

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta za
*gradbeništvo in
geodezijo*



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

UNIVERZITETNI ŠTUDIJ
GEODEZIJE
SMER PROSTORSKA
INFORMATIKA

Kandidat:

ROK KORELIČ

SANACIJA MESTNE NIVELMANSKE MREŽE KOPER

Diplomska naloga št.: 933/PI

RENOVATION OF LEVELLING NETWORK KOPER

Graduation thesis No.: 933/PI

Mentor:

doc. dr. Božo Koler

Predsednik komisije:

izr. prof. dr. Dušan Kogoj

Somentor:

asist. Tilen Urbančič

Član komisije:

doc. dr. Mojca Kosmatin Fras

Ljubljana, 12. 09. 2013

STRAN ZA POPRAVKE, ERRATA

Stran z napako

Vrstica z napako

Namesto

Naj bo

»Ta stran je namenoma prazna.«

Podpisani **Rok Korelič** izjavljam, da sem avtor diplomskega dela z naslovom »**Sanacija mestne nivelmanske mreže Koper**«.

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

Izjavljam, da dovoljujem objavo elektronske različice v repozitoriju UL FGG.

Ljubljana, 30.8.2013

Rok Korelič

»Ta stran je namenoma prazna.«

BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

UDK: 528.33(497.12Koper)(043.2)
Avtor: Rok Korelič
Mentor: doc. dr. Božo Koler
Somentorja: izr. prof. dr. Tomaž Ambrožič, asist. Tilen Urbančič univ. dipl. inž. geod.
Naslov: Sanacija mestne nivelmanske mreže Koper
Tip dokumenta: Diplomaska naloga – univerzitetni študij
Obseg in oprema: 46 str., 19 preg., 17 sl., 1 graf. 4 pril.
Ključne besede: Izravnava, nivelmanska mreža, vertikalni premiki, Koper

Izvelek:

V diplomski nalogi je analizirana stara mestna nivelmanska mreža Koper, ki je bila vzpostavljena v petdesetih letih prejšnjega stoletja. Mreža je nepopolna in delno uničena, saj več kot polovica reperjev v naravi ne obstaja. Iz podatkov o izravnavi nivelmanske mreže je razvidno, da je bila natančnost po izravnavi slabša od zahtevane natančnosti za mestne nivelmanske mreže. Izdelan je bil tudi plan sanacije razširjene mestne nivelmanske mreže. Del sanacije mestne nivelmanske mreže, ki zajema mestno jedro smo tudi izvedli. Stabilizirali smo nove reperje in jih skupaj z obstoječimi ponovno izmerili in višinske razlike izravnali ter izdelali ustrezne topografije. Izravnane višine smo uporabili za določitev vertikalnih premikov v mestnem jedru.

S sanacijo ohranjenega dela nivelmanske mreže smo na območju Kopra zagotovili višine v državnem višinskem sistemu, ki predstavljajo ustrezno višinsko izhodišče za izvajanje geodetskih del na območju Kopra.

»Ta stran je namenoma prazna.«

BIBLIOGRAPHIC – DOCUMENTALISTIC INFORMATION

UDC: 528.33(497.12Koper)(043.2)
Author: Rok Korelič
Supervisor: Assist. Prof. Božo Koler, Ph. D.
Co-advisor: Assoc. Prof. Tomaž Ambrožič, Ph. D., Assist. Tilen Urbančič B. Sc.
Title: Renovation of Levelling Network Koper
Document type: Graduation Thesis – University studies
Notes: 46 p., 19tab., 17 fig., 1 graph.,4 ann.
Key words: Adjustment, levelling network, vertical displacements, Koper

Abstract:

In the graduation thesis I analysed the old levelling network of Koper city center, which was first established in the 50s of last century. The network was not complete and also partly damaged, because almost half of the benchmarks do not exist in nature. From the data we got about the levelling network we can see that the accuracy after adjustment was lower than expected.

With another attempt of adjustment we tried to get better results. We also made a plan of expanded levelling network. From this plan, we measured only the part which covers the city center. Then we stabilized the new benchmarks and made measurements with new and old ones. Afterwards we adjusted the height differences and made topography of the benchmarks. We used the measured heights to establish vertical displacement in city center.

With renovation of the preserved part of levelling network in the region of Koper, we ensured height in national coordinate system which represented height base for geodetic measurements in center of Koper.

»Ta stran je namenoma prazna.«

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorju doc. dr. Božu Kolerju ter somentorjema izr. prof. dr. Tomažu Ambrožiču in asist. Tilnu Urbančiču univ. dipl. inž. geod. za vso pomoč, strokovno usmerjanje in vložen čas pri nastajanju diplomske naloge.

Zahvala gre tudi družini, sošolcem in prijateljem za podporo in spodbujanje v času študija.

»Ta stran je namenoma prazna.«

KAZALO VSEBINE

1	UVOD	1
2	DRŽAVNI KOORDINATNI SISTEM	2
2.1	Višinski sistemi in višine	2
2.1.1	Fizikalni višinski sistem	2
2.1.2	Geometrični višinski sistem	2
2.2	Višinska geodetska mreža Slovenije	3
2.3	Geodetski datum	3
2.4	Mareografska postaja Koper	4
2.5	Nivelmanska zanka mareografske postaje Koper	5
3	NIVELMANŠKE MREŽE V RS	6
3.1	Razdelitev	6
3.2	Dopustna odstopanja	7
3.2.1	Vključitev v državni višinski sistem	7
3.2.2	Dopustna odstopanja	8
3.2.3	Natančnost merjenja, računanja in zapisa rezultatov	8
3.3	Vrste nivelmanskih reperjev	8
3.3.1	Normalni reper.....	8
3.3.2	Fundamentalni reper	9
3.3.3	Delovni reper	9
3.3.4	Način stabilizacije.....	9
3.4	Metoda določanja nadmorskih višin reperjev	10
3.4.1	Geometrični nivelman.....	11
3.5	Oštevilčevanje reperjev	12
4	NIVELIR IN NIVELMANŠKE LATE	13
4.1	Natančnost nivelirjev	13
4.2	Vrste nivelirjev	13
4.2.1	Optični nivelirji	13
4.2.2	Digitalni nivelirji	14
4.3	Nivelmanske late	14

5	MESTNA NIVELMANSKA MREŽA KOPER	15
5.1	Izmera in izračun nivelmanske mreže leta 1952.....	16
5.1.1	Izmera nivelmanske mreže.....	16
5.1.2	Izračun nadmorskih višin reperjev.....	16
5.1.3	Preračun meritev iz leta 1952.....	18
5.2	Projekt dopolnitve nivelmanske mreže koper	22
5.2.1	Rekognosciranje terena.....	24
5.2.2	Izbira oblike reperjev in vgradnja reperjev	25
5.2.3	Izdelava topografij novo stabiliziranih reperjev	27
5.3	Izmera dopolnjene nivelmanske mreže.....	29
5.3.1	Instrumentarij	29
5.3.2	Metoda izmere.....	30
5.3.3	Obdelava merjenih višinskih razlik	31
5.3.3.1	Izračun popravkov merjenih višinskih razlik	32
5.3.3.2	Izračun odstopanj obojestransko merjenih nivelmanskih linij in zapiranje nivelmanskih zank.....	33
5.3.3.3	Ocena natančnosti meritev.....	37
5.4	Izravnava merjenih višinskih razlik s programom Vim Win.....	38
5.4.1	Potek izravnave višine	39
5.4.2	Rezultati izravnave sanirane nivelmanske mreže	39
5.4.3	Primerjava višin sanirane nivelmanske mreže in podatkov iz arhiva GURS	40
6	VERTIKALNI PREMIKI REPERJEV NA OŽJEM OBMOČJU KOPRA	41
7	ZAKLJUČEK	44
VIRI		45

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Podatki o nivelmanskih mrežah	7
Preglednica 2: Dopustna odstopanja v zankah	8
Preglednica 3: Natančnost meritev, vmesnega računanja in zapisovanja rezultatov	8
Preglednica 4: Nadmorske višine reperjev – izračun leta 1952	18
Preglednica 5: Odstopanja pri zapiranju nivelmanskih zank	20
Preglednica 6: Odstopanja pri zapiranju sestavljenih nivelmanskih zank brez nivelmanskih poligonov med uničenimi reperji	21
Preglednica 7: Podatki iz topografije o reperju R15	28
Preglednica 8: Tehnične specifikacije Leica DNA 03	30
Preglednica 9: Podatki poročila o kalibraciji	32
Preglednica 10: Tabela popravkov izmerjenih višinskih razlik (opravljeno 8.5.2013)	34
Preglednica 11: Tabela popravkov izmerjenih višinskih razlik (opravljeno 5.6.2013)	35
Preglednica 12: Izmera nivelmanskih linij iz leta 2001	36
Preglednica 13: Izračun odstopanja pri zapiranju nivelmanskih zank	36
Preglednica 14: Izračun ocene natančnosti pred izravnavo	38
Preglednica 16: Izravnavo mestne nivelmanske mreže Koper 2013	40
Preglednica 17: Primerjava višin reperjev	40
Preglednica 18: Primerjava višin in natančnosti določitve višin reperjev med izmerama iz leta 1952 in 2013	41
Preglednica 19: Vertikalni premiki reperjev	42

KAZALO GRAFIKONOV

Grafikon 1: Grafični prikaz vertikalnih premikov	43
--	----

KAZALO SLIK

Slika 1: Višine točk v različnih višinskih sistemih	3
Slika 2: Stari (levo) in novi (desno) mareograf	4
Slika 3: Nivelmanska zanka mareografske postaje Koper	5
Slika 4: Skica tipov izmeritvenih znamenj – reperjev.....	10
Slika 5: Merjenje višinske razlike med reperjema po delih.....	11
Slika 6: Prikaz mestne nivelmanske mreže Koper iz leta 1952	15
Slika 7: Nivelmanski obrazec številka 4 – izravnava vozlišča 12	17
Slika 8: Topografija reperja R12	18
Slika 9: Tvorjene nivelmanske zanke	19
Slika 10: Nivelmanska mreža brez nivelmanskih poligonov med uničenimi reperji.....	21
Slika 11: Idejna zasnova mestne nivelmanske mreže Koper	23
Slika 12: Nivelmanska zanka na severnem delu mesta.....	25
Slika 13: Skica reperja	26
Slika 14: Primer terenske skice topografije reperja 45	27
Slika 15: Prikaz položaja reperja 15	28
Slika 16: Digitalni nivelir Leica DNA in nivelmanska lata s kodno razdelbo.....	29
Slika 17: Skica sanirane mestne nivelmanske mreže Koper	31

»Ta stran je namenoma prazna.«

1 UVOD

Koper, največje slovensko obmorsko mesto, je nekoč bil otok, z obrambnim obzidjem in le eno cestno povezavo preko lesenega mosta. V začetku 19. stoletja je otok dobil še cestno povezavo proti Semedeli. Območja med Koprom in celino, katere del so prekrivale soline, so zaradi gospodarskega in družbenega razvoja ter potreb po novih zemljiških površinah sčasoma zasuli.

(<http://www.koper.si/index.php?page=static&item=2002189>)

Zasuta območja so v drugi polovici 20. stoletja namenili za gradnjo. Gradili so poslovne stavbe, ceste, športne objekte in Luko, kasneje pa tudi trgovske centre in stanovanjske objekte.

Območje je zaradi mehkih, slabo nosilnih tal podvrženo posedanjem, ki so vidna že s prostim očesom na cestni infrastrukturi in pri zunanji ureditvi objektov. Zaradi kvantitativnega spremljanja posedanja ima večina objektov vgrajene reperje. Ti reperji so le lokalno uporabni za morebitna spremljanja posedanj objektov, saj oblika in velikost reperjev ne ustrezata predpisanim, ki so navedeni v Pravilniku o tehničnih normativih za mreže temeljnih geodetskih točk. Geodetska uprava republike Slovenije ne vodi evidence o teh reperjih. Izjema je le območje Luke Koper, ki ima razvito svojo mrežo. Ta je navezana na staro mestno nivelmansko mrežo in je uporabna le v območju pristanišča.

Mestno nivelmansko mrežo bi bilo potrebno vzpostaviti za celotno območje mesta Koper, vendar bi bila mreža v takem obsegu finančno, časovno in logistično preobsežen projekt za diplomsko delo. Zato smo se odločili, da mrežo saniramo samo v mestnem jedru.

Osnovni namen naloge je pridobiti nivelmansko mrežo v mestnem jedru, ki je ažurna in natančna ter ima ustrezno stabilizirane reperje, ki imajo določeno pravo višino. Ti reperji so enakomerno in smiselno razporejeni po celotnem mestnem jedru.

Mreža vzpostavljena leta 1952 je večinoma uničena, le nekaj reperjev je še fizično obstoječih, vendar vsi nimajo določene natančne višine. Uporabni so le reperji v zanki mareografa, ki je bila izmerjena leta 2000, 2006, 2007 in 2013 z namenom spremljanja vertikalnih premikov mareografske postaje.

Sanacijo mreže smo začeli s pregledom obstoječih reperjev na terenu. Preučili smo območja, kjer ni stabiliziranih reperjev in določili mesta, kjer smo nato stabilizirali nove reperje. Mrežo smo navezali na reperje v zanki mareografa. Meritve smo opravili z nivelirjem Leica DNA 03 in parom kompariranih invar nivelmanskih lat. Uporabili smo tudi meritve mestne nivelmanske mreže inž. Lojka iz leta 2001 (Lojk, 2002). Mrežo smo izravnali s programom VimWin in tako pridobili nadmorske višine, ki so navedene v topografijah reperjev.

2 DRŽAVNI KOORDINATNI SISTEM

Star državni koordinatni sistem D48 (sistem na geoidu) temelji na astrogeodetski mreži (astronomska geografska širina Φ , astronomska geografska dolžina Λ) in na nivelmanski mreži visoke natančnosti, določena z metodo geometričnega nivelmana (ortometrična višina H). Zaradi zahtev novih tehnologij in potrebe povezave koordinatnih sistemov znotraj Evrope je postal uradni državni koordinatni sistem ESRS. Ta sestoji iz ETRS 89, ki je položajna komponenta in EVRS2000, ki določa položaj v vertikalnem smislu (Režek in ost., 2004)

2.1 Višinski sistemi in višine

2.1.1 Fizikalni višinski sistem

Višine v fizikalnih višinskih sistemih povezujejo nivelmansko in gravimetrično izmero, torej so odvisne od težnostnega polja Zemlje.

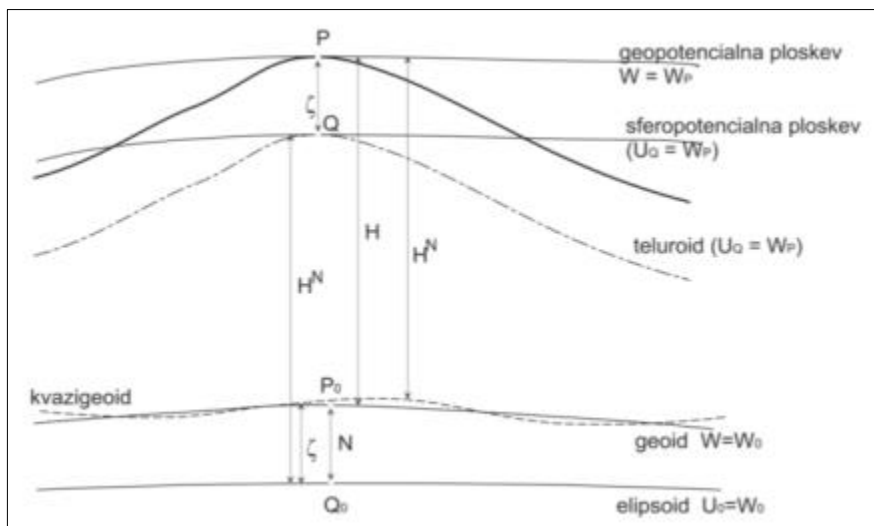
Poznamo več fizikalnih višinskih sistemov. Osnovo vsem predstavljajo geopotencialne kote, ki jih določimo na podlagi nivelmanske in gravimetrične izmere. Enota za geopotencialno koto je geopotencialno število (m^2/s^2). Če geopotencialno število delimo s težnostnim pospeškom, dobimo višino podano v metrih (Koler in ost., 2007).

Poznamo dinamične višine, ki jih dobimo, če geopotencialno koto delimo s konstantno vrednostjo težnostnega pospeška. Normalno višino dobimo na osnovi normalne težnosti na elipsoidu in težnosti, pripadajoče točke na teluroidu. Normalna težnost je neodvisna od porazdelitve mas v Zemlji. Vzdlž težišnice med točko na površini Zemlje in točko na geoidu je določen težnostni pospešek za ortometrične višine. Pravega težnostnega pospeška ne poznamo, zato je težnost definirana na osnovi hipotez o spreminjanju težnostnega pospeška pod površjem Zemlje (Koler in ost., 2007).

2.1.2 Geometrični višinski sistem

Geometrični višinski sistem ni povezan s težnostnim poljem Zemlje. Višine so pridobljene geometrično z GNSS, imenujemo jih elipsoidne višine. Elipsoidna višina predstavlja najkrajšo razdaljo med točko na Zemlji in referenčnim elipsoidom.

Elipsoidne višine so za vsakdanjo rabo neuporabne. Možen pa je prehod med elipsoidnimi in ortometričnimi višinami oziroma normalnimi višinami. Geoidna višina (N) predstavlja oddaljenost med elipsoidom in geoidom. Anomalija višine (ζ) pa predstavlja oddaljenost med elipsoidom in kvazigeoidom (Koler in ost., 2007).



Slika 1: Višine točk v različnih višinskih sistemih (Koler in ost., 2007)

2.2 Višinska geodetska mreža Slovenije

Višinska geodetska mreža Slovenije je podana z višinami reperjev v normalnem ortometričnem sistemu. Ta sistem je iz 19. stoletja in je zastarel, saj višine niso določene z nivelmansko in gravimetrično izmero, kar je osnova za sodoben višinski sistem. Normalni ortometrični višinski sistem nima geometrijske izhodiščne ploskve, kot sta za ortometrične višine geoid oziroma za normalne višine kvazigeoid. Od leta 1990 do leta 2000 je potekalo preračunavanje nivelmanske mreže v Sloveniji. Celotna mreža je navezana na fundamentalni reper, ki je bil stabiliziran na zelo stabilnem terenu v bližini Rušah, že leta 1878ki je bil stabiliziran.

2.3 Geodetski datum

Geodetski datum predstavlja referenčno ploskev, ki ima določeno obliko in velikost. V geodeziji ločimo med horizontalnimi in vertikalnimi datumi.

Za potrebe diplomskega dela je bolj pomemben vertikalni datum. Vertikalni datum predstavlja geoid, ki uprizarja srednji nivo morja. V Sloveniji so uradne višine navezane na vertikalni datum Trst oziroma na normalni reper v Rušah, ki je določen v vertikalnem datumu Trst. Vertikalni datum Trst predstavlja srednji nivo morja, izmerjen na mareografu na pomolu Sartorio v Trstu. Srednji nivo so določili leta 1875 na osnovi enoletnih opazovanj morja. Za potrebe določitve srednjega nivoja morja pa bi morali neprekinjeno opazovati vsaj 18,6 let. Takrat so želeli povezati srednje nivoje Sredozemskega morja s severnimi morji z namenom določitve enotnega reperja za celotno Evropo. Tega pa niso nikoli storili, saj so ugotovili, da je srednji nivo Sredozemskega morja za 13 cm nižji od srednjega nivoja severnih morij (Kuhar, 2007).

Sterneck je že leta 1904 podvomil, da vertikalni datum Trst ne predstavlja srednjega nivoja morja. Primerjal je višine reperja mareografa v Trstu s tistimi v Dubrovniku in Puli. Izračunal je, da se višine razlikujejo za 8,99 cm. Torej vertikalni datum Trst ne predstavlja srednjega nivoja morja ampak neko ploskev, ki je 8,99 cm pod njim. Tudi kasneje se je s tem problemom ukvarjalo še nekaj geodetov in geofizikov. Iz različnih virov lahko zasledimo, da se vertikalni datum Trst razlikuje od izračunanega srednjega nivoja morja med 6,056 cm in 18,5 cm (Kuhar, 2007).

Leta 2005 je bila v Kopru vzpostavljena nova sodobna mareografska postaja. Vključena je v evropsko službo spremljanja mareografov ESEAS (European Sea Level Service) in tudi v svetovno mrežo mareografov.

2.4 Mareografska postaja Koper

Agencija Republike Slovenije za okolje (ARSO) je leta 2005 vzpostavila novo sodobno mareografsko postajo v okviru projekta FP5 ESEAS-RI (Framework Programme 5 European Sea Level Service – Research Infrastructure) in nacionalnega projekta posodobitve hidrološke postaje (Stopar in ost., 2006).

Mareografska postaja je postavljena ob carinskem pomolu, kjer je pred tem že stal star mareograf. Med postavitvijo nove mareografske postaje so star mareograf ustrezno premestili in s tem preprečili izgubo njegovih podatkov. Tako so tudi zagotovili, da so meritve potekale neprekinjeno.



