Res VA: -0.0113  
Res SD: 0.019

SD: 219.750  
Res HA: 0.0026  
Res VA: 0.0022  
Res SD: -0.065

### Prosto stojišče 1004:

#### Resection Results

ID: 1004  
N: 70835.706  
E: 501907.137  
U: 213.180  
HI: 1.585  
Sd N: 0.0168  
Sd E: 0.0097  
Sd U: 0.0191  
Ground v Grid merilo: 1.0005815  
-----

ID: 90244  
N: 70796.660  
E: 501871.950  
U: 204.630  
HR: 1.673  
Use: HVKD  
HA: 226.1336  
VA: 99.0747  
SD: 53.238  
Res HA: -0.0139  
Res VA: 0.0058  
Res SD: 0.000  
-----

ID: 1001  
N: 70877.666  
E: 501779.853  
U: 214.947  
HR: 1.810  
Use: HVKD  
HA: 292.2432  
VA: 89.0950  
SD: 133.998  
Res HA: 0.0040  
Res VA: -0.0053  
Res SD: 0.038

## Prosto stojišče 1005:

### Resection Results

ID: 1005  
N: 70885.176  
E: 501944.827  
U: 226.205  
HI: 1.471  
Sd N: 0.0087  
Sd E: 0.0065  
Sd U: 0.0158  
Ground v Grid merilo: 0.9999544

-----  
ID: 90244  
N: 70796.660  
E: 501871.950  
U: 204.630  
HR: 1.673  
Use: HVKD  
HA: 158.2921  
VA: 100.3343  
SD: 116.629  
Res HA: 0.0023  
Res VA: -0.0008  
Res SD: 0.003

-----  
ID: 90245  
N: 71129.320  
E: 501070.630  
U: 266.980  
HR: 1.556  
Use: HVKD  
HA: 224.3817  
VA: 87.2538  
SD: 908.590  
Res HA: -0.0015  
Res VA: -0.0005  
Res SD: -0.018

## Priloga B: Delna vsebina datoteke, v katero so izvoženi podatki o točkah

```
Header>> Delimiter(      )
FileFormat(Name, Lon (East) , Lat (North) , Ht (G) , Codes&Strings, Notes) <<
90245 501070.630 71129.320 266.980
189 501778.240 70514.590 173.048
59 501681.630 70589.700 173.890
44 501788.860 70665.830 179.120
90244 501871.950 70796.660 204.630
57 501736.480 70791.250 195.320
90243 502217.460 70775.590 252.630
1001 501779.853 70877.666 214.947
1 501830.309 70858.059 214.713 R_CESTE&"1"
2 501825.438 70863.636 214.938 SKARPA&"1"
3 501825.355 70863.301 214.868 R_CESTE&"2"
4 501811.760 70863.720 214.781 R_CESTE&"1"
5 501806.926 70869.264 214.837 ELE JAVNA RASVETLJAVA
6 501798.380 70872.294 214.985 SKARPA&"1"
7 501798.273 70872.029 214.993 R_CESTE&"2"
8 501796.662 70868.686 214.868 R_CESTE&"1"
9 501794.092 70874.638 215.105 SKARPA&"1"
10 501791.570 70876.874 215.306 SKARPA&"1"
11 501791.143 70875.721 215.134 R_CESTE&"2" R_CESTE&"3"
12 501789.664 70872.486 214.987 R_CESTE&"1"
13 501777.298 70883.510 215.101 ELE
14 501790.612 70870.958 214.797 VODOV
15 501772.105 70886.212 215.114 ELE
16 501772.017 70885.886 215.071 R_CESTE&"2" R_CESTE&"3"
17 501770.670 70882.282 214.826 R_CESTE&"1"
18 501754.493 70892.473 214.973 VODOV
19 501754.325 70892.071 214.992 R_CESTE&"2"
20 501753.221 70888.506 214.777 R_CESTE&"1"
21 501753.159 70892.868 215.052 TRAV&"1"
22 501754.775 70897.241 217.389 NJIVA&"1"
23 501775.713 70891.045 217.218 NJIVA&"1"
24 501787.712 70887.808 217.168 NJIVA&"1"
25 501789.876 70888.760 217.281 NJIVA&"1"
26 501791.971 70890.777 217.293 TRAV&"1" R_CESTE&"5"
27 501790.822 70888.319 216.724 TRAV&"1"
28 501789.104 70885.896 216.075 TRAV&"1"
29 501785.424 70883.985 215.567 TRAV&"1"
30 501779.721 70884.155 215.255 TRAV&"1"
31 501775.134 70885.299 215.141 TRAV&"1"
32 501792.181 70896.703 217.968 NJIVA&"1"
33 501759.202 70906.443 217.755 NJIVA&"1"
34 501778.901 70903.516 218.756 TELEF&"1"
35 501778.787 70902.924 218.449 TELEF
36 501790.656 70878.057 215.318 R_CESTE&"3"
37 501792.459 70883.173 216.014 R_CESTE&"3"
38 501788.852 70884.927 215.907 R_CESTE&"3"
39 501785.627 70883.158 215.404 R_CESTE&"3"
40 501780.838 70883.042 215.127 R_CESTE&"3"
41 501793.411 70882.760 216.275 SKARPA&"1"
42 501795.669 70883.285 216.713 SKARPA&"1"
```