Slika 2: Stari (levo) in novi (desno) mareograf

Mareografska postaja je opremljena s sprejemnikom GNSS, ki povezuje opazovanja morja s terestričnim referenčnim sistemom in je tako vključena v državni koordinatni sistem. Preko antene GNSS je mogoče tudi spremljati morebitne premike mareografske postaje.

2.5 Nivelmanska zanka mareografske postaje Koper

Za potrebe spremljanja višinskih premikov se je izvedla nivelmanska izmera zanke nivelmanske postaje Koper. Ker ležijo mareograf in bližnji reperji na geološko precej nestabilnem območju, so reper mareografa in reper, ki predstavlja zavarovanje repera mareografa, stabilizirali v skale za Hotelom Koper. Reperja nadomeščata reper R5486, na katerega je bila navezana stara mareografska postaja (Stopar in ost., 2006).

Izmerjena nivelmanska zanka ima 6 reperjev. Poleg repera mareografa (9000) in zavarovanja repera mareografa (9001) so v zanki še reper na upravi za pomorstvo (9004), na Kidričevi ulici (9003), na stari bolnici (9002) ter reper na Hotelu Koper (R5486).



Slika 3: Nivelmanska zanka mareografske postaje Koper

Zanka je izmerjena po pravilih za nivelmanske mreže z veliko natančnostjo (NVN), ki je najnatančnejša mreža.

Reperja 9002 in 9003 imata v nekaterih uradnih evidencah drugačne oznake. Reper 9002 se pojavi pod oznako N5007, reper 9003 pa pod oznako N5006.

3 NIVELMANSKE MREŽE V RS

V diplomski nalogi imamo opravka tako s starimi kot z novimi meritvami. Na vsakem koraku našega življenja je čutiti napredek znanosti in tehnologije. Tudi geodezija ni pri tem nobena izjema.

Za začetek si pogledjmo, kako je nekoč izgledala klasifikacija nivelmanskih mrež in kakšna so pravila za izvedbo meritev nivelmanske mreže.

Podatki so pridobljeni iz RGU (1981).

3.1 Razdelitev

Razdelitev do leta 1955:

- precizni nivelman 1. reda,
- precizni nivelman 2. reda,
- precizni nivelman 3. reda,
- tehnični nivelman,
- dopolnilni nivelman.

Razdelitev med 1955 do 1981:

- nivelman z veliko natančnostjo,
- precizni nivelman,
- tehnični nivelman s povečano natančnostjo,
- dopolnilni nivelman.

Razdelitev po letu 1981:

- a) Nivelmanske mreže višjega reda:
 - nivelmanska mreža z veliko natančnostjo (NVN),
 - nivelmanska mreža 1. reda,
 - nivelmanska mreža 2. reda,
 - mestna nivelmanska mreža 1. reda.
- b) Nivelmanske mreže nižjega reda:
 - nivelmanska mreža 3. reda,
 - nivelmanska mreža 4. reda,
 - mestna nivelmanska mreža 2. reda.

3.2 Dopustna odstopanja

Pravilnik predpisuje (RGU, 1981), kako morajo biti posamezne nivelmanske mreže navezane na izmeritvena znamenja, prav tako pa predpisuje tudi, kakšna so dopustna odstopanja pri izmeri nivelmanskih mrež različnih redov.

3.2.1 Vključitev v državni višinski sistem

Višinske ali nivelmanske mreže so vključene v državni višinski sistem na način, ki zagotavlja ustrezno natančnost mreže.

Po pravilniku (RGU, 1981) mora biti nivelmanska mreža z veliko natančnostjo (NVN) navezana na normalni reper. Mestna nivelmanska mreža 1. reda pa mora biti navezana na dva reperja, ki sta vključena v mrežo NVN. Obe mreži se razvija v obliki nivelmanskih zank. Te so sestavljene iz nivelmanskih poligonov. Pri obeh mrežah se na nekaj km stabilizirajo fundamentalni reperji, ki služijo za fizično zavarovanje mreže in spremljanje premikov. Nadmorske višine se izračunajo z istočasno izravnavo vseh zank znotraj mreže.

Ostale mreže se razvijajo v obliki nivelmanskih poligonov. Za pridobitev nadmorskih višin vključimo nivelmanski poligon med dane reperje višjega oziroma enakega reda in izravnamo višine.

Preglednica 1: Podatki o nivelmanskih mrežah

	Dolžina poligonov [km]	Dolžina zank [km]	Razdalja med reperji [km]	Razdalja med fundamentalnimi reperji [km]	Število reperjev v mreži
Mreža NVN	40 – 300	200– 800	3 – 6	2 – 50	962
N.m.1. reda	30 – 150	–	5	–	914
N.m.2. reda	20 – 100	–	4	–	779
N.m.3. reda	10 – 50	–	2	–	926
N.m.4. reda	do 25	–	1	–	3135
M.n.m.1. reda	2 – 7	6 – 20	0,5	5 – 15	4681
M.n.m.2. reda	0,5 – 1,2	–	0,2	–	

Preglednica 1 prikazuje, kako naj bi bile zasnovane nivelmanske mreže. Mestne mreže so manjše mreže z manjšimi razdaljami in večjo gostoto reperjev, saj je v mestih večja potreba po višinah.

Geodetske mreže se vzpostavljajo po principu iz velikega v malo. Najprej se vzpostavi mrežo z največjimi razdaljami med reperji in največjo natančnostjo. Nato se mrežo zgosti tako, da dobimo mreže nižjih redov z manjšo razdaljo med reperji in manjšo natančnostjo.

3.2.2 Dopustna odstopanja

V preglednici 2 podajamo za posamezen red nivelmanske mreže dopustna odstopanja med niveliranjem naprej in nazaj, dopustna odstopanja v sklenjenih nivelmanskih zankah in dopustna odstopanja med dano in merjeno višinsko razliko, ki jih navaja Pravilnik (RGU, 1981).

Preglednica 2: Dopustna odstopanja v zankah

	Dopustno odstopanje med niveliranjem naprej in nazaj [Δ v mm, s v km]	Dopustno odstopanje sklenjenih niv. zank [f v mm, s v km]	Dopustno odstopanje za dano in merjeno višinsko razliko [f v mm, s v km]
Mreža NVN	$\Delta = \pm 2\sqrt{s + 0,04s^2}$	$f = \pm\sqrt{s + 0,04s^2}$	–
N.m.1. reda	$\Delta = \pm 3\sqrt{s + 0,04s^2}$	–	$f = \pm 1,5\sqrt{s + 0,04s^2}$
N.m.2. reda	$\Delta = \pm 4\sqrt{s + 0,04s^2}$	–	$f = \pm 2\sqrt{s + 0,04s^2}$
N.m.3. reda	$\Delta = \pm 10\sqrt{s + 0,04s^2}$	–	$f = \pm 5\sqrt{s + 0,04s^2}$
N.m.4. reda	$\Delta = \pm 16\sqrt{s + 0,06s^2}$	–	$f = \pm 8\sqrt{s + 0,06s^2}$
M.n.m.1. reda	$\Delta = \pm 4\sqrt{s + 0,04s^2}$	$f = \pm 2\sqrt{s + 0,04s^2}$	–
M.n.m.2. reda	$\Delta = \pm 6\sqrt{s + 0,04s^2}$	–	$f = \pm 3\sqrt{s + 0,04s^2}$

3.2.3 Natančnost merjenja, računanja in zapisa rezultatov

Pravilnik predpisuje (RGU, 1981), kakšna je potrebna natančnost za izvedbo meritev, vmesnega računanja in zapisa rezultatov.

Preglednica 3: Natančnost meritev, vmesnega računanja in zapisovanja rezultatov

	Natančnost meritev	Natančnost računanja	Natančnost zapisa rezultatov
Niv. mreže višjih redov	< 0,1 mm	0,01 mm	0,1 mm
Niv. mreže nižjih redov	< 1 mm	0,1 mm	1 mm

Nivelmanske mreže višjih redov zahtevajo 10 krat večjo natančnost meritev, računanja in zapisa rezultatov, kot mreže nižjih redov (preglednica 3).

3.3 Vrste nivelmanskih reperjev

3.3.1 Normalni reper

Normalni reper je potrebno stabilizirati na geološko stabilnem terenu. Pogosto je postavljen v stavbi mareografa ali njegovi bližini. Lahko je postavljen tudi dlje, če tla ob mareografu niso dovolj stabilna.

Normalni reper ima sistem zavarovanj, z namenom ponovne vzpostavitve v primeru poškodb ali uničenja. Zavarovanja skupaj z reperjem tvorijo mikro nivelmansko mrežo (Urbančič, 2010).

Višina normalnega reperja je določena na podlagi mareografskih meritev. Normalni reper predstavlja fizično izhodišče višinskega koordinatnega sistema oz. določa višino ničelne nivojske ploskve. Višino reperja privzamemo kot referenčno višino za vso državo ali območje.

3.3.2 Fundamentalni reper

Fundamentalni reperji služijo kot zavarovanje nivelmanskih mrež z veliko natančnostjo in kot izhodišče za precizne geodetske meritve. Stabilizirani morajo biti na geološko stabilnem terenu. Višino fundamentalnih reperjev se določi z navezavo na normalni reper po pravilih za nivelmansko mrežo velike natančnosti. Zavarovan mora biti z vsaj dvema reperjema, ki sta lahko delovna reperja. Skupaj tvorijo mikro nivelmansko mrežo fundamentalnega reperja. Vključeni so v nivelmansko mrežo velike natančnosti in v mestno nivelmansko mrežo prvega reda (Urbančič, 2010).

3.3.3 Delovni reper

Delovni reperji so najpogostejša vrsta reperjev. Uporabljeni so pri vsakdanjih geodetskih meritvah. Stabilizirani so na lokalno stabilnih objektih in dostopni vsem. Poznamo nizke, visoke in talne delovne reperje. Višino nizkega delovnega reperja predstavlja najvišja točka kovinskega čepa. Visoki delovni reper ima obliko ploščice z luknjo, ta pa predstavlja višino reperja. Meritve na visokem delovnem reperju opravimo s posebnim merilcem, ki ga obesimo v luknjo, ali viziramo direktno v luknjico reperja z nivelirjem, ki ima mikrometrski vijak in nitni križ v obliki klina. Talni delovni reperji so vertikalno vgrajeni kovinski čepki. Vrh čepka predstavlja višino reperja (Urbančič, 2010).

3.3.4 Način stabilizacije

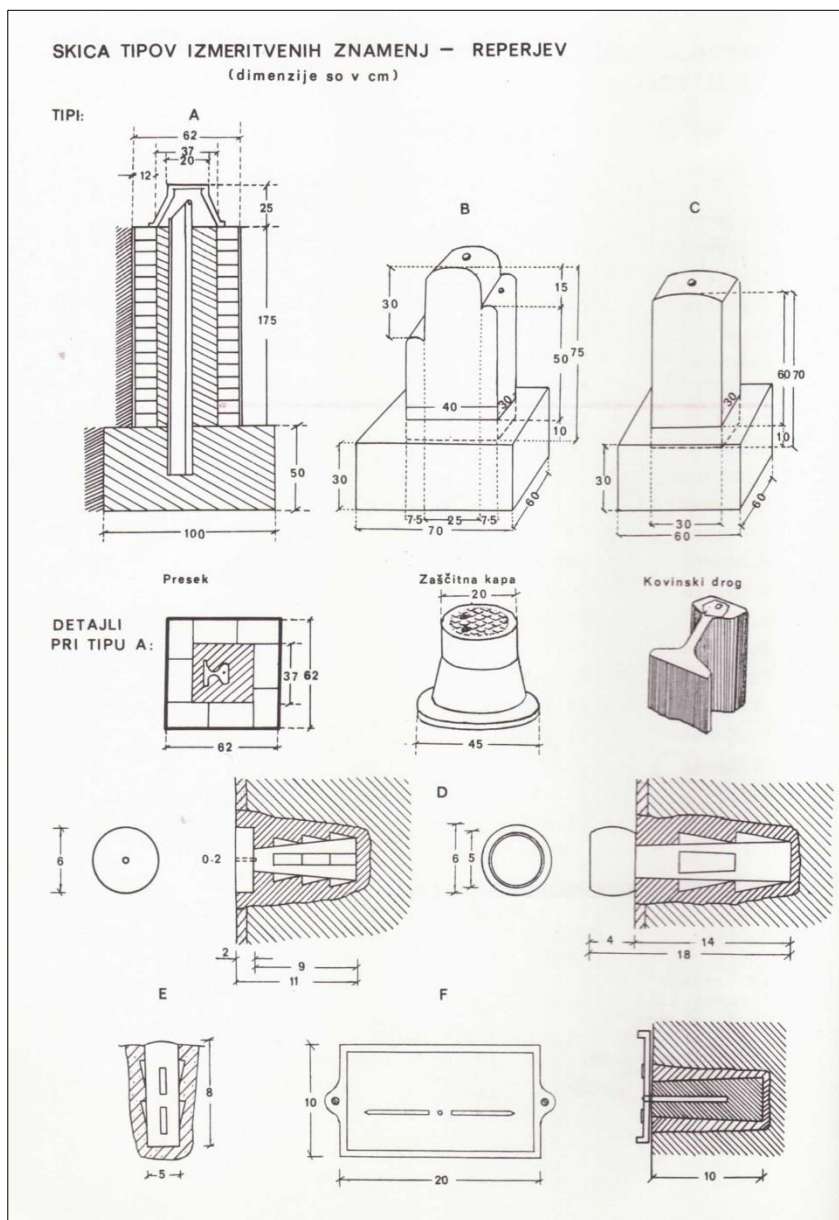
Višinske točke se stabilizirajo s predpisanimi izmeritvenimi znamenji. Ta so vgrajena na stabilna tla ali objekte, na način, ki zagotavlja njihov dolgotrajen obstoj. Oblika izmeritvenega znamenja mora zagotavljati, da je tisti del znamenja, ki predstavlja višino, enolično določen.

Lahko se uporabljajo tudi drugačna znamenja, vendar le, če je dokazano, da ta lahko enakovredno ali bolje nadomestijo predpisana znamenja.

Tipi izmeritvenih znamenj (RGU, 1981):

- tip A: betonski steber s podložno ploščo, kovinskim drogom in zaščitno kapo,
- tip B: betonski ali kamniti dvojni steber s podložno ploščo in s pokončno vzdanimi kovinskima čepoma,

- tip C: betonski ali kamniti stebler s podložno ploščo in s pokončno vzdanim kovinskim čepom,
- tip D: vodoravno vzdani kovinski čep,
- tip E: pokončno vzdani kovinski čep,
- tip F: kovinska ploščica z luknjico in marko.



Slika 4: Skica tipov izmeritvenih znamenj – reperjev (RGU, 1981)

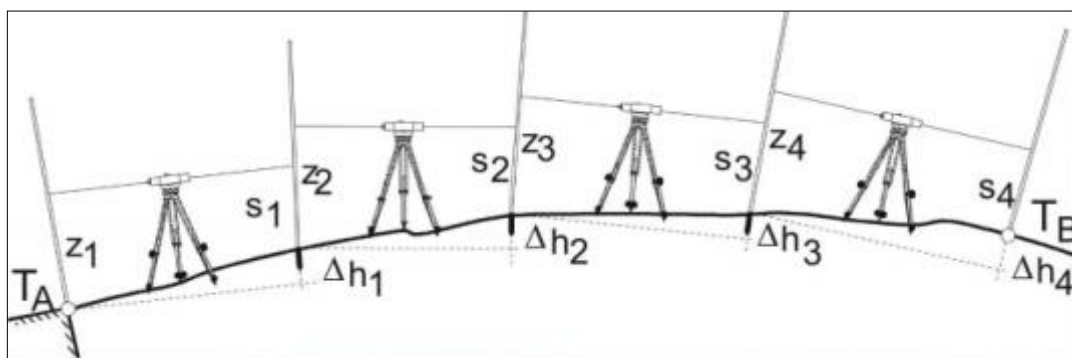
3.4 Metoda določanja nadmorskih višin reperjev

Nadmorske višine znotraj nivelmanskih mrež se določajo z geometričnim nivelmanom oz. s postopki, ki zagotavljajo enako natančnost kot pri niveliranju.

3.4.1 Geometrični nivelman

Geometrični nivelman je postopek za merjenje višinskih razlik. Nivelir zagotavlja horizontalno vizuro in čitanje na nivelmanski lati. Je tudi najnatančnejša metoda višinomerstva.

Uporablja se tako za detajlno izmero kot za meritve v državnih višinskih mrežah.



Slika 5: Merjenje višinske razlike med reperjema po delih (Kogoj, 2007)

Izvedba meritev pri geometričnem nivelmanu je preprosta. Z nivelirjem se postavimo na sredino med dvema reperjema, ki ju želimo izmeriti. Nivelir horizontiramo in odčitamo odčitke na vertikalno postavljenih laticah.

Višinske razlike med dvema bližnjima reperjema z enim samim stojiščem izračunamo z enačbo:

$$\Delta h = l_z - l_s$$

Če je razdalja med dvema reperjema prevelika, ali če je višinska razlika med reperjema prevelika, višinsko razliko merimo po delih. To storimo tako, da uporabimo izmenišča. Na izmenišče postavimo »žabo«, na žabo pa lato. Preko izmenišč prenašamo višino od začetnega do končnega reperja. Enačba za izračun višinske razlike po delih je:

$$\Delta h_A^B = \Delta h_1 + \Delta h_2 + \Delta h_3 + \Delta h_4$$

oziroma:

$$\Delta h_A^B = l_z^1 - l_s^1 + l_z^2 - l_s^2 + l_z^3 - l_s^3 + l_z^4 - l_s^4$$

oziroma:

$$\Delta h_A^B = \Sigma l_z - \Sigma l_s$$

kjer so:

Δh_A^B ...merjena višinska razlika med točko A in točko B

l_z ...odčitek na lati zadaj

l_s ...odčitek na lati spredaj

3.5 Oštevilčevanje reperjev

Pravilnik predpisuje (RGU, 1981), da se od leta 1970 višinske reperje oštevilčuje takole;

Fundamentalnim reperjem v mreži NVN se poleg označbe »FR« in kraja, kjer se reper nahaja, dodajo tudi številke:

- od 1001 do 1999 za vertikalno vzdane reperje,
- od 2001 do 2999 za horizontalno vzdane reperje,
- od 3001 do 3999 za vertikalno vzdane reperje z globinskim temeljenjem.

V nivelmanskih mrežah 1., 2., 3. in 4. reda se oštevilčba na novo postavljenih reperjev izvede v okviru nivelmanskih poligonov, in sicer od 1 naprej.

Fundamentalni reperji mestne nivelmanske mreže 1. reda se označujejo s črkama FR in s številkami od 1 naprej.

V mestni nivelmanski mreži 1. in 2. reda se oštevilčba reperjev izvede v mejah mesta, in sicer od 1 naprej.

4 NIVELIR IN NIVELMANSKE LATE

Nivelir je optično-mehanski in elektronski instrument za merjenje višinskih razlik. Je instrument, ki zagotavlja horizontalno vizuro. Nivelir je eden od najstarejših in najnatančnejših geodetskih instrumentov (Kogoj, 2007).

4.1 Natančnost nivelirjev

Natančnost nivelirjev merimo s standardnim odklonom dvojnega nivelmana $\sigma_{0\Delta h}$. ($\sigma_{DIN 18723-3}$ ali $\sigma_{ISO17123-2}$)

Nivelirje po natančnosti razvrstimo v 5 skupin:

- | | |
|-------------------------------------|--|
| - Nivelirji majhne natančnosti | $10 \text{ mm/km} < \sigma_{0\Delta h}$ |
| - Nivelirji srednje natančnosti | $10 \text{ mm/km} \geq \sigma_{0\Delta h} \geq 3 \text{ mm/km}$ |
| - Nivelirji visoke natančnosti | $3 \text{ mm/km} \geq \sigma_{0\Delta h} \geq 1 \text{ mm/km}$ |
| - Nivelirji zelo visoke natančnosti | $1 \text{ mm/km} \geq \sigma_{0\Delta h} \leq 0,5 \text{ mm/km}$ |
| - Nivelirji najvišje natančnosti | $\sigma_{0\Delta h} < 0,5 \text{ mm/km}$ |

Za merjenje v državnih višinskih mrežah je potrebno uporabiti nivelirje najvišje natančnosti (Kogoj, 2007).

4.2 Vrste nivelirjev

4.2.1 Optični nivelirji

Optični nivelirji so najstarejši tip nivelirjev. Ob daljnogledu imajo nitni križ, preko katerega operater oceni odčitek na lati. Odčitke se nato zapisujejo v ustrezne obrazce oziroma zapisnike.

Ločimo (Kogoj, 2007):

- nivelirje z nivelacijsko libelo. Na daljnogledu imajo pritrjeno cevno libelo, s katero dosežemo horizontalno vizuro.
- kompenzacijski nivelirji. Namesto cevne libele imajo vgrajen kompenzator, ki ob približnem horizontiranju nivelirja zagotavlja horizontalno vizuro.
- nivelirji z mikrometrom. Znotraj nivelirja je vgrajen mikrometer. S pomočjo mikrometra naviziramo razdelbo na nivelmanski lati. Poleg odčitka na lati odčitamo še odčitek na mikrometru. Za merjenje z mikrometrom so potrebne precizne late z vpetim invar trakom in dvojno razdelbo.

4.2.2 Digitalni nivelirji

Digitalni nivelirji so kompenzacijski nivelirji. Omogočajo avtomatsko čitanje na lati, izpis očitkov na zaslonu in shranjevanje podatkov. V nivelirju je senzor, ki analogno sliko late pretvori v digitalni odčitek (Ščap, 2010).

Nivelmanska lata za digitalne nivelirje ima kodno razdelbo. Kodne razdelbe lat različnih proizvajalcev se razlikujejo, zato so uporabne samo z nivelirji istega proizvajalca.

Digitalni nivelirji omogočajo hitrejšo in enostavnejšo meritve, saj se odčitek izmeri s pritiskom na tipko. Izračunajo nam lahko višinsko razliko, dolžino nivelmanske linije... Posamezne kontrole meritev so izvedene že na terenu. Zaradi avtomatizacije in sprotnega shranjevanja, se izognemo napakam pri odčitavanju in zapisovanju odčitkov.

4.3 Nivelmanske late

Nivelmanske late omogočajo meritve vertikalne oddaljenosti od optične osi instrumenta do pete late. Lahko so lesene, plastične ali kovinske (Kogoj, 2007)

Običajne late imajo centimetrsko razdelbo, izmenično si sledijo temna in svetla polja. Oštevilčba je decimetrsko. Dolžina late je od 1 m do 5 m. Precizna lata je lesena ali aluminijasta lata z dvojno razdelbo in vpetim invar trakom. Uporablja se za natančnejše meritve z optičnimi nivelirji, predvsem tistimi z mikrometrom. Vse nivelmanske late imajo dozno libelo za vertikalno postavitev late.

Z digitalnimi nivelirji se uporabljajo late z kodno razdelbo. Za meritve večje natančnosti se uporabljajo invar late ali late iz materialov, ki imajo majhen temperaturni razteznostni koeficient.

5 MESTNA NIVELMANSKA MREŽA KOPER

Mestna nivelmanska mreža Koper je bila vzpostavljena leta 1952. V mreži je bilo stabiliziranih 27 višinskih točk oziroma reperjev. Vsi so bili vodoravno vzdani kovinski čepi v obstoječe objekte. Po takratni delitvi mreže je mestna nivelmanska mreža Koper spadala pod tehnični nivelman.



Slika 6: Prikaz mestne nivelmanske mreže Koper iz leta 1952

Od vzpostavitve mreže se je do današnjih dni veliko spremenilo. Veliko reperjev je uničenih, nekateri so bili stabilizirani v stavbe na geološko nestabilnem terenu, na novo pa so tudi preračunali NVN, kar je vsem reperjem v mreži spremenilo absolutno višino. Leta 2000 je Geodetska uprava Republike Slovenije vzpostavila fundamentalni reper oziroma reper mareografa (Stopar in ost., 2006). Ivan Lojk, inženir geodezije je v sklopu svoje diplomske naloge (Lojk, 2002) opravil pripadajoče meritve: izmeril je zanko mareografa, zanko okoli Kopro ter navezovalni vlak med reperjem CP88 v Dekanah in reperjem CP146 v centru Kopro. Tako smo v Kopro dobili fundamentalni reper ali reper mareografa in zavarovanje tega reperja. Preračun je določil novo nadmorsko višino za izhodiščni reper – reper R5486 in posledično tudi za vso ostalo mestno mrežo, saj so nadmorske višine reperjev odvisne od nadmorske višine izhodiščnega reperja.

V vseh teh letih se je zaradi raznih gradbenih posegov veliko reperjev uničilo oziroma smo ugotovili, da zaradi različnih dejavnikov njihova natančnost ne odgovarja več za izvajanje geodetskih del.

5.1 Izmera in izračun nivelmanske mreže iz leta 1952

5.1.1 Izmera nivelmanske mreže

Meritve med reperji znotraj mestne nivelmanske mreže so bile večinoma izmerjene enostransko, le nekaj posameznih nivelmanskih linij je bilo izmerjenih obojestransko. Skupno je bilo izmerjenih 34 nivelmanskih linij med posameznimi reperji s skupno dolžino približno 8,5 km.

Najprej so izmerili zanko okoli mesta in sicer so začeli na reperju R5486. Nato so nadaljevali po zaporednih številkah od R1 do R10 ter zaključili zanko na začetnem reperju R5486. Kasneje so izmerili reperje znotraj mesta po nivelmanskih poligonih, ki so se začeli in končali na vozliščih, oziroma so nivelmanski poligoni sami ob združevanju tvorili vozlišča.

5.1.2 Izračun nadmorskih višin reperjev

Po preučevanju obrazcev iz arhiva sem ugotovil način računanja višinskih razlik. Sprva so izračunali in izravnali nivelmansko zanko okoli mesta, ki so jo vpeli na reper R5486 z višino 2,044 m. Nato so izračunali približne nadmorske višine za vse reperje v mreži.

Zaradi odstopanj je bilo mrežo potrebno izravnati. V nivelmanskem obrazcu št. 4 so izravnali vozlišče R12, ki je bilo določeno z navezavo na štiri reperje (R1, R6, R9 in R5486). Izravnana višina reperja R12 je znašala 12,925 m.

Po izravnani višini vozlišča so nadaljevali z izravnavo višin ostalih reperjev v mreži. To so storili tako, da so že izravnane višine reperjev vzeli kot dane in na njih vklopljali nivelmanske poligone, ki jih je bilo potrebno izravnati. Z izravnavo teh vlakov pa so izračunali višine vseh reperjev v mreži.

Talirnični nivelman *Niv. obrabe št. 4*

Januarjanje neposredno višine vozlišča : 12

Številka reperja	Višina repera	Dolžina H _k	Št. st. repera	Dolžina H _k	Višinska razlika H _k	Višinska razlika H _k	Višinska razlika H _k	Višinska razlika H _k	Višinska razlika H _k	Višinska razlika H _k	Višinska razlika H _k	Korekcijski členi		Opomba	
												ΔH _k	ΔH _k		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
01	3.1	0.937	1	2	3.1	0.78	11.671	5	12.408	9	1.28	4.51			$M_0 = \pm \sqrt{\frac{[LH^2]}{n-1}}$
06	3.1	1.579	4	3	3.2	0.69	10.825	7	12.404	5	1.45	7.35			$\pm \sqrt{\frac{421.84}{4-1}}$
09	3.2	1.119	4	3	3.2	0.58	11.280	3	12.399	0	2.00				$\pm \sqrt{40.70}$
05405	3.2	1.524	5	2	3.2	0.67	10.886	6	12.410	11	1.49	16.39			± 6.14
$H_0 = 12.399$ $\Delta H_0 = \frac{[LH]}{[L]}$ $H = \frac{[LH]}{[L]}$											$M = \pm \frac{[LH]}{[L]}$ $\pm \frac{6.14}{16.22}$ $\pm \frac{5.14}{2.49}$ ± 2.57				

Popravek = +0.530
višine prirečevane št. 201
stran 18

Prejeto 9.11.52.
Koper, Koper

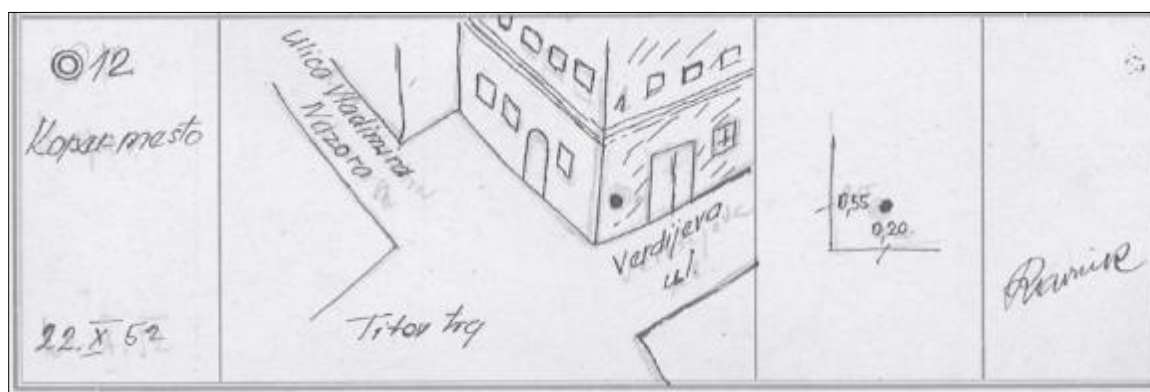
Arhivski prirečevani št.
Koper, nov 1952
Ravnatelj

Slika 7: Nivelmanski obrazec številka 4 – izravnava vozlišča 12

Rezultat izmere tehničnega nivelmana mestne nivelmanske mreže Koper so višine reperjev v državnem koordinatnem sistemu in pripadajoče topografije izmerjenih reperjev.

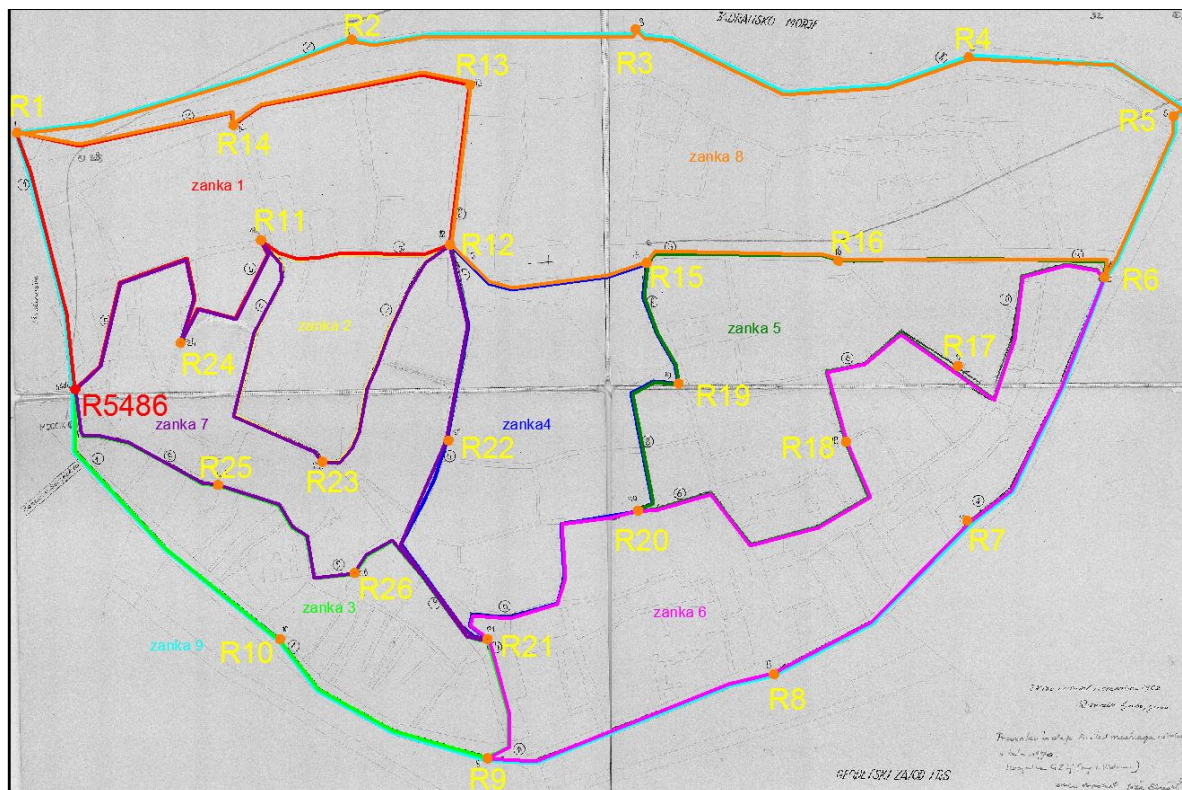
Preglednica 4: Nadmorske višine reperjev – izračun leta 1952

Reper	Nadmorska višina [m]	Reper	Nadmorska višina [m]
R1	1,457	R15	11,790
R2	2,855	R16	8,945
R3	2,216	R17	6,386
R4	1,887	R18	7,637
R5	2,083	R19	9,658
R6	2,099	R20	9,923
R7	1,638	R21	2,592
R8	1,907	R22	10,943
R9	1,639	R23	10,356
R10	1,774	R24	9,266
R11	8,520	R25	1,760
R12	12,925	R26	1,806
R13	12,589	R5486	2,044
R14	11,359		

**Slika 8: Topografija reperja R12****5.1.3 Preračun meritev iz leta 1952**

Po pregledu izračunov iz leta 1952 smo ugotovili, da natančnost mreže po izravnavi ne ustreza sedanjim zahtevam za mestne nivelmanske mreže, zato smo meritve iz leta 1952 ponovno izravnali, kot nivelmansko mrežo.

Analizo stare izmere smo začeli z zapiranjem zank in ugotavljanjem, ali so odstopanja v dopustnih mejah. Zanke sem tvoril tako, da se je vsak izmerjen nivelmanski poligon pojavil v dveh zankah. Na ta način sem pridobil več zank in tako možnost odkrivanja napak v nivelmanskih poligonih.



Slika 9: Tvorjene nivelmanske zanke

Iz zapisnikov sem dobil podatke o merjenih višinskih razlikah med dvema reperjema in nivelirano dolžino med njima. Povezal sem vse meritve med reperji znotraj zanke in s seštevanjem višinskih razlik dobil odstopanje v nivelmanski zanki. Nato sem izračunal dopustno odstopanje po enačbi (RGU, 1981)

$$f = \pm 2 \sqrt{S + 0,04 S^2}$$

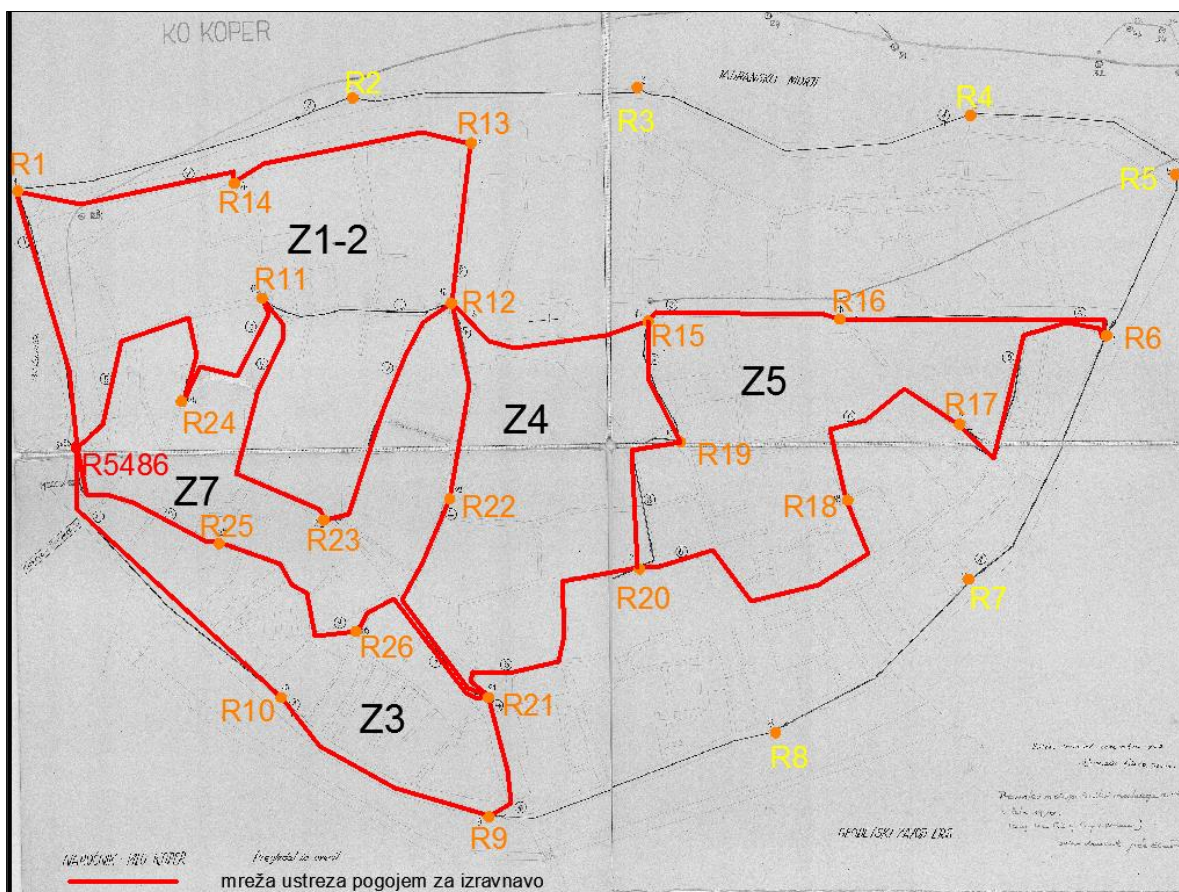
kot jo predpisuje Pravilnik o tehničnih normativih za mreže temeljnih geodetskih točk (RGU, 1981).

Preglednica 5: Odstopanja pri zapiranju nivelmanskih zank

Zanka	Dolžina [m]	Odstopanje [mm]	Dopustno odstopanje [mm]*
Z1	1445	-5	2,5
Z2	679	5	1,7
Z3	1105	-1	2,1
Z4	1094	-2	2,1
Z5	1519	1	2,5
Z6	1877	-8,5	2,8
Z7	1696	-1	2,8
Z8	2887	-16	3,5
Z9	3116	-26,5	3,6

* dopustno odstopanje sklenjenih nivelmanskih zank za mestno nivelmansko mrežo I. reda $f = \pm 2\sqrt{S} + [0,04]S^2$ (RGU, 1981).

Iz preglednice 5 je razvidno, da so pri štirih zankah odstopanja v dopustnih mejah. To so zanke Z3, Z4, Z5 in Z7. V ostalih nivelmanskih zankah odstopanja znašajo od 5 mm do -26,5 mm. Iz preglednice 6 lahko vidimo, da z združevanjem zank Z1 in Z2 dobimo nivelmansko zanko z odstopanjem 0 mm. Z združevanjem ostalih nivelmanskih zank se odstopanje ne bistveno izboljša. Na osnovi terenskega ogleda smo ugotovili, da je ohranjenih le še 10 reperjev, ki so bili zajeti v izmero leta 1952. Zato smo v naslednjem koraku tvorili nivelmanske zanke, v katere niso vključene nivelmanske linije med uničenimi reperji (glej sliko 10).



Slika 10: Nivelmanska mreža brez nivelmanskih poligonov med uničenimi reperji

Odstopanja prikazanih nivelmanskih zank na sliki 10 so zbrana v preglednici 6. Analiza natančnosti in izravnava nivelmanske mreže je opravljena v 6. poglavju.

Preglednica 6: Odstopanja pri zapiranju sestavljenih nivelmanskih zank brez nivelmanskih poligonov med uničenimi reperji

Zanka	Dolžina [m]	Odstopanje [mm]	Dopustno odstopanje [mm]*
Z1-2	1664	0	2,6
Z3	1105	-1	2,1
Z4	1094	-2	2,1
Z5	1519	1	2,5
Z7	1696	-1	2,8

* dopustno odstopanje sklenjenih nivelmanskih zank za mestno nivelmansko mrežo I. reda $f = \pm 2\sqrt{S} + [0,04]S^2$ (RGU, 1981).

5.2 Projekt dopolnitve mestne nivelmanske mreže Koper

Mreža, izmerjena leta 1952, je bila odlično zasnovana, saj so bili reperji vgrajeni enakomerno po vsem mestnem jedru. Pri dopolnitvi nivelmanske mreže bi bilo potrebno ohraniti podobno konfiguracijo mreže, stabilizirati bi bilo potrebno nove reperje na mestu uničenih reperjev in mrežo ponovno izmeriti.

Prišli smo do ugotovitve, da je obstoječa nivelmanska mreža Koper nepopolna. Ohranjenih je le 10 od vsega 26 reperjev. Položaj teh reperjev je v samem središču mestnega jedra, kjer se je v vseh teh letih malo rušilo in obnavljalo. Le reper R5486 leži na robu mestnega jedra, vendar je ta stabiliziran na manj stabilnih tleh in je podvržen posedanjem.

Pravilno stabilizirani reperji nam služijo za natančnejše geodetske višinske meritve. Uporabni so za spremljanje premikov objektov v času gradnje in po končani gradnji. Na območju gostejše pozidave nam reperji služijo za ostale višinske meritve v geodeziji.

Mrežo reperjev bi bilo potrebno razširiti tudi južno in jugozahodno od mestnega jedra. To je ravninsko območje, kjer se veliko gradi in dograjuje. Nekoč je bilo tu morje in soline, ki so jih kasneje zasuli, zato so tla nestabilna. Reperje bi se moralo vgraditi na pilotirane objekte, ki bi služili kot izhodišča za spremljanje premikov pri gradnji in po gradnji objektov.

V sklopu izmere novega in obnovljenega dela mreže bi bilo potrebno izmeriti še tiste dele obstoječe mreže, ki že vrsto let niso bili izmerjeni. Del mestne nivelmanske mreže predstavlja nivelmanska zanka mareografa. Na zanko mareografa bi se navezali za izmero celotne mreže, saj je bila ta zanka izmerjena po pravilih za nivelmansko mrežo z veliko natančnostjo (NVN).