43	501795.583	70883.817	216.581	DVORIS&"1"	
44	501797.789	70883.409	217.001	DVORIS&"1"	
45	501797.800	70881.677	217.062	GARAZA&"1"	
46	501796.454	70877.174	216.622	GARAZA&"1"	
47	501799.726	70876.051	216.727	GARAZA&"1"	
48	501793.397	70887.739	216.651	DVORIS&"2"	R_CESTE&"4"
49	501795.706	70891.579	217.385	DVORIS&"2"	
50	501802.213	70889.253	217.681	SKARPA&"2"	DVORIS&"2"
51	501806.377	70887.710	216.149	SKARPA&"2"	
52	501807.487	70887.445	217.537	HISA&"1"	
53	501807.455	70887.440	216.121	HISA&"1"	
54	501807.446	70887.439	217.683	HISA&"1"	
55	501807.492	70887.442	217.689	HISA&"1"	
56	501802.615	70889.934	219.927	OBROV&"1"	
57	501802.594	70889.919	218.373	OBROV&"1"	
58	501795.883	70892.453	218.376	OBROV&"1"	
59	501800.153	70891.279	218.507	GREZ&"1"	
60	501798.302	70891.897	218.484	GREZ&"1"	
61	501799.157	70894.349	218.572	GREZ&"1"	
62	501801.037	70893.658	218.601	GREZ&"1"	
63	501798.802	70898.044	219.779	DREVO	
64	501798.095	70895.624	219.375	DREVO	
65	501796.713	70895.943	218.906	R_CESTE&"4"	
66	501794.624	70896.754	218.716	R_CESTE&"5"	
67	501797.247	70902.492	220.105	R_CESTE&"5"	
68	501799.341	70901.807	220.135	R_CESTE&"4"	
69	501800.474	70910.462	221.897	R_CESTE&"4"	
70	501798.511	70910.816	221.978	R_CESTE&"5"	
71	501798.119	70916.586	223.262	OBROV&"2"	
72	501797.371	70910.151	222.190	OBROV&"2"	
73	501796.091	70903.641	221.213	OBROV&"2"	
74	501784.793	70906.407	221.626	OBROV&"2"	
75	501801.842	70902.486	220.625	GOSP_OBJ&"1"	
76	501804.007	70901.860	220.684	GOSP_OBJ&"2"	GOSP_OBJ&"1"
77	501803.320	70907.102	222.067	GOSP_OBJ&"1"	
78	501805.343	70906.392	222.313	GOSP_OBJ&"1"	
79	501805.364	70906.656	222.472	GOSP_OBJ&"2"	
80	501806.226	70917.815	224.702	DREVO	
81	501810.120	70899.973	220.497	GOSP_OBJ&"2"	
82	501810.502	70896.896	220.217	HISA&"1"	
83	501809.212	70897.206	220.218	STOP&"1"	
84	501808.251	70894.167	220.157	STOP&"1"	
85	501808.803	70893.962	220.205	STOP&"2"	
86	501808.238	70892.293	220.195	STOP&"2"	
87	501807.245	70892.338	219.458	STOP&"2"	
88	501805.581	70893.245	219.465	STOP&"2"	
89	501806.854	70895.025	219.498	STOP&"2"	
90	501807.987	70894.578	219.486	STOP&"2"	
91	501805.108	70893.636	219.444	SKARPA&"2"	
92	501807.888	70892.100	219.972	STOP&"2"	
93	501807.397	70890.329	219.274	SKARPA&"2"	
94	501802.059	70871.988	216.431	NJIVA&"2"	
95	501822.020	70865.583	216.149	NJIVA&"2"	
96	501826.041	70865.927	216.439	SKARPA&"1"	