Slika 11: Idejna zasnova mestne nivelmanske mreže Koper

Po naši oceni bi bilo potrebno vgraditi 16 reperjev za obnovo mestne mreže in poleg teh še 6 novih. Skupno bi bilo potrebno izmeriti preko 40 nivelmanskih linij s skupno dolžino okoli 12 km.

Celotna izmera bi bila preobsežna za diplomsko delo. Zato smo se odločili, da v okviru meritev za diplomsko nalogo izmerimo le del projektirane nivelmanske mreže, ki omogoča določitev vertikalnih premikov reperjev na ožjem območju Kopra.

Izbira ustrezne zanke je potekala vzporedno preko računalnika in na terenu. Izbrati je bilo potrebno ustrezno dolžino trase, na kateri so primerno grajeni objekti za vgradnjo reperjev. Težavam z dovoljenji za vgradnjo reperjev sem se izognil tudi tako, da sem reperje načrtoval na objektih v lasti subjektov, ki so bili zainteresirani za vzpostavitev nivelmanske mreže.

5.2.1 Rekognosciranje terena

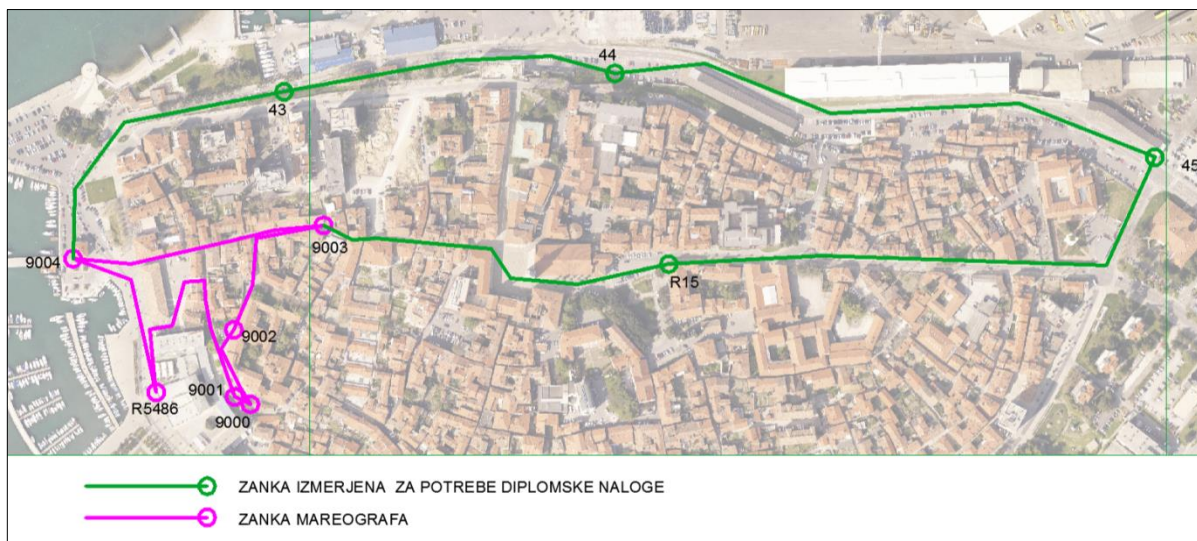
Rekognosciranje ustrezne trase sem začel s pomočjo letalskih slik. S programom Autocad sem si izdelal nekaj možnih zank, kjer bi se lahko izvedle meritve. Zanke sem načrtoval tako, da se začnejo in končajo na zanki mareografa in da vsebujejo še vsaj 3 reperje. Položaj vgradnje reperjev sem sprva določil le približno. Na terenu sem si nato ogledal ustreznost objektov za vgradnjo reperjev. Želja je seveda bila, da bi imeli objekti že vgrajene reperje, vendar temu žal ni bilo tako.

Pregledal sem vse območje, kjer bi bilo potrebno obnoviti oziroma na novo izpostaviti nivelmansko mrežo (slika 11). Na vsem območju sta bila vgrajena le 2 reperja, oba pa sta neuporabna za meritve. Reper, vgrajen na skladišču Libertas na Severni obvoznici, je pregloboko vzdian v steno skladišča, zato bi se pojavil problem s postavitvijo late nanj. Drugi reper, na objektu na Pristaniški ulici, na križišču s Piransko, pa je sicer pravilno vzdian vendar meritve kljub temu ne bi bilo mogoče izvesti, saj so nad reper montirali senčila in tako preprečili, da se na reper postavi lata vertikalno.

V mestu ni bilo primernih reperjev, na katerih bi lahko izvajal meritve. Določiti sem moral primerno mesto za vgraditev novih reperjev.

Reperjev pa ni mogoče vgraditi brez soglasja lastnikov objektov. Želel sem se izogniti problemom z dovoljenji za vgradnjo, zato sem iz seznama morebitnih lokacij za vgradnjo črtal vse objekte, ki so v solastniški lasti in objekte, katerih lastnik je Republika Slovenija. Pridobivanje dovoljenja od vseh solastnikov oz. od pristojnih ministrstev bi lahko trajalo nekaj mesecev.

Po presoji vseh zbranih informacij sem se odločil za sanacijo zanke, ki bo potekala po severnem delu mesta (Slika 12). Tu stojijo objekti, ki so primerno grajeni. V lasti so Mestne občine Koper ali Luke Koper, ki so zainteresirani, da se izmeri mrežo in pridobi nove nadmorske višine reperje s primerno natančnostjo.



Slika 12: Nivelmanska zanka na severnem delu mesta

Zanko sem navezal na dva reperja zanke mareografa. Odločil sem se, da bosta to reperja 9003 in 9004. Prvi se nahaja na Kidričevi ulici in drugi pa je stabiliziran v stavbi Luške kapitanije na Ukmarjevem trgu.

V zanki je še obstoječi reper R15, ki je bil stabiliziran za potrebe meritev mestne nivelmanske mreže leta 1952.

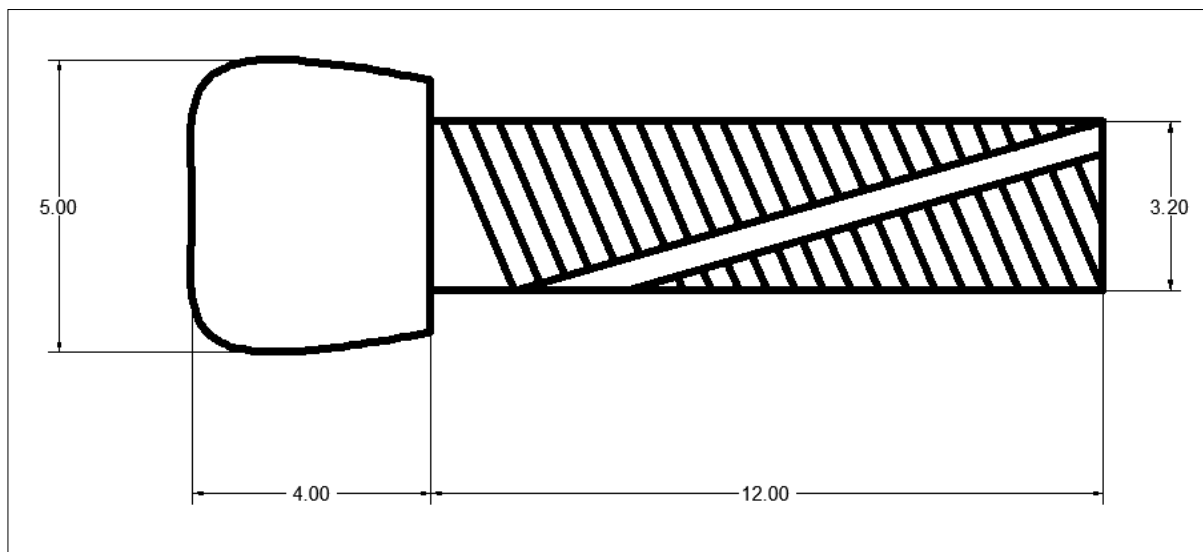
Na novo sem stabiliziral 3 reperje:

- 43 na Kopališkem nabrežju,
- 44 na parkirišču ob Severni obvoznici in
- 45 na križišču med Severno obvoznico in Vojkovim nabrežjem.

5.2.2 Izbira oblike reperjev in vgradnja reperjev

Pri izbiri in vgradnji reperjev moramo slediti pravilom vzpostavitve nivelmanske mreže. Pravilnik (RGU,1981) predpisuje kakšne oblike in velikosti morajo biti reperji ter kakšen je ustrezen način vgradnje.

Vgrajeni reperji so sodčaste oblike. Glava za postavitev late je dolžine 4 cm in ima premer 5 cm. Sidro, vgrajeno v steno, je dolžine 12 cm in premera 3,2 cm. V sidru je izrezana 2 mm globoka vijačnica in dodatni 5 mm globoki prečni kanali, ki skupaj z vijačnico omogočajo stabilnejšo vgraditev reperja. Sidro reperja sem oblikoval s pomočjo strugarja. Glede na razpoložljivo opremo sva izdelala sidro, primerno za načrtovan način vgradnje.



Slika 13: Skica reperja

Vrh reperja predstavlja nadmorsko višino reperja. Natančnost določitve nadmorske višine in stabilnost reperja skozi daljše časovno obdobje zagotovimo tako, da reper izmerimo z ustrezno metodo in ga stabiliziramo v objekte na način, ki bodo zagotovil obstoj za mnoga leta. Tak objekt mora biti grajen na geološko stabilnih tleh, prav tako morata način gradnje in uporabljen material zagotavljati stabilnost objekta. Pomembno je tudi, da izberemo primerno mesto na objektu za vgradnjo reperja, da ta ne bo izpostavljen situacijam, ki bi ga lahko uničile.

Reper 43 sem vgradil na temeljen podporni zid, reper 44 pa na peto podpornega zida. Za oba podporna zida predvidevamo, da nista podvržena premikom in sta primerna za vgraditev reperjev. Zidova sta v lasti Mestne občine Koper.

Reper 45 je vgrajen na jugozahodno stran skladišča, ki je v lasti Luke Koper. Na severni strani skladišča, znotraj carinskega območja, je že od prej stabiliziran drugi reper, ki ga uporabljajo za meritve v Luki Koper. Reper 45 je dostopen vsem, brez težav s pridobivanjem dovolilnic, saj omenjeno skladišče leži ravno na meji med carinskim in necarinskim območjem.

Enako pomemben kot izbira pravilnega objekta za vgraditev, je tudi pravi način vgraditve reperja. Za vse 3 reperje sem uporabil enak postopek.

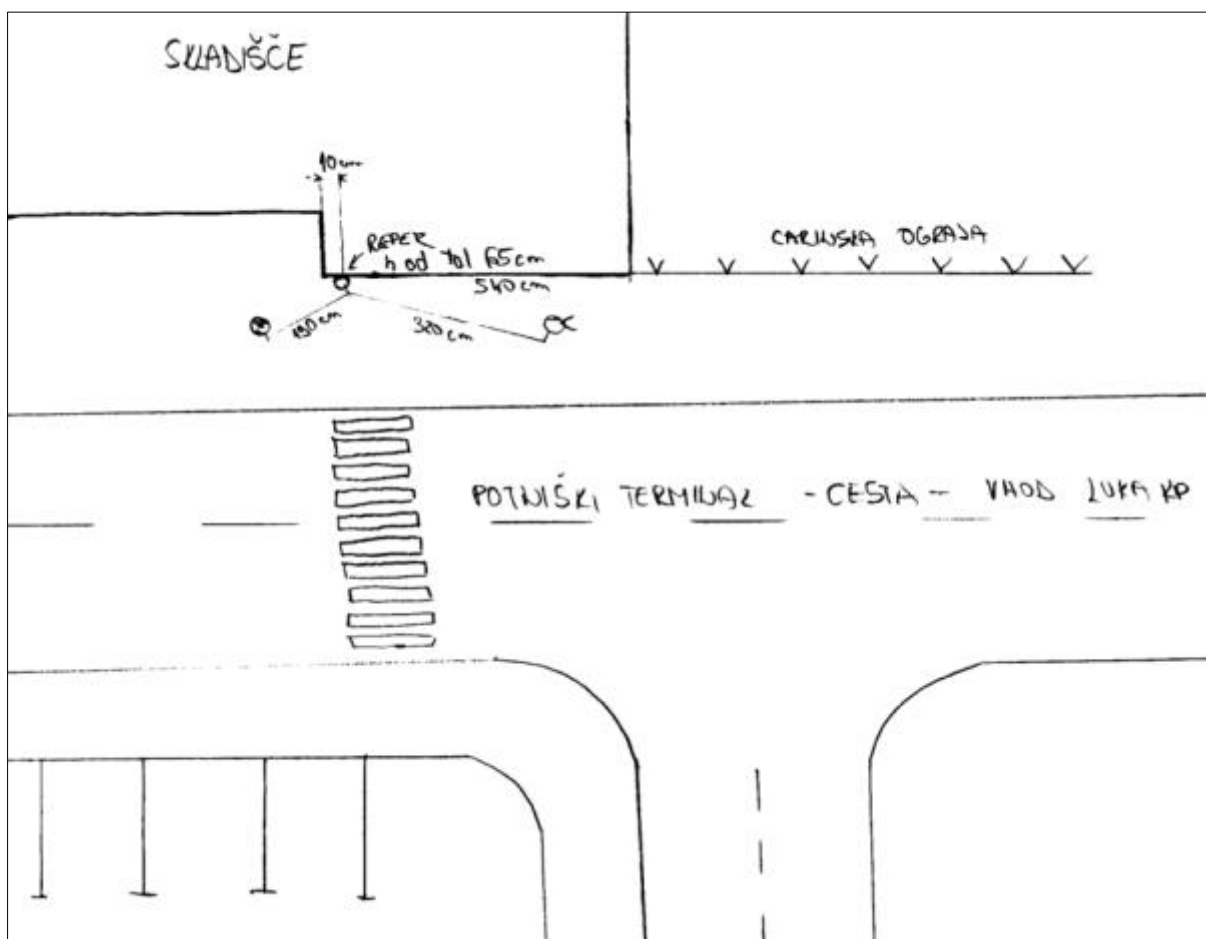
Najprej sem z udarnim vrtalnikom naredil luknjo dolžine 12 cm in premera 3,3 cm. Z luknje sem s kompresorjem spihal nezaželen prah. Nato sem nanesel dvokomponentno lepilo na reper in v luknjo. Lepilo sem dodajal, dokler nisem zapolnil vseh kanalov vijačnice na reperju in vso izvrtano luknjo.

Tak postopek stabilizacije omogoča, da bodo reperji obstojni mnogo let.

5.2.3 Izdelava topografij novo stabiliziranih reperjev

Iskanje geodetske točke na terenu si zelo olajšamo, če imamo topografijo. Ta je izrisana zelo enostavno, saj so v njej le pomembni topografski elementi v okolici geodetske točke. Vsebuje objekte, drevesa, jaške, ceste, pločnike in ostalo nepremično v okolici. Vanjo vpišemo še imena ulic, cest, vodotokov in hišne številke. Namesto skice lahko v grafični del vstavimo sliko, ki nazorno prikazuje, kje se nahaja geodetska točka – reper.

Meritve so zelo preproste, saj potrebujemo le merski trak. Izmerimo dolžine od geodetske točke do karakterističnih točk v okolici, ter oddaljenost geodetske točke do tal. Dolžine zapišemo na terensko skico ali na sliko.



Slika 14: Primer terenske skice topografije reperja 45

Topografija mora biti sestavljena z grafičnega in pisnega dela. Naredi se jo z namenom dokumentiranja položaja in značilnosti geodetske točke ter kot pomoč za iskanje točke v naravi.

Topografije vsebujejo veliko več podatkov kot tiste iz leta 1952 (slika 8). Iz preglednice topografije (preglednica 7) je mogoče razbrati podatke o reperju kot so: številko reperja, način in leto stabilizacije,

obliko reperja, nadmorsko višino, leto izmere, morebitne sanacije, uporabnost reperja, katastrsko občino, koordinate Y in X ter Φ in Λ , ter številka lista načrta TTN, na katerem se nahaja, itd.

Preglednica 7: Podatki iz topografije o reperju R15

Šifra za red, vrsto mreže		Koordinata Y	401313
Št. Nivelmanskega poligona	R15	Koordinata X	45667
Št. Reperja		Koordinata Φ (stopinje)	45
Ime reperja		Koordinata Φ (minute)	32
Leto stabilizacije repeja		Koordinata Φ (sekunde)	55
Način stabilizacije	2 - Horizontalna	Koordinata Λ (stopinje)	13
Šifra oblike reperja	5 - Cilindrična	Koordinata Λ (minute)	44
Nadmorska višina	11,7189	Koordinata Λ (sekunde)	10
Leto meritve	2013	Ime datoteke, kjer so izračunane višine	
Zaporedna št. sanacije točke		Tekstualni opis	Na stavbi na Trgu Brolo 3
Šifra uporabnosti reperja	1 - Uporaben	Opomba	
Šifra IOGU		List TTN5	5 B 20 - 37
Šifra katastrske občine	2605	List TK25	
Ime katastrske občine	Koper	Podatki o topografiji	
Št. Parcele			

Stare topografije so vsebovale le številko, leto stabilizacije in višino reperja ter skice položaja. Nove topografije sem opremil s slikami s terena, na katere sem vnesel ustrezne dolžine, da se reper lažje najde ,ter karto pridobljeno iz Googlovega zemljevida, na kateri sem označil položaj reperja. (<https://maps.google.com/>).



Slika 15: Prikaz položaja reperja 15 (vir : <https://maps.google.com/>, Avg. 2013)

5.3 Izmera dopolnjene nivelmanske mreže

Meritve smo opravili, 8. 5. 2013 in 5.6. 2013. Meritve smo izvedli od 8:00 do 17:00. Vreme je bilo sončno. 8.5.2013 nas je med 13:30 in 15:00 presenetila močna ploha, zaradi katere smo morali začasno prekiniti meritve. Meritve smo izvajali pod mentorstvom asistenta Tilna Urbančiča.

5.3.1 Instrumentarij

Za izvedbo meritev nivelmana najvišje natančnosti je potreben instrument in oprema, ki zagotavlja potrebno natančnost. Uporabili smo nivelir Leica DNA03, stativ, par kompariranih invar lat in po dve žabi ter termometra.

Leica DNA 03 je najnatančnejši digitalni nivelir proizvajalca Leica Geosystems. Omogoča hitre in natančne meritve višinskih razlik. Omogoča nam najnatančnejše meritve višinomerstva in meritve znotraj državnih višinskih mrež višjih redov. Za najnatančnejše meritve se uporablja v kompletu s kompariranima invar nivelmanskima latama.

Omogoča nam tudi elektronsko merjenje dolžin, ki sicer ni najnatančnejše, vendar vseeno zadošča za potrebe niveliranja.

Poleg tega se lahko uporablja tudi kot optični nivelir, vendar z manjšo natančnostjo.



Slika 16: Digitalni nivelir Leica DNA (Geoservis Feb. 2013) in nivelmanska lata s kodno razdelbo (http://www.leica-geosystems.com/en/DNA-Levelling-staffs_85069.htm Feb. 2013)

Preglednica 8: Tehnične specifikacije Leica DNA 03 (Geoservis, Maj 2013)

Natančnost	Standardni odklon dvojnega nivelmana na km $\sigma_{0\Delta l}$. (ISO 17123-2)
Z invar lato	0,3 mm
Z navadno lato	1,0 mm
Optične meritve	2,0 mm
Natančnost merjenja dolžin (elektronsko)	1 cm/20 m
Območje merjenja	
Elektronske meritve	1,8 m – 110 m
Optične meritve	od 0,6 m
Elektronske meritve	
Natančnost posamezne meritve	0,01 mm
Čas merjenja	3 s
Pomnilnik	6000 opazovanj oz. 1650 stojišč
Povečava daljnogleda	24 x
Zaslona	LCD, 8 vrstic z 24 znaki
Masa	2,8 kg (z baterijo)
Temperaturno področje	
Delovno področje	od –20°C do +50°C
Področje shranjevanja	od –40°C do +70°C

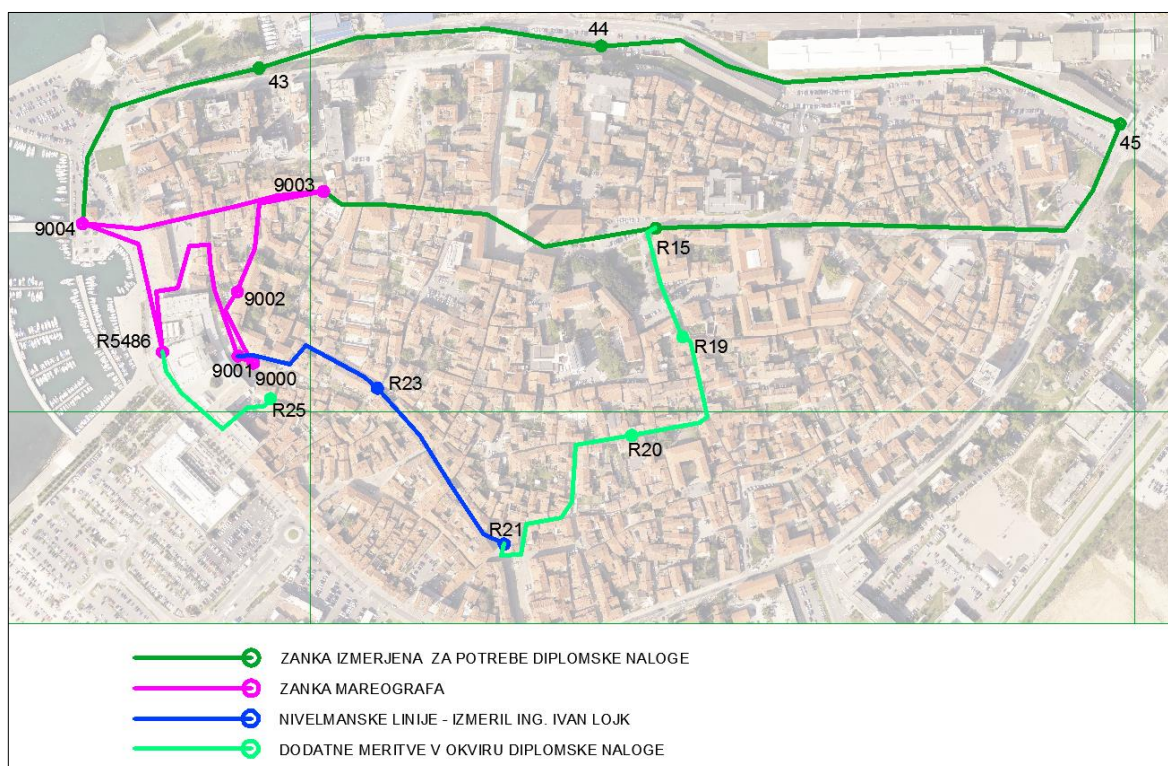
5.3.2 Metoda izmere

Za izmero nivelmanske mreže smo uporabili metodo geometričnega nivelmana. Ker so prevzete merjene višinske razlike iz izmere 2001 in izmere zanke mareografa 2013, merjene kot nivelmanske linije visoke natančnosti, smo se odločili, da bomo tudi sanirani del nivelmanske mreže izmerili po pravilih za izmero nivelmanske mreže visoke natančnosti. Vizure niso bile daljše od 35 m. Razlika v dolžini med vizuro spredaj in vizuro zadaj med posameznimi izmenišči ni smela presežati 1 m. Prav tako ni smel presežati 1 m dolžinske razlike seštevek vizur »lata zadaj – lata spredaj« znotraj posamezne nivelmanske linije. Paziti je bilo potrebno, da se očitek na lati meri na višini late med 60 cm in 250 cm. Zapisovati je bilo potrebno tudi, katera lata je bila postavljena na začetni in katera na končni reper, saj je v nadaljnjih izračunih potrebno upoštevati razliko pet nivelmanskih lat.

Ker se nivelmanskih linij ne da izmeriti z enega stojišča, se višino prenaša preko izmenišč. Na izmenišče se postavi žaba in nanjo lata, odčitamo odčitek »lata spreadaj«, nato se premaknemo z nivelirjem, lato pa zasukamo proti novem stojišču in očitamo očitek »lata zadaj«. Paziti moramo, da se pri tem žaba ne premakne.

Ob meritvi vsake linije je bilo potrebno izmeriti temperaturo lat, ko je bila ta v senci. Temperaturo se upošteva šele pri nadaljnji obdelavi podatkov in ne pri samem delu na terenu.

Višinske razlike med reperji smo izmerili obojestransko. Merjene višinske razlike v nivelmanski liniji smo sproti zapisovali in že na terenu preverili, da razlika med niveliranjem naprej in nazaj ni presejala dopustnega odstopanja.



Slika 17: Skica sanirane mestne nivelmanske mreže Koper

5.3.3 Obdelava merjenih višinskih razlik

Izračun lahko delimo na krajši kontrolni terenski izračun in obsežnejši pisarniški izračun. Med potekom meritev izračunamo dopustno in dejansko odstopanje za nivelmansko linijo. Obe odstopanji izračunamo šele, ko linijo izmerimo v obe smeri.

Dopustno odstopanje v milimetrih za nivelmanske linije visoke natančnosti izračunamo po enačbi (RGU, 1981):

$$\Delta_{\text{dop}} = 2 * \sqrt{S + 0,04 * S^2},$$

kjer je S dolžina nivelmanske linije, izražena v kilometrih.

Dejansko ali izmerjeno odstopanje izračunamo tako, da seštejemo nivelirano višinsko razliko v eno smer niveliranja in nivelirano višinsko razliko v drugo smer.

Če je absolutna vrednost dejanskega odstopanja manjša od vrednosti dopustnega, smo linijo pravilno izmerili. V nasprotnem primeru moramo linijo še enkrat izmeriti. Podatki meritev in izračun odstopanj so zbrani v preglednicah 10 in 11.

5.3.3.1 Izračun popravkov merjenih višinskih razlik

Rezultat meritev je obremenjen s pogreški, ki so lahko slučajni, sistematični ali grobi. V pisarni lahko merjene višinske razlike popravimo za sistematične pogreške. To so popravek temperature, razdelbe para nivelmanskih lat in razliko pet nivelmanskih lat (Urbančič, 2013).

Podatke o popravku razdelbe late in pete late dobimo iz poročila o kalibraciji in so za uporabljene late podani v preglednici 9.

Preglednica 9: Podatki poročila o kalibraciji

Številka late	Popravek razdelbe late m_0 [ppm]	Popravek pete late l_0 [mm]	
37067	5,27	0,001	
37070	4,44	- 0,021	
	Povprečno: 4,855	0,022	Popravek pete iz 67 na 70
		- 0,022	Popravek pete iz 70 na 67

Iz podatkov Poročila o kalibraciji izračunamo popravka para razdelbe late in razliko pet nivelmanskih lat. Popravek para razdelbe je povprečje popravka razdelbe lat. Popravek pete late pa izračunamo tako, da popravku pete late, postavljene na začetnem reperju v nivelmanski liniji, odštejemo popravek pete late, uporabljene na zadnjem reperju v isti liniji. Če uporabimo isto lato na začetnem in končnem reperju nivelmanske linije, se izognemo popravku pete late.

Popravek razdelbe izračunamo po enačbi (Urbančič, 2013):

$$l = l' (1 + m_0)$$

kjer so:

l ...popravljen odčitek,

l' ...dejanski odčitek,

m_0 ...popravek razdelbe nivelmanske late.

Popravek pete late izračunamo po enačbi (Urbančič, 2013):

$$l = l' + l_0$$

kjer je:

l_0 ...popravek pete late

Temperaturni popravek izračunamo po enačbi (Urbančič, 2013):

$$\Delta l_t = \alpha * (T - T_0)$$

kjer so:

Δl_t ...popravek zaradi spremembe temperature nivelmanske late,

T ...temperatura razdelbe v času izmere,

T_0 ...temperatura razdelbe v času kalibracije (20°C),

α ...linearni temperaturni razteznostni koeficient razdelbe (0,6 ppm).

Če enačbe združimo, lahko izračunamo popravljeno višinsko razliko z enačbo (Urbančič, 2013):

$$\Delta h = \Delta l_0 + \Delta h_0 (1 + (m_0^{\text{para}} + \alpha * (T - T_0)) * 10^{-6})$$

kjer so:

Δh ...popravljena višinska razlika,

Δl_0 ...razlika pet para nivelmanskih lat,

m_0^{para} ...srednja vrednost popravka razdelbe para nivelmanskih lat,

Δh_0 ...merjena višinska razlika.

5.3.3.2 Izračun odstopanj obojestransko merjenih nivelmanskih linij in zapiranje nivelmanskih zank

S popravljenimi višinskimi razlikami še enkrat izračunamo odstopanje obojestransko izmerjenih linij in jih primerjamo z dopustnim odstopanjem. Poleg tega zapremo nivelmanske zanke in odstopanje pri zapiranju nivelmanske zanke, primerjamo z dovoljenim odstopanjem, ki ga izračunamo po enačbi (RGU, 1981):

$$\Delta_{\text{dop}} = 1 * \sqrt{S + 0,04 * D^2},$$

kjer je D dolžina nivelmanske zanke izražena v kilometrih in Δ_{dov} dopustno odstopanje, izraženo v mm.

Preglednici popravkov (preglednica 10 in preglednica 11) prikazujeta podatke o meritvah. Zapisana je merjena višinska razlika, dolžina nivelmanske linije, popravek pete late in temperatura. Na koncu je zapisana še popravljena višinska razlika.

Preglednica 10: Tabela popravkov izmerjenih višinskih razlik (opravljeno 8.5.2013)

Od		9004	43	44	A	45	15
Do		43	44	A	45	15	9003
Štev late naprej	Štev late	67-70	70-70	70-67	67-67	67-70	70-67
Višinska razlika iz niveliranja naprej	Δh naprej	1,05065	-0,03631	0,64774	0,12008	8,55419	-3,27140
	S [m]	306,0	322,2	117,4	376,7	491,8	328,0
Štev late nazaj	Štev late	70-67	67-67	67-67	67-67	70-67	67-70
Višinska razlika iz niveliranja nazaj	Δh nazaj	-1,05104	0,03633	-0,64747	-0,12057	-8,55385	3,27117
	S [m]	306,0	322,2	117,4	376,7	491,8	328,0
Δl_0 naprej [mm]		0,022	0	-0,022	0	0,022	-0,022
Temperatura [°C]	Tja 1	20,1	19,7	/	22,5	21,8	21,6
	Tja 2	20,5	21	/	21,8	22,7	22,2
	Povpr.	20,3	20,35	21,25	22,15	22,25	21,9
Δl_0 nazaj [mm]		-0,022	0	0	0	-0,022	0,022
Temperatura [°C]	Naz 1	20	/	22,6	23,4	23,4	/
	Naz 2	20,1	/	24	24	24,6	/
	Povpr.	20,05	20,8	23,3	23,7	24	21,9
Popravljen Δh	Tja	1,05068	-0,03631	0,64772	0,12008	8,55427	-3,27144
	Nazaj	-1,05107	0,03633	-0,64747	-0,12057	-8,55393	3,27121
Odstopanje (popravki niso upoštevani) [mm]		-0,39	0,02	0,27	-0,49	0,34	-0,23
Odstopanje (popravki so upoštevani) [mm]		-0,39	0,02	0,25	-0,49	0,34	-0,23
Dop. odstopanje [mm]		1,11	1,14	0,69	1,24	1,42	1,15

Preglednica 10 vsebuje meritve iz dne 8.5.2013 in popravke teh meritev. Nivelmanski poligoni teh meritve tvorijo prvo zanko znotraj mestne nivelmanske mreže Koper (preglednica 13).

Popravljen višinska razlika se od merjene razlikuje za nekaj stotink milimetra. To se nam lahko zdi malo, vendar se višine v nivelmanskih mrežah visoke natančnosti zapisujejo s tako natančnostjo, zato je upoštevanje popravkov še kako pomembno.

Na koncu imamo zapisano še odstopanje med niveliranjem naprej in nazaj ter dopustno odstopanje.

Izmerjeno odstopanje smo sicer že izračunali med samim merjenjem zaradi kontrole. Tokrat smo upoštevali vse popravke in zato se tudi ta odstopanja razlikujejo od -0,49 mm do 0,39 mm in so bistveno manjša od dopustnih odstopanj.

Preglednica 11: Tabela popravkov izmerjenih višinskih razlik (opravljeno 5.6.2013)

Od		21	20	19	25
Do		20	19	15	R5486
Štev late naprej	Štev late	67-67	67-67	67-67	67-70
Višinska razlika iz nivriranja naprej	Δh naprej	7,31895	-0,25420	2,13056	0,25148
	S [m]	227	144	132,8	145,8
Štev late nazaj	Štev late	67-70	67-67	67-67	70-67
Višinska razlika iz nivriranja nazaj	Δh nazaj	-7,31850	0,25443	-2,13039	-0,25187
	S [m]	227,5	142,4	132,6	146,5
Δl_0 naprej [mm]		0	0	0	0,022
Temperatura [°C]	Tja 1	22,2	22,4	21,1	/
	Tja 2	22,4	21,1	22,9	/
	Povpr.	22,3	21,75	22	25,4
Δl_0 nazaj [mm]		0,022	0	0	-0,022
Temperatura [°C]	Naz 1	23,7	/	22,6	/
	Naz 2	23,6	/	22,9	/
	Povpr	23,65	22,6	22,75	25,4
Popravljen Δh	Tja	7,31900	-0,25420	2,13057	0,25150
	Nazaj	-7,31853	0,25443	-2,13040	-0,25189
Odstopanje (popravki niso upoštevani) [mm]		0,45	0,23	0,17	-0,39
Odstopanje (popravki so upoštevani) [mm]		0,47	0,23	0,17	-0,39
Dop. odstopanje [mm]		0,96	0,76	0,73	0,77

V preglednici 11 so zbrane meritve iz dne 5.6.2013. Nivelmanske linije med R21 in R20, R20 in R19 ter R19 in R15, skupaj z izmero iz leta 2001 (preglednica 12) in nivelmansko linijo med R15 in 9003 (preglednica 10) tvorijo drugo zanko nivelmanske mreže. Reper R25 je slepo navezan na reper R5486.

Preglednica 12: Izmera nivelmanskih linij iz leta 2001 (Lojk, 2002)

Reper št	Od	MN21	MN23
	Do	MN23	3000
Razdalja S [km]		0.224	0.134
Viš. razlika [m]	Naprej	7,76458	-2,13883
	Nazaj	-7,76463	2,13888
Δh [m]	Sredina	7,76461	-2,13885
T povprečna [°C]	Naprej	10	12
	Nazaj	11	12
Srednji meter late s	Naprej	0.999999	1,00000
	Nazaj	0.999999	1,00000
Δh s T pov [m]	Naprej	7,76457	-2,13883
	Nazaj	-7,76462	2,13889
	Sredina	7,76460	-2,13886
Odstopanje Δ (mm)	Merjeno	-0.05	0.06
	Dopustno	0.95	0.73

V preglednici 12 so prikazane meritve, ki so bile opravljene leta 2001 (Lojk, 2002). Iz preglednice lahko vidimo, da so reper 9001 poimenoval s številko 3000, ter reperjema R21 in R23 dodal predpono MN.

Preglednica 13: Izračun odstopanja pri zapiranju nivelmanskih zank

Prva zanka		Višinska razlika [m]	Dodatna zanka		Višinska razlika [m]
Iz reperja:	Na reper:		Iz reperja:	Na reper:	
9004	43	1,05087	9001	R23	2,13886
43	44	-0,03632	R23	R21	-7,76461
44	A	0,64760	R21	R20	7,31876
A	45	0,12033	R20	R19	-0,25432
45	R15	8,55410	R19	R15	2,13049
R15	9003	-3,27133	R15	9003	-3,27133
9003	9004	-7,06405	9003	9001	-0,29797
Izmerjeno odst. [mm]		1,12	Izmerjeno odst. [mm]		-0,11
		1,45			1,11

Preglednica 13 prikazuje izmerjena in dopustna odstopanja za nivelmanski zanki. Odstopanja pri obeh izmerjenih zankah sta manjši od dopustno odstopanj. Podatki o merjenih višinskih razlikah so vzeti kot povprečne vrednosti, popravljenih obojestransko niveliranih nivelmanskih linij. Višinski razliki med točkama 9003 in 9004 oz. 9003 in 9001 sem pridobil iz izmere nivelmanske mreže mareografa, ki je bila opravljena v letošnjem šolskem letu pri predmetu Terensko projektno delo. Pri zapiranju dodatno izmerjene zanke pa smo uporabili tudi meritve, ki so bile izvedene leta 2001 (slika 17 in preglednica 12). Ker je med mojimi in meritvami iz leta 2001 minilo daljše časovno obdobje, bi se lahko zgodilo, da se zanke ne bi dalo zapreti, saj bi se lahko v tem času kateri izmed reperjev posedel.

Zanka se je vseeno lepo zaprla in izmerjeno odstopanje je bilo celo nekajkrat manjše kot pri zanki, ki smo jo v celoti izmerili v istem dnevu.

5.3.3.3 Ocena natančnosti metitev

Ocena natančnosti je statistična vrednost, s katero ocenimo kakovost meritev. Poznamo oceno natančnosti pred izravnavo ali a priori in po izravnavi ali a posteriori.

Oceno natančnosti pred izravnavo merjenih višinskih razlik lahko naredimo na osnovi niveliranja nivelmanskih linij v obe smeri in odstopanj pri zapiranju nivelmanskih zank. Predstavlja nam, kolikšna je natančnost merjenja dvojnega nivelmana na razdalji en kilometer. Oceno natančnosti na osnovi odstopanj obojestransko merjenih višinskih razlik izračunamo po enačbi (Urbančič, 2013):

$$\sigma_L^2 = \frac{1}{2n_L} \left[\frac{p^2}{S} \right]$$

kjer so:

n_L ...število nivelmanskih linij,

p ...odstopanje merjene višinske razlike nivelmanske linije v mm,

S ...srednja dolžina nivelmanske linije v km.

Ocena natančnosti na osnovi zapiranja nivelmanskih zank nam predstavlja natančnost zaprtih nivelmanskih zank na razdalji en kilometer. Oceno dobimo z enačbo (Urbančič, 2013):

$$\sigma_Z^2 = \frac{1}{n_Z} \left[\frac{f^2}{S} \right]$$

kjer so:

n_Z ...število nivelmanskih zank,

f ...odstopanje pri zapiranju nivelmanske zanke v mm, razlika med Δh_{tja} in Δh_{nazaj} ,

S ...srednja dolžina nivelmanske zanke v km.

Ocene natančnosti na osnovi popravkov merjenih višinskih razlik po izravnavi izračunamo po enačbi:

$$\sigma_o^2 = \frac{[pvv]}{r}$$

kjer so:

r ...število nadštevilnih opazovanj,

p ...utež,

v ...popravek merjene višinske razlike po izravnavi.

Preglednica 14: Izračun ocene natančnosti pred izravnavo

Ocene natančnosti	1952	2013
Na osnovi niveliranja niv. linij v obe smeri	0,32 mm/km	0,34 mm/km
Na osnovi zapiranja niv. zank	1,27 mm/km	0,61 mm/km

Ocena natančnosti pred izravnavo nam pove pričakovano natančnost mreže, z njo pa lahko tudi ocenimo kakovost meritev pred opravljeno izravnavo. Oceni natančnosti za meritve iz leta 1952 sta različni. Ocena natančnosti na osnovi odstopanj pri niveliranju linij v obe smeri je skoraj štiri krat natančnejša. Vendar moramo vedeti, da je ta ocena natančnosti narejena le na osnovi treh nivelmanskih linij, ki so bile merjene obojestransko.

Pri meritvah iz leta 2013 je ocena na osnovi odstopanj pri zapiranju zank je skoraj dva krat večja, torej je po tej oceni mreža dva krat manj natančna glede na oceno natančnosti izračunano na osnovi niveliranja nivelmanskih linij.

5.4 Izravnavo merjenih višinskih razlik s programom Vim Win

Izravnanost višina reperja je pogoj, da reper pridobi višino v državnem koordinatnem sistemu in se to višino začne uporabljati v praksi. Je tudi končni ali najpomembnejši rezultat projekta Sanacije nivelmanske mreže Koper, ki sem jo načrtoval, izmeril in izračunal v okviru diplomske naloge, ter analize meritev iz leta 1952.

Izravnavo smo opravili z programom VimWin. To je program namenjen izravnavi višinskih mrež, ki sta ga ustvarila izr. prof. dr. Tomaž Ambrožič in prof. dr. Goran Turk (Ambrožič, Turk, 2004).

Program zaženemo z vnosom pravilno zapisane vhodne datoteke. Vhodna datoteka za program VimWin mora imeti podane dane reperje z njihovo nadmorsko višino, podatke o novih reperjih s približno nadmorsko višino ter nivelirane višinske razlike in razdalje med reperji znotraj mreže. Podati je potrebno tudi natančnost izpisa in enoto dolžine.

Pred izravnavo višinskih razlik je potrebno izračunati približne višine reperjev, ki jih potrebujemo kot vhodni podatek za izravnavo v programu VimWin. Izhodiščni reper ima neko dano nadmorsko višino. Ostale približne višine dobimo tako, da preprosto prištevamo merjene višinske razlike med sosednjimi reperji. Na ta način dobimo približne višine reperjev, ki se bodo od izravnanih razlikovale le za nekaj mm.

5.4.1 Potek izravnave višine

Program popravi merjene višinske razlike za popravek višinske razlike in dobimo definitivne višinske razlike:

$$\Delta h_A^B = \Delta h_{0A}^B + v_A^B$$

kjer so:

Δh_A^B ... definitivna višinska razlika med točko A in točko B,

Δh_{0A}^B ... merjena višinska razlika med točko A in točko B,

v_A^B ... popravek višinske razlike.