## **Priloga C: Geodetski topografski načrt**

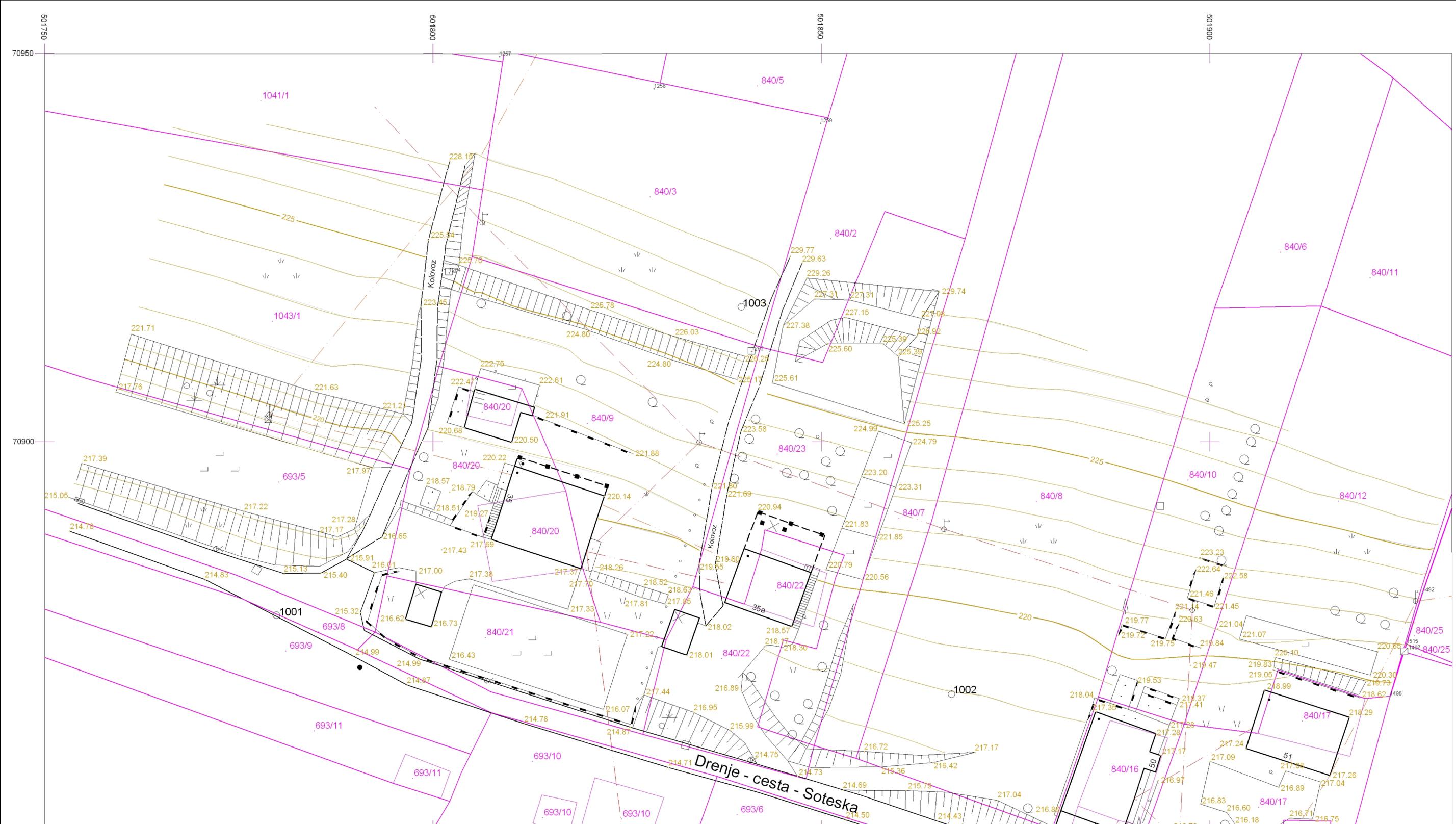
Zupančič, M. 2010. Uporabost tahimetra Topcon GPT 7003i pri detajlni topografski izmeri.  
Dipl. nal. – VSSŠ. Ljubljana, UL, FGG, Oddelek za geodezijo, Geodezija v inženirstvu.

---

### Priloga D: Slike terena, ki jih je izdelal širokokotni senzor







# GEODETSKI TOPOGRAFSKI NAČRT

Izdelal:	Mitja Zupančič
Mentor:	izr. prof.dr. Dušan Kogoj
Somentor:	doc. dr. Simona Savšek
Merilo:	1:500
Datum:	Maj 2010