Definitivne višinske razlike in nadmorska višina danega izhodišča se uporabijo za izračun definitivne višine reperjev znotraj mreže:

$$H_A = H_i + \Delta h_i^A$$

kjer so:

H_A ... definitivna višina točke A,

H_i ... višina izhodišča,

Δh_i^A ... definitivna višinska razlika med izhodiščem in točko A.

5.4.2 Rezultati izravnave sanirane nivelmanske mreže

Vhodno datoteko sem sestavljal z meritvami merkenih višinskih razlik naprej in nazaj, za razliko od izravnave meritev iz leta 1952, kjer sem datoteko sestavljal s povprečno vrednostjo merjene višinske razlike. Tako sem dobil večje število nadštevilnih meritev (priloga C.1), ki pripomorejo k boljši oceni natančnosti izravnave. Vhodna datoteka vsebuje vse merjene višinske razlike in dolžine, ki so potrebne za zaprtje obeh zank.

V izravnavo smo vključili 13 reperjev, ki tvorijo mrežo in reper A, s katerim smo razdelili nivelmansko linijo med reperjema 44 in 45 na dva krajša dela. Med ostalimi 13 reperji so 4 dani, in sicer reperji 9001, 9003, 9004 ter R5486, ki spadajo v nivelmansko zanko mareografa.

Preglednica 15: Rezultati izravnave mestne nivelmanske mreže Koper 2013

Dani reper	Dana višina [m]	Novi reper	Izravnane višine [m]	Natančnost določitve σ_H [mm]
R5486	1,91683	43	2,43407	0, 18
9001	8,14946	44	2,39741	0, 23
9003	8,44743	A	3,04494	0, 24
9004	1,38338	45	3,16504	0, 24
		R15	11,71884	0, 17
		R19	9,58831	0, 19
		R20	9,84268	0, 19
		R21	2,52384	0, 18
9000	7,61220	R23	10,28836	0, 13
9002	9,18897	R25	1,66514	0, 14

Preglednica 16 prikazuje izravnane nadmorske višine reperjev in natančnost določitve le teh. Z izravnavo smo pridobili natančne višine za 9 reperjev, ki skupaj z ostalimi 6 reperji zanke mareografa pokrivajo potrebe dela Kopra po višinski mreži (slika 17).

5.4.3 Primerjava višin sanirane nivelmanske mreže in podatkov iz arhiva GURS

Višine reperjev, izračunanih pri sanaciji mreže se razlikujejo od podatkov iz spletnega arhiva GURS med -3,7 in 22,4 mm. Najmanjše razlike se pojavljajo pri reperjih, ki so vključeni v zanko mareografa. To so reperji R5486, reper 9003 s staro oznako R11 in reper 9002, ki je bil nekoč označen kot R24.

Preglednica 16: Primerjava višin reperjev

Reper	Izmera 2013 [m]	Arhiv GURS [m]	Razlika (izmera – arhiv) [mm]
R11	8,4474	8,4434	4
R15	11,7188	11,7002	18,6
R19	9,5883	9,5692	19,1
R20	9,8427	9,8361	6,6
R21	2,5238	2,5054	18,4
R23	10,2884	10,266	22,4
R24	9,189	9,1851	3,9
R25	1,6651	1,6688	-3,7
R5486	1,9168	1,9186	-1,7

6 VERTIKALNI PREMIKI REPERJEV NA OŽJEM OBMOČJU KOPRA

Sanacija mreže je zajemala stabilizacijo in izmero novih reperjev ter ponovno izmero obstoječih reperjev v mestnem jedru. Za izračun vertikalnih premikov imamo na razpolago 10 reperjev, ki so bili izmerjeni leta 1952 in 2013.

Na podlagi večkratnih izmer nivelmanske mreže mareografa in določitve vertikalnih premikov reperjev, se je izkazalo, da je reper 9002 stabilen. Reper 9002 je reper mestne nivelmanske mreže številka R24, ki je bil vključen v izmero leta 1952, zato je smiselno, da je to dani reper, za izravnavo meritev iz leta 1952 in 2013 (glej prilogi C.1 in C.2), za potrebe določitve vertikalnih premikov ostalih reperjev. Na ta način smo pridobili enako izhodišče (vertikalni datum) za nove in stare meritve.

Preglednica 17: Primerjava višin in natančnosti določitve višin reperjev med izmerama iz leta 1952 in 2013

	Izravnana meritev 1952 [m]	Natančnost [mm]	Izravnana meritev 2013 [m]	Natančnost [mm]
R15	11,7113	0,6	11,7148	0,17
R19	9,5806	0,7	9,5883	0,19
R20	9,8469	0,6	9,8427	0,19
R21	2,5173	0,6	2,5238	0,18
R23	10,278	0,5	10,2884	0,13
R25	1,6821	0,5	1,6651	0,14
R5486	1,9650	0,5	1,9168	0,11
9003	8,4440	0,4	8,4474	0,11
9002	9,18897	dano	9,18897	dano

Preglednica 18 vsebuje podatke o višini in natančnosti določitve višine osmih reperjev, ki so bili stabilizirani v petdesetih letih prejšnjega stoletja in so še danes ohranjeni. Te podatke sem uporabil za izračun vertikalnih premikov reperjev v 61 letih in hitrosti vertikalnega premika. Izračunal sem tudi natančnost določitve vertikalnega premika in natančnost določitve hitrosti vertikalnega premika. Rezultati so prikazani v preglednici 19.

Vertikalne premike sem izračunal po enačbi:

$$\Delta H = H_{1952} - H_{2013}$$

kjer sta:

H_{1952} in H_{2013} ...izravnani višini reperjev leta 1952 in 2013.

Hitrost vertikalnega premika sem izračunal po enačbi:

$$v = \frac{\Delta H}{\Delta t}$$

Natančnost določitve vertikalnih premikov sem izračunal po enačbi:

$$\sigma \Delta H = \sqrt{\sigma_{H1952}^2 + \sigma_{H2013}^2}$$

kjer sta:

σ_{H1952} in σ_{H2013} ...natančnosti določitve višine reperjev leta 1952 in 2013.

Natančnost določitve letnih vertikalnih premikov izračunamo po enačbi:

$$\sigma v = \frac{\sigma \Delta H}{\Delta t}$$

Izračunati je potrebno tudi $3\sigma_{\Delta H}$ ali trikratnik natančnosti določitve vertikalnih premikov. Velikost vertikalnega premika mora biti večja od velikosti $3\sigma_{\Delta H}$, da smemo spremembo višinske razlike na reperju obravnavati kot vertikalni premik.

Preglednica 18: Vertikalni premiki reperjev

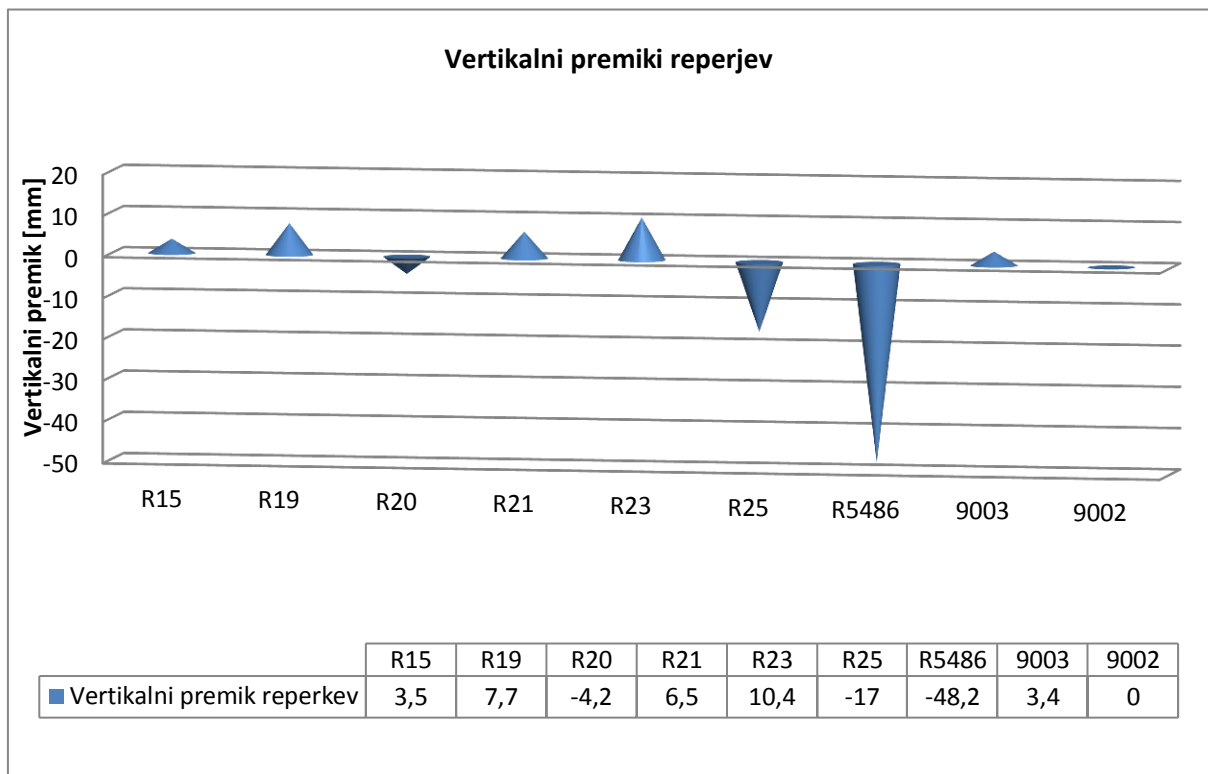
	Primerjava 1952-2013						
	Δt [leta]	ΔH [mm]	$\sigma \Delta H$ [mm]	$3\sigma \Delta H$ [mm]	Vertikalni premik	v [mm/leto]	σv [mm/leto]
R15	61	3,54	0,62	1,86	Da	0,06	0,01
R19	61	7,71	0,73	2,19	Da	0,13	0,015
R20	61	-4,22	0,63	1,89	Da	-0,07	0,01
R21	61	6,54	0,63	1,89	Da	0,11	0,01
R23	61	10,36	0,52	1,56	Da	0,17	0,01
R25	61	-16,96	0,52	1,56	Da	-0,28	0,01
R5486	61	-48,17	0,51	1,53	Da	-0,79	0,01
9003	61	3,43	0,41	1,23	Da	0,06	0,01
9002	61	0	0	0		0	0

Rezultati vertikalnih premikov so potrdili, da je reper R5486 res stabiliziran na nestabilnih tleh. V 61 letih se je pogreznil za 48,17 mm ali skoraj 0,8 mm letno.

Vertikalni premiki so opazni tudi pri ostalih reperjih. Negativni premiki ali posedanja so prisotni še pri reperjih R25 in R20. Pri ostalih reperjih pa so vrednosti vertikalnih premikov pozitivna. Največja vrednost je 10,37 mm pri reperju 23. Absolutni vertikalni premik med reperjema R5486 in 23 tako znaša 58,54 mm.

Rezultate višinskih premikov sem predstavil tudi grafično (grafikon 1). Stožci v grafikonu enostavno in natančno prikazujejo velikost in smer vertikalnega premika.

Grafikon 1: Grafični prikaz vertikalnih premikov



7 ZAKLJUČEK

V diplomski nalogi sem se lotil problema mestne nivelmanske mreže Koper. Ta je bila vzpostavljena v petdesetih letih 20. stoletja. Z leti se je zaradi gradbenih in drugih posegov veliko reperjev uničilo. Teh reperjev nato niso obnovili, izjema je le zanka mareografa, ki je bila vzpostavljena z namenom spremljanja premikov mareografske postaje. Ker je bilo stanje mreže slabo, smo se odločili, da se lotimo sanacije mreže.

Najprej smo analizirali in preračunali stare meritve. Uporabili smo programsko opremo (VimWin), ki omogoča hkratno izravnavo vseh višinskih razlik v mreži. Kljub sodobni programski opremi in večjih poskusov izravnave, so bili rezultati preslabi za mestno nivelmansko mrežo. Sestavili smo načrt sanacije mreže, ki je zajemal mestno jedro ter območja nakupovalnih središč, poslovnih stavb in športnih objektov na obrobju mestnega jedra.

V sklopu sanacije smo stabilizirali reperje na severni strani mesta in jih izmerili skupaj z obstoječimi reperji v mestnem jedru. Meritve smo navezali na zanko mareografa. Za dopolnitev mreže smo uporabili tudi meritve iz leta 2001.

V diplomski nalogi sem predstavil način vgradnje reperjev, izračun višinskih razlik, izračun popravkov meritev in izravnavo. Izravnane višine imajo podane vrednosti v državnem višinskem koordinatnem sistemu. Izdelali smo tudi topografije reperjev, ki smo jih opremili s slikami reperjev in podatki o lastnostih, položaju in višinah repejev.

Diplomo sem zaključil z izračunom vertikalnih premikov reperjev med letoma 1952, ko so bili reperji prvič izmerjeni in letom 2013. Ugotovili smo, da se je največ premaknil reper R5486, ki je stabiliziran na hotelu Triglav. Prav ta reper pa so leta 1952 določili kot izhodiščni reper, oziroma kot reper, iz katerega so izhajali pri meritvah in izračunu višin za ostale reperje.

Z izdelavo diplomske naloge sem osvežil znanje iz področja višinskih mrež in niveliranja. Znanje pridobljeno tekom študija, sem uporabil na konkretnem projektu, ki ne bo ostal samo napisan v diplomski nalogi, ampak bo lahko vsakodnevno uporaben geodetom pri svojem delu.

S sanacijo mestne nivelmanske mreže je mesto Koper pridobilo 9 uporabnih reperjev. Menim, da bi lahko bil naslednji korak dopolnitev mreže še na ostalih delih mesta, kjer se veliko več gradi in dograjuje.

VIRI

UPORABLJENI VIRI

Ambrožič, T., Turk, G. 2004. Navodila za uporabo programa ViM, ver. 4.1. Ljubljana, UL FGG: loč. pag.

Kogoj, D. 2007. Tehnični nivelman. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 43 str.

<ftp://ftp.fgg.uni-lj.si/Sendable/Geodezija%20-%20Sarajevo/Primenjena%20geodezija%20III%20i%20IV/Nivelman/13-Geometri%20ni%20nivelman%2007-08-zasnova1.pdf> (Pridobljeno 20. 3. 2013.)

Koler, B., Medved, K., Kuhar, M. 2007. Uvajanje sodobnega višinskega sistema v Sloveniji. Geodetski vestnik 51, 4: 777-792.

Kuhar, M. 2007. Geofizika. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 122 str.

http://www.fgg.uni-lj.si/~mkuhar/Zalozba/Geofizika_skrpta.pdf (Pridobljeno 25. 3. 2013.)

Leica DNA digital levels - Advantages that move you aheads. 2006. Heerbrugg, Switzerland, Leica Geosystems AG.

http://www.geoservis.si/images/stories/Produkti/leica_dna/DNA_Brochure_en.pdf
(Pridobljeno 25. 5. 2013.)

Lojk, I. 2002. Navezava mareografa Koper na fundamentalni reper. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba I. Lojk): 57 str.

Republiška geodetska uprava. 1981. Pravilnik o tehničnih normativih za mreže temeljnih geodetskih točk. Ljubljana, GURS: loč. pag.

Režek, J., Radovan, D., Stopar, B. 2004. Strategije osnovnega geodetskega sistema. Geodetski vestnik 48, 3: 288-314.

Stopar, B., Koler, B., Kogoj, D., Sterle, O., Ambrožič, T., Savšek-Safić, S., Radovan, D., Kuhar, M. 2006. Geodetska dela na novi mareografski postaji Koper. Geodetski vestnik 50, 4: 609-619.

Ščap, M. 2010. Testiranje digitalnega nivelirja Leica DNA 03 za vpliv osvetljenosti late. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba M. Ščap): 54 str.

Urbančič, T. 2010. Določitev vertikalnih premikov v višinski geodetski mreži na območju Ljubljanske kotline. Diplomski naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba T. Urbančič): 75 str.

Urbančič, T. 2013. Precizni nivelman. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 10 str.

OSTALI VIRI

Ambrožič, T. 2006/2007. Zapiski predavanj. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: loč. pag.

Kogoj, D. 2007/2008. Zapiski predavanj. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: loč. pag.

KAZALO PRILOG:

PRILOGA A: ARHIVSKI PODATKI

- PRILOGA A.1: NIVELMANSKI OBRAZEC ŠT. 2
- PRILOGA A.2: NIVELMANSKI OBRAZEC ŠT. 3
- PRILOGA A.3: NIVELMANSKI OBRAZEC ŠT. 4
- PRILOGA A.4: NIVELMANSKI OBRAZEC ŠT. 8
- PRILOGA A.5: NIVELMANSKI OBRAZEC ŠT. 9

PRILOGA B: IZRAČUNI ZAPIRANJA ZANK

PRILOGA C: REZULTATI IZRAVNAVE S PROGRAMOM VIMWIN

- PRILOGA C.1: IZRAVNAVA MERITEV IZ LETA 2013 – SANACIJA MREŽE
- PRILOGA C.2: IZRAVNAVA MERITEV IZ LETA 1952 ZA POTREBE
SPREMLJANJA PREMICOV

PRILOGA D: TOPOGRAFIJE REPERJEV

»Ta stran je namenoma prazna.«

PRILOGA A: ARHIVSKI PODATKI

PRILOGA A.1: NIVELMANSKI OBRAZEC ŠT. 2

OLO. KOPER

K.o. Koper - mesto - Luka

IV/174

Zvezek: 1

str. od 1 do 4

NIVELMANSKI OBRAZEC

št. 2.

Schneiders nivelman

Str. 1

Od	Do	Višinska razlika iz niveliranja „naprej“		Višinska razlika iz niveliranja „nazaj“		Odstopanje $\Delta = h'_p - h'_n$	Devoljeno odstopanje Δ	Srednja višinska razlika $h' = \frac{h'_p + h'_n}{2}$	Opomba
		od kod je vzeta	S	od kod je vzeta	S				
1		2		3		4	5	6	7
5496	1	N.2. 2	350	x 9.410	4			x 9.410	4
1	2	N.2. 3	438	x 9.294	0			x 9.294	0
2	3	N.2. 4	280	x 9.259	3			x 9.259	3
3	4	N.2. 5	328	x 9.668	1			x 9.668	1
4	5	N.2. 6	228	x 0.174	5			x 0.174	5
5	6	N.2. 7	154	x 0.015	6			x 0.015	6
6	7	N.2. 7	298	x 9.537	5			x 9.537	5
7	8	N.2. 8	228	x 0.264	3	N.2. 43	324	x 0.271	1
8	9	N.2. 9	277	x 9.730	0			x 9.730	0
9	10	N.2. 10	220	x 0.102	0			x 0.102	0
10	5496	N.2. 11	227	x 0.267	0			x 0.267	0
			3146	x 9.970					
1	14	N.2. 12	381	x 9.903	3			x 9.903	3
14	13	N.2. 13	249	x 1.231	7			x 1.231	7
13	12	N.2. 14	152	x 0.337	4			x 0.337	4
			182						
5496	15	N.2. 16	202	x 7.155	8	N.2. 27	404	x 7.155	8
16	6	N.2. 17	302	x 3.155	4			x 3.155	4
			507						
6	17	N.2. 19	198	x 4.287	2			x 4.287	2
17	18	N.2. 20	205	x 1.252	1			x 1.252	1
18	20	N.2. 22	205	x 2.280	3	N.2. 495	207	x 2.287	1
15	19	N.2. 22	187	x 7.869	2			x 7.869	2
19	20	N.2. 23	164	x 0.266	5			x 0.266	5
20	21	N.2. 25	200	x 2.670	5			x 2.670	5
21	3	N.2. 26	117	x 9.048	2			x 9.048	2
			265						

PRILOGA A.2: NIVELMANSKI OBRAZEC ŠT. 3

OLO. KOPER

K.o. KOPER - mesto

IV / 74

zvezek: 1

str. od 1 do 4

NIVELMANSKI OBRAZEC

št. 3.

GEODETSKI ZAVOD LRS

Nivelmanski obrazec št. 3

Stran 1

Štev. vlaka	Štev. reperja	VIŠINSKE RAZLIKE		Deviatni ostanek Razdalja med reperji km	Popravek $V_n = \frac{f}{S} \cdot S_n$ all $V_n =$ $-\frac{f}{D^2} \cdot D_n^2$		Končna viš. razlika $h_n = h_n' + V_n$	Deviatni ostanek	Nadmorska višina $N_{i_n} = N_{i_{n-1}} + h_{n-1}$	Deviatni ostanek	Štev. reperja	Opomba
		vzete iz	Iznos		+	-						
1	0548								2.0111	1	0548	✓
	2.1	x 9.410	40.35 +	2	x 9.413	7	1.4578	8	4.5727	2	0548	
	01								4.7277	1	01	✓
	2.1	1.394	x 0.44 +	4	1.398	2	2.8557	2	2.3205	4	02	✓
	02								2.2162	2	02	✓
	2.1	x 9.259	20.29 +	2	x 9.361	0	4.6766	3	1.8076	6	03	✓
	03								4.2577	1	04	✓
	2.1	x 9.668	10.33 +	3	x 9.671	2	2.0834	4	4.5622	5	05	✓
	04								2.0992	2	06	✓
	2.1	0.194	x 0.23 +	2	0.196	7	1.6380	0	4.1148	3	07	✓
05								1.9078	8	08	✓	
2.1	0.015	x 0.16 +	1	0.016	7	1.6391	1	4.2877	4	09	✓	
06								4.1149	3	09	✓	
2.1	x 9.527	50.30 +	2	x 9.529	7	1.7741	1	4.2543	3	10	✓	
07								2.0441	1			
2.1	0.267	x 0.23 +	2	0.269	0	0,000						
08												
2.1	x 9.720	0.28 +	2	x 9.722	0							
09												
2.1	0.132	x 0.23 +	3	0.135	0							
10												
2.1	0.267	x 0.33 +	3	0.270	0							
1	0548								0,000		0548	
2	01								1.4578		01	
									0.9371		01	
	014								1.1359		014	
									4.0679		014	
	013								1.2589		013	
									4.2069		013	
	012								1.2925		012	
									4.4050		012	

PRILOGA A.3: NIVELMANSKI OBRAZEC ŠT. 4

O.L.O.: Koper

Kat.ob.: Koper - mesto

IV
Zvezek: 1

str. 1 do 4

NIVELMANSKI OBRAZEC

št. 4.

Str. 1

Talnoizvični nivelmanir Niv. obrabe št. 4

Določanje absolutne višine vozl. št. 12

Številka piketa	Višina so malla	Določena višina H_k	Št. v. r. v. r.	300 m višina piketa	Višina piketa	Višinske razlike med piketa H_k	Kolona višine piketa	Višina piketa	Višina piketa	Višina piketa	Višina piketa	Višina piketa	Višina piketa	Opomba
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
01	3.1	0.937	1	2	3.1	0.78	11.671	5	12.408	6	9.128	11.51		$M_0 = \pm \sqrt{\frac{[L \cdot \delta^2]}{n-1}} =$
06	3.1	1.579	4	3	3.2	0.69	10.825	7	12.404	2	5.145	7.25		$= \pm \sqrt{\frac{421.84}{4-1}}$
09	3.2	1.119	4	2	0.58	11.280	3	12.399	1	0.200				$= \pm \sqrt{40.70}$
05485	3.2	1.524	5	3	0.67	10.886	6	12.410	11	1.69	16.40			$= \pm 6.4 \text{ mm na km}$
$H_0 = 12.399$ $\Delta H_0 = \frac{[w_{\text{pri}}]}{L \cdot P} = \frac{35.15}{9 \cdot 6} = 0.622$ $H = 12.405$												$M = \pm \frac{m_0}{\sqrt{[w]}}$ $= \pm \frac{6.4}{\sqrt{16.22}}$ $= \pm \frac{6.4}{2.49} =$ $= \pm 2.57 \text{ mm}$		

Popravka +0.520
 vidni pri merjenju
 stran 48

Dajleski 9.11.52.

Dajleski

Merkel pri reševanju
 Koper mar. 1952
 Ravnatelj

Začasno računanje z ozirom na obstoječe meritve.

Nivelmanski obrazec št. 4

Str. 1.

Izravnavanje nadmorske višine vozlišča: 12 Koper - Titov trg št. 1.																		
Številka reperjev <i>Rn</i>	Nadmorske višine vzete iz:	Nadmorske višine <i>Hn</i>	Devet. ostanek	Št. vlaka	Dolžine vlakov in višinske razlike so vzete iz:	Dolžina vlaka <i>S</i> km.	Višinske razlike, dobljene z niveliranjem <i>h'n</i>	Devet. ostanek	Približna nadmorska višina <i>H'</i>	Devet. ostanek	$\Delta h' = H' - H_0$ <i>v</i> m/m	Utež $p = \frac{10}{S}$ ali $p = \frac{10^4}{\Delta^2}$	Kontrola		<i>p.f.</i>			
													\pm	\pm				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14					
R1	3-1	0,937	1	2	3-1	0,78	11,471	5	12,408	6	9	1,28	11,52	-3,3	-4,22	43,95		
R6	3-1	1,579	4	3	3-2	0,69	10,825	7	12,404	2	5	1,45	7,25	+0,7	+1,02	0,71		
R9	3-2	1,119	3	4	3-2	0,50	11,280	3	12,399	6	8	2,00	8	+5,7	+11,40	65,00		
R5486	3-2	1,524	3	5	3-2	0,67	10,886	5	12,410	8	11	1,49	16,39	-5,3	-7,90	41,87		
											[p]	6,22	35,16		+0,30	121,51		
											$H_0 = 12,399$	6						
											$\Delta H = 0,007$	5,73						
											[p]							
											(H) = 12,4047	0						
											R' = 0,51164							
											$H_{sp} = 12,9163$	4						
											$m = \pm \sqrt{\frac{[pF]}{n-1}} = \pm \sqrt{\frac{121,51}{3}} = \pm 6,36 \text{ m/km}$					$m = \pm \sqrt{\frac{[p]}{6,22}} = \pm 2,55 \text{ m}$		
<p><i>29. 8. 52 ob 8 h am. - 1910 letna - 0,52 m. 0,45 m. m. = 6,36</i></p> <p><i>0,07 gradnja - 0,07 m. m. = 6,22</i></p> <p><i>0,07 m. m. = 6,22</i></p> <p><i>0,07 m. m. = 6,22</i></p>																		
Izravnavanje nadmorske višine vozlišča:																		
Številka reperjev <i>Rn</i>	Nadmorske višine vzete iz:	Nadmorske višine <i>Hn</i>	Devet. ostanek	Št. vlaka	Dolžine vlakov in višinske razlike so vzete iz:	Dolžina vlaka <i>S</i> km.	Višinske razlike, dobljene z niveliranjem <i>h'n</i>	Devet. ostanek	Približna nadmorska višina <i>H'</i>	Devet. ostanek	$\Delta h' = H' - H_0$ <i>v</i> m/m	Utež $p = \frac{10}{S}$ ali $p = \frac{10^4}{\Delta^2}$	Kontrola		<i>p.f.</i>			
													\pm	\pm				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14					
<p><i>z ozirom na srednjo gladino v najvišjem zelenu opazovano 9/1/52</i></p> <p><i>je predložena kotna točka</i></p> <p>$R_{12} = 12,4047$</p> <p>$+ 0,4500$</p> <p>$12,8547 \text{ m}$</p> <p><i>Razlika obeh meritev je 12,9163 - južni m. m.</i></p> <p>$- 12,8547$ <i>južni m. m.</i></p> <p>$\Delta = 0,0616 \text{ m}$</p>																		
$m = \pm \sqrt{\frac{[pF]}{n-1}} = \pm \sqrt{\frac{m}{n-1}}$																		
$M = \pm \sqrt{\frac{[p]}{n}}$																		

Nivelmanski obrazec št. 4

Str. 22

Izravnavanje nadmorske višine vozlišča: **⊙ R36**

Številka reperjev <i>Rn</i>	Nadmorske višine vzete iz:	Nadmorske višine <i>Hn</i>	Devet. ostanek St. vlaka	Dolžine vlakov in višinske razlike so vzete iz:	Dolžina vlaka <i>S</i> km.	Višinske razlike, dobljene z niveliranjem <i>h'n</i>	Devet. ostanek	Približna nadmorska višina <i>H'</i>	$\Delta h' = H' - H_0$ <i>v</i> m/m	Kategorija terena Utež $p = \frac{10}{S}$ ali $p = \frac{10^4}{\Delta^2}$	Kontrola		<i>p, f</i> ²	
											<i>f</i>	<i>p.f.</i>		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
⊙ R14 ^{PN}	9/78	25,27930	10 6	2/3	5.4	277,67718		2,95618	2,60	0,185	0,480	4,776	0,21	0,560
⊙ R19 ^{PN}	9/78	2,69580	11	2.3	2.7	0,25808		2,95388	0,00	0,370	0,000	+0,86	0,17	1,273
⊙ R16	raz.	9.35890	12	2.3	0.5	3.59584		2,95474	0,88	2,000	1,700	±0,00	0,000	0,000
$H_0 = 2,95088$ $M = + 86$ $H = 2,95474$ ⊙ R36									$2,555$ $2,200$		2,60	0,638	0,833	
raz. fotogr. J. Hidvar														

$$m = \pm \sqrt{\frac{[p^2 f]}{n-1}} = \pm \sqrt{\frac{0,127}{2}} = 0,251 = \pm 0,64 \text{ mm}$$

$$M = \pm \sqrt{\frac{m}{[p]}} = \frac{0,64}{1,60} = \pm 0,40 \text{ mm}$$

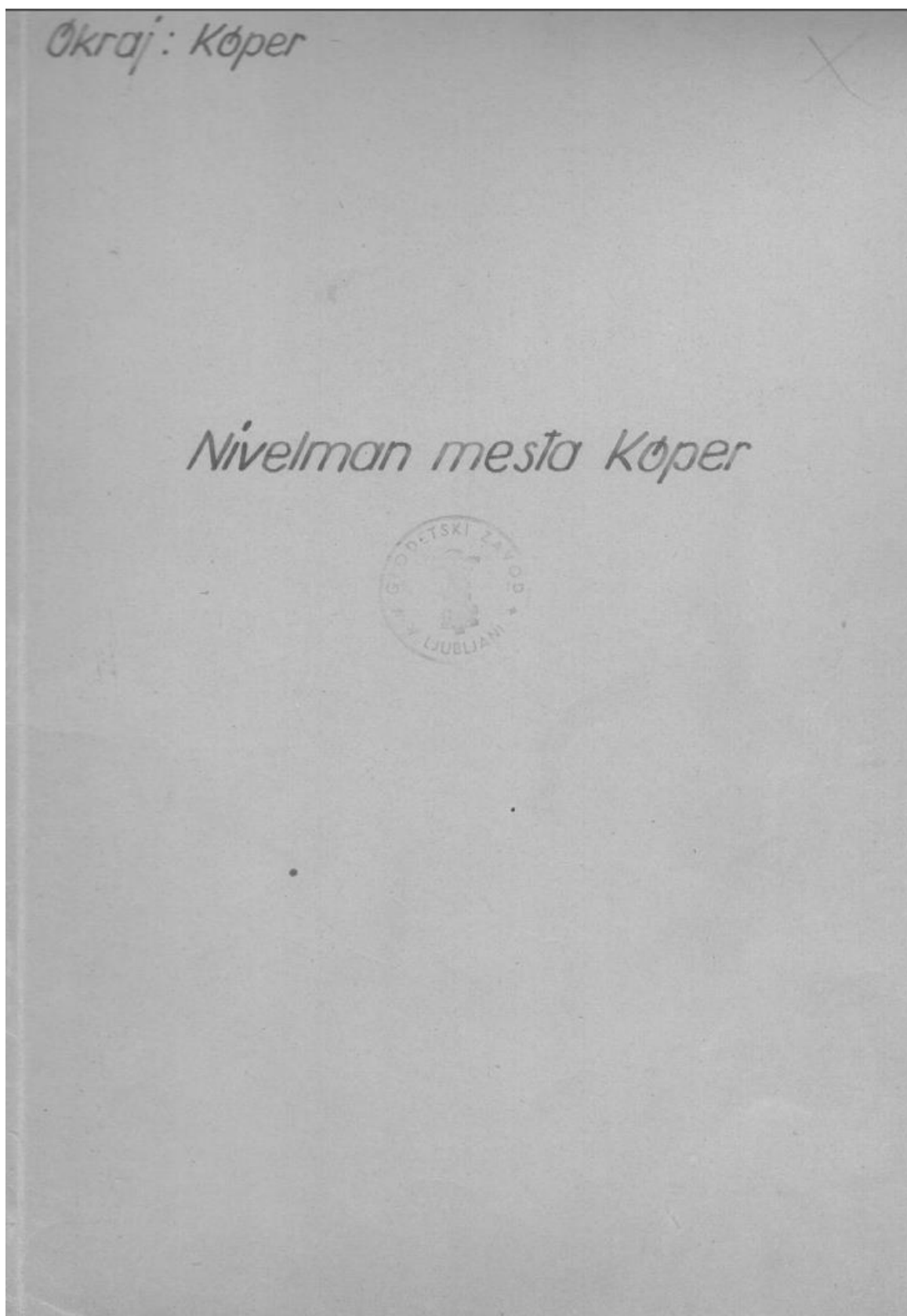
Izravnavanje nadmorske višine vozlišča:

Številka reperjev <i>Rn</i>	Nadmorske višine vzete iz:	Nadmorske višine <i>Hn</i>	Devet. ostanek St. vlaka	Dolžine vlakov in višinske razlike so vzete iz:	Dolžina vlaka <i>S</i> km.	Višinske razlike, dobljene z niveliranjem <i>h'n</i>	Devet. ostanek	Približna nadmorska višina <i>H'</i>	$\Delta h' = H' - H_0$ <i>v</i> m/m	Kategorija terena Utež $p = \frac{10}{S}$ ali $p = \frac{10^4}{\Delta^2}$	Kontrola		<i>p, f</i> ²	
											<i>f</i>	<i>p.f.</i>		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	

$$m = \pm \sqrt{\frac{[p^2 f]}{n-1}} = \pm \sqrt{\quad}$$

$$M = \pm \sqrt{\frac{m}{[p]}}$$

PRILOGA A.4: NIVELMANSKI OBRAZEC ŠT. 8

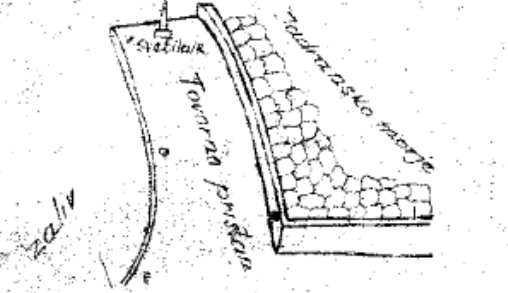
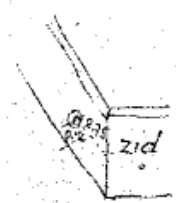

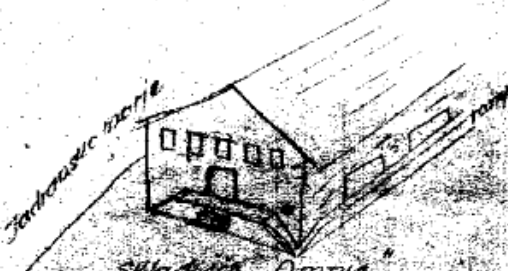

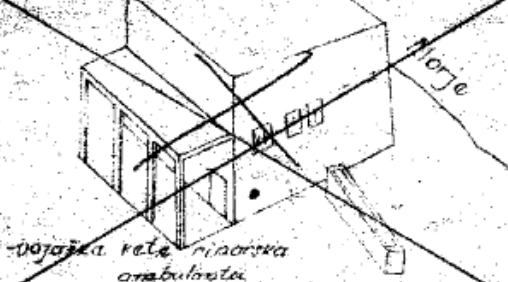
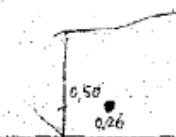
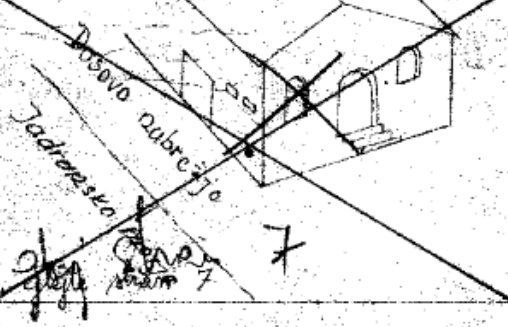



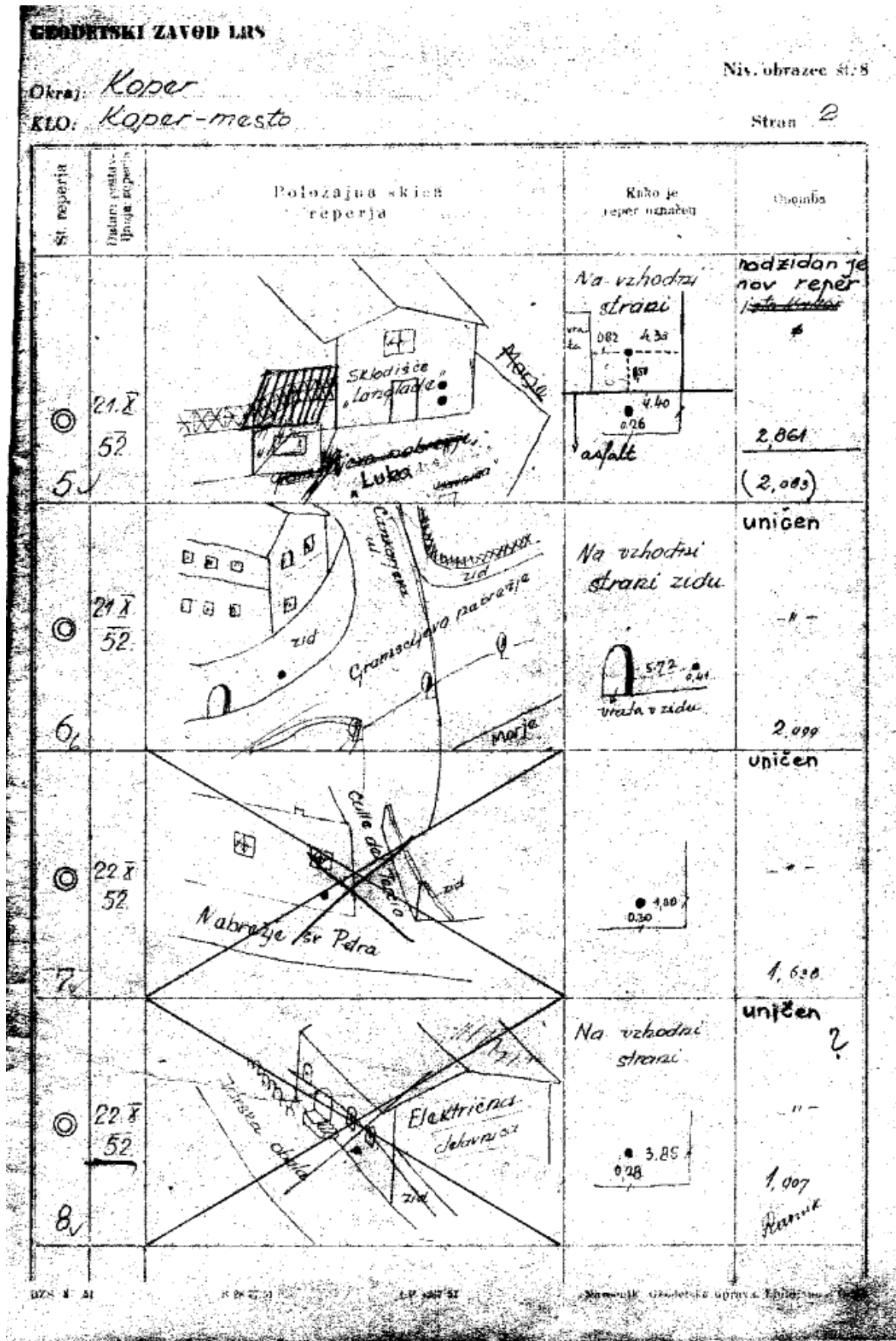
GEODETSKI ZAVOD IRS

Okraj: *Koper*
 KLO: *Koper-mesto*

Niv. obrazec št. 8

Stran 1

St. repčija	Visina povišane stanja repčije	Položajna slika repčija	Kako je repa označena	Opomba
1	21,3 52			 1,457
2	21,3 52		Na zahodni strani skladšča 	isto kotov 1 2,855
3	21,3 52		Na zahodni strani hiše 	uničen -
4	21,3 52		Na severni strani skladšča "Longlade" 	uničen postojen je nov krog in novi vključeni Spetno od Longlade 1,000 izredni Repnik



GEODETSKI ZAVOD LRS

Okraj: *Koper*
 KLO: *Koper-mesto*

Niv. obrazec št. 8

Stran 3

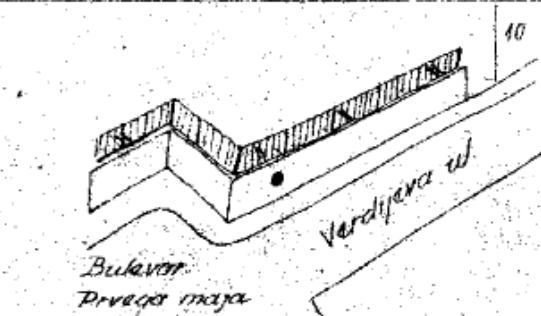
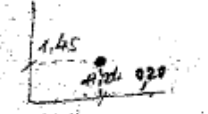
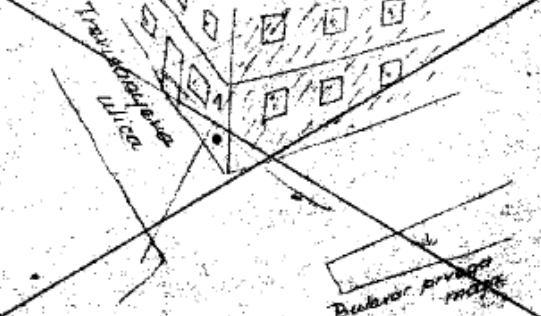
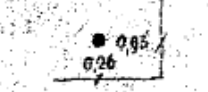
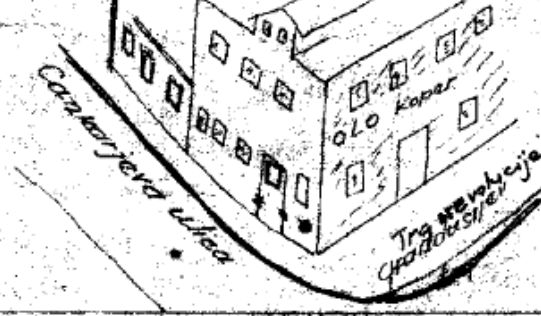
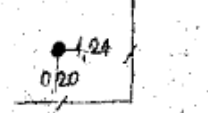
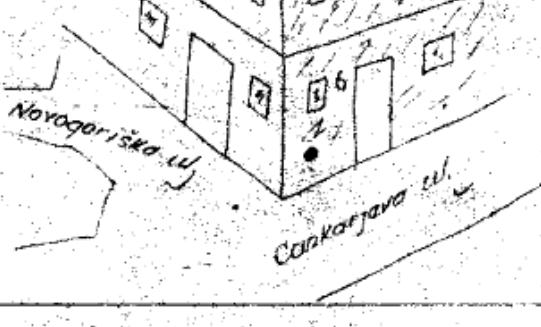
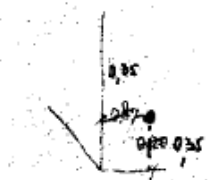
Sr. repertoja	Datum postavitve repertoja	Položajna skica repertoja	Kako je reper označen	Opomba
9	22.8.52			isto kakor <i>f. 529</i>
10	22.8.52			1.774
11	22.8.52			8,520
12	22.8.52			12,925 <i>Reamir</i>

GEODETSKI ZAVOD LRS

Okraj: *Koper*
 KLO: *Koper - mesto*

Niv. obrazec št. 8

Stran *4*

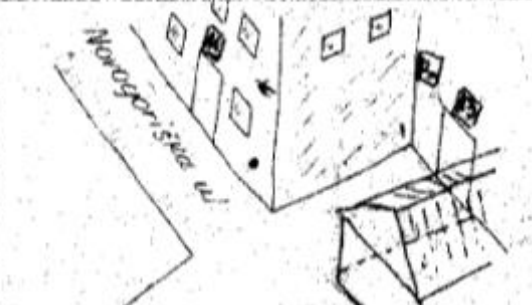

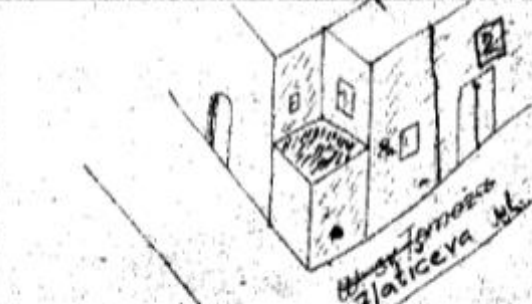
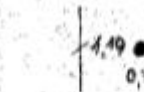

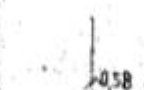
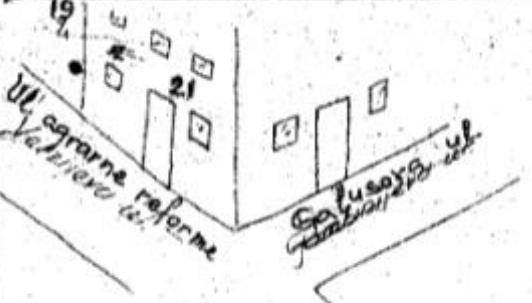
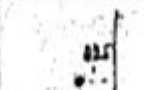
St. reperja	Datum postavitve in vrsta reperja	Položajna skica reperja	Kako je reper označen	Opomba
13	22. X 52	 <p>Bulvar Prvega maja Verdijeva ul.</p>	<p>v betonski ograji</p> 	<p>iste kakor 1</p> <p>12,589</p>
14	22. X 52	 <p>Trzinčarjeva ulica Bulvar Prvega maja</p>		<p>uničen</p> <p>11,359</p>
15	22. X 52	 <p>Cankarjeva ulica Trg Rembucija Čaplinskih OLO Koper</p>		<p>11,790</p>
16	22. X 52	 <p>Novogoriška ul. Cankarjeva ul.</p>		<p>Reper je porušen</p> <p>8,965</p> <p>Ravnina</p>

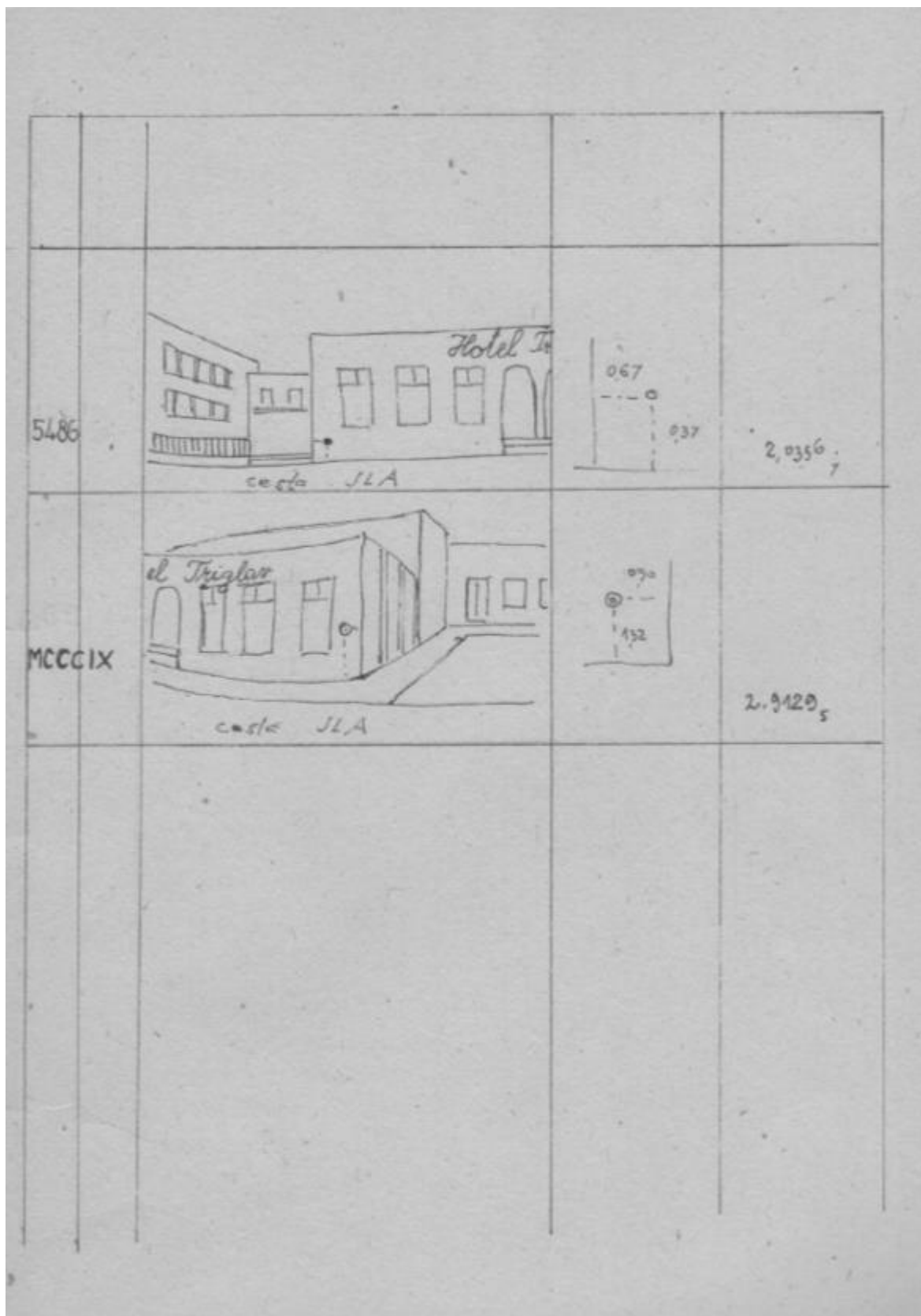
GEODETSKI ZAVOD LRS

Okraj: *Koper*
 K.L.O.: *Koper mesto*

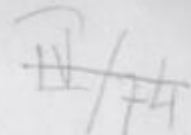
Niv. abrazec št. 8

Stran 5

št. repertija	Polna posadilna repertija	Polna posadilna repertija	Kako je repert. označen	Opomba
17v	22.7 52			Isto Koper 6.386
18v	22.8 52			7.637
19v	22.9 52			9.658
20v	22.7 52			9.923



PRILOGA A.5: NIVELMANSKI OBRAZEC ŠT. 9

MN 19 

DLO: Koper

Kat. ob.: Koper - mesto

Zvezek: 1

str. od 1 do 4

NIVELMANSKI OBRAZEC

št. 9.

»Ta stran je namenoma prazna.«

PRILOGA B: IZRAČUNI ZAPIRANJA ZANK

Zanka 1		Niv. naprej		Niv. nazaj		
Od	Do	S [m]	Vis. razl [m]	S [m]	Vis. razl [m]	Sr. vis. razl. [m]
R5486	R1	350	-0,590			-0,590
R1	R14	381	9,903			9,903
R14	R13	249	1,231			1,231
R13	R12	152	0,337			0,337
R12	R11	230	-4,407		-4,407	-4,407
R11	R24	157	0,745			0,745
R24	R5486	276	-7,224			-7,224
Skupno		1445	-0,005			-0,005

Zanka 2		Niv. naprej		Niv. nazaj		
Od	Do	S [m]	Vis. razl [m]	S [m]	Vis. razl [m]	Sr. vis. razl. [m]
R12	R23	217	-2,568			-2,568
R23	R11	232	-1,834			-1,834
R11	R12	230	4,407			4,407
Skupno		679	0,005			0,005

Zanka 3		Niv. naprej		Niv. nazaj		
Od	Do	S [m]	Vis. razl [m]	S [m]	Vis. razl [m]	Sr. vis. razl. [m]
R5486	R25	135	-0,283			-0,283
R25	R26	127	0,047			0,047
R26	R21	173	0,788			0,788
R21	R9	117	-0,952			-0,952
R9	R10	226	0,132			0,132
R10	R5486	327	0,267			0,267
Skupno		1105	-0,001			-0,001

Zanka 4		Niv. naprej		Niv. nazaj		
Od	Do	S [m]	Vis. razl [m]	S [m]	Vis. razl [m]	Sr. vis. razl. [m]
R12	R15	191	-1,135			-1,135
R15	R19	127	-2,131			-2,131
R19	R20	164	0,266			0,266
R20	R21	233	-7,330			-7,330
R21	R22	232	8,346	197	8,351	8,348
R22	R12	147	1,980	162	1,980	1,980
Skupno		1094	-0,004			-0,002

Zanka 5		Niv. naprej		Niv. nazaj		
Od	Do	S [m]	Vis. razl [m]	S [m]	Vis. razl [m]	Sr. vis. razl. [m]
R6	R17	194	4,287			4,287
R17	R18	205	1,252			1,252
R18	R20	325	2,280	239	2,292	2,287
R20	R19	164	-0,266			-0,266
R19	R15	127	2,131			2,131
R15	R16	202	-2,845			-2,845
R16	R6	302	-6,845			-6,845
Skupno		1519	-0,006			0,001

Zanka 6		Niv. naprej		Niv. nazaj		
Od	Do	S [m]	Vis. razl [m]	S [m]	Vis. razl [m]	Sr. vis. razl. [m]
R6	R7	298	-0,463			-0,463
R7	R8	228	0,264	324	0,271	0,268
R8	R9	277	-0,270			-0,270
R9	R21	117	0,952			0,952
R21	R20	233	7,330			7,330
R20	R18	325	-2,280	239	-2,292	-2,287
R18	R17	205	-1,252			-1,252
R17	R6	194	-4,287			-4,287
Skupno		1877	-0,006			-0,0095

Zanka 7		Niv. naprej		Niv. nazaj		Sr. vis. razl. [m]
Od	Do	S [m]	Vis. razl [m]	S [m]	Vis. razl [m]	
R5486	R25	135	-0,283			-0,283
R25	R26	127	0,047			0,047
R26	R21	173	0,788			0,788
R21	R22	232	8,346			8,348
R22	R12	147	1,980			1,980
R12	R23	217	-2,568			-2,568
R23	R11	232	-1,834			-1,834
R11	R24	157	0,745			0,745
R24	R5486	276	-7,224			-7,224
Skupno		1696	-0,003			-0,001

Zanka 8		Niv. naprej		Niv. nazaj		Sr. vis. razl. [m]
Od	Do	S [m]	Vis. razl [m]	S [m]	Vis. razl [m]	
R1	R2	408	1,394			1,394
R2	R3	288	-0,641			-0,641
R3	R4	328	-0,332			-0,332
R4	R5	228	0,194			0,194
R5	R6	158	0,015			0,015
R6	R16	302	6,845			6,845
R16	R15	202	2,845			2,845
R15	R12	191	1,135			1,135
R12	R13	152	-0,337			-0,337
R13	R14	249	-1,231			-1,231
R14	R1	381	-9,903			-9,903
Skupno		2887	-0,016			-0,016

Zanka 9		Niv. naprej		Niv. nazaj		
Od	Do	S [m]	Vis. razl [m]	S [m]	Vis. razl [m]	Sr. vis. razl. [m]
R5486	R1	350	-0,590			-0,590
R1	R2	408	1,394			1,394
R2	R3	288	-0,641			-0,641
R3	R4	328	-0,332			-0,332
R4	R5	228	0,194			0,194
R5	R6	158	0,015			0,015
R6	R7	298	-0,463			-0,463
R7	R8	228	0,264	324	0,271	0,268
R8	R9	277	-0,270			-0,270
R9	R10	226	0,132			0,132
R10	R5486	327	0,267			0,267
Skupno		3116	-0,030			-0,026

Zanka Z1-2		Niv. naprej		Niv. nazaj		
Od	Do	S [m]	Vis. razl [m]	S [m]	Vis. razl [m]	Sr. vis. razl. [m]
R5486	R1	350	-0,590			-0,590
R1	R14	381	9,903			9,903
R14	R13	249	1,231			1,231
R13	R12	152	0,337			0,337
R12	R23	217	-2,568			-2,568
R23	R11	232	-1,834			-1,834
R11	R24	157	0,745			0,745
R24	R5486	276	-7,224			-7,224
Skupno		1664	0,000			0,000

PRILOGA C: REZULTATI IZRAVNAVE S PROGRAMOM VIMWIN

PRILOGA C.1: IZRAVNAVA MERITEV IZ LETA 2013 – SANACIJA MREŽE

Izravnava višinske geodetske Mreže
Program: VIM, ver.5.0, mar. 07
Copyright (C) Tomaž Ambrožič & Goran Turk

Ime datoteke s podatki: sanacija.pod
Ime datoteke za rezultate: sanacija.rez
Ime datoteke za deformacijsko analizo: sanacija.def
Ime datoteke za S-transformacijo: sanacija.str

Ime datoteke za izračun ocene natančnosti premika: sanacija.koo

Datum: 21. 8.2013
Čas: 20:59:58

NADMORSKE VIŠINE REPERJEV

Reper	Nadm.viš.	Opomba
9001	8.14946	Dani reper
5486	1.91683	Dani reper
9004	1.38338	Dani reper
9003	8.44743	Dani reper
43	2.43525	Novi reper
44	2.39894	Novi reper
A	3.04666	Novi reper
45	3.16674	Novi reper
15	11.72101	Novi reper
19	9.59000	Novi reper
20	9.84000	Novi reper
21	2.52000	Novi reper
23	10.28000	Novi reper
25	1.66000	Novi reper

Število vseh reperjev = 14
Število danih reperjev = 4
Število novih reperjev = 10

MERITVE VIŠINSKIH RAZLIK IN DOLŽIN

Reper zadaj	Reper spredaj	Merjena viš.razlika	Merjena dolžina
9004	43	1.05068	0.3060
43	9004	-1.05107	0.3060
43	44	-0.03631	0.3220
44	43	0.03663	0.3220
44	A	0.64772	0.1170
A	44	-0.64747	0.1170
A	45	0.12008	0.3770
45	A	-0.12057	0.3770
45	15	8.55427	0.4920
15	45	-8.55393	0.4920
15	9003	-3.27144	0.3280
9003	15	3.27121	0.3280
9001	23	2.13889	0.1340
23	9001	-2.13883	0.1340
23	21	-7.76462	0.2200
21	23	7.76457	0.2200
21	20	7.31900	0.2270
20	21	-7.31853	0.2270
20	19	-0.25440	0.1430
19	20	0.25443	0.1430
19	15	2.13057	0.1330
15	19	-2.13040	0.1330
25	5486	0.25150	0.1460
5486	25	-0.25189	0.1460

Število opazovanj = 24

vektor normalnih enačb je zaseden 0.00 %.

ENAČBE POPRAVKOV VIŠINSKIH RAZLIK

Št. op.	Reper zadaj	Reper spredaj	Koefficienti			Utež
			a1	a2	f	
1	9004	43	0.	1.	0.00119	3.2680
2	43	9004	1.	0.	0.00080	3.2680
3	43	44	1.	-1.	0.00000	3.1056
4	44	43	-1.	1.	-0.00032	3.1056
5	44	A	-1.	1.	0.00000	8.5470
6	A	44	1.	-1.	0.00025	8.5470
7	A	45	-1.	1.	0.00000	2.6525
8	45	A	1.	-1.	-0.00049	2.6525
9	45	15	-1.	1.	0.00000	2.0325
10	15	45	1.	-1.	0.00034	2.0325
11	15	9003	1.	0.	0.00214	3.0488
12	9003	15	0.	1.	0.00237	3.0488
13	9001	23	0.	1.	-0.00835	7.4627
14	23	9001	1.	0.	-0.00829	7.4627
15	23	21	1.	-1.	-0.00462	4.5455
16	21	23	-1.	1.	-0.00457	4.5455
17	21	20	-1.	1.	0.00100	4.4053
18	20	21	1.	-1.	0.00147	4.4053
19	20	19	1.	-1.	-0.00440	6.9930
20	19	20	-1.	1.	-0.00443	6.9930
21	19	15	-1.	1.	0.00044	7.5188
22	15	19	1.	-1.	0.00061	7.5188
23	25	5486	-1.	0.	0.00533	6.8493
24	5486	25	0.	-1.	0.00494	6.8493

IZRAČUNANI POPRAVKI VIŠINSKIH RAZLIK

Št. op.	Reper zadaj	Reper spredaj	Merjena viš.razlika	Popravek viš.razlike	Definitivna viš.razlika
1	9004	43	1.05068	0.00001	1.05069
2	43	9004	-1.05107	0.00038	-1.05069
3	43	44	-0.03631	-0.00035	-0.03666
4	44	43	0.03663	0.00003	0.03666
5	44	A	0.64772	-0.00019	0.64753
6	A	44	-0.64747	-0.00006	-0.64753
7	A	45	0.12008	0.00002	0.12010
8	45	A	-0.12057	0.00047	-0.12010
9	45	15	8.55427	-0.00046	8.55381
10	15	45	-8.55393	0.00012	-8.55381
11	15	9003	-3.27144	0.00003	-3.27141
12	9003	15	3.27121	0.00020	3.27141
13	9001	23	2.13889	0.00001	2.13890
14	23	9001	-2.13883	-0.00007	-2.13890
15	23	21	-7.76462	0.00010	-7.76452
16	21	23	7.76457	-0.00005	7.76452
17	21	20	7.31900	-0.00016	7.31884
18	20	21	-7.31853	-0.00031	-7.31884
19	20	19	-0.25440	0.00003	-0.25437
20	19	20	0.25443	-0.00006	0.25437
21	19	15	2.13057	-0.00004	2.13053
22	15	19	-2.13040	-0.00013	-2.13053
23	25	5486	0.25150	0.00019	0.25170
24	5486	25	-0.25189	0.00020	-0.25170

Srednji pogrešek utežne enote, $m_0 = 0.000515$

IZRAVNANE NADMORSKE VIŠINE REPERJEV

Reper	Približna višina	Popravek višine	Definitivna višina	Sred.pog. višine
43	2.43525	-0.00118	2.43407	0.00018
44	2.39894	-0.00153	2.39741	0.00023
A	3.04666	-0.00172	3.04494	0.00024
45	3.16674	-0.00170	3.16504	0.00024

15	11.72101	-0.00217	11.71884	0.00017
19	9.59000	-0.00169	9.58831	0.00019
20	9.84000	0.00268	9.84268	0.00019
21	2.52000	0.00384	2.52384	0.00018
23	10.28000	0.00836	10.28836	0.00013
25	1.66000	0.00514	1.66514	0.00014

IZRAČUN OBČUTLJIVOSTI VIŠINSKE MREŽE

Št. Reper op. zadaj	Reper spredaj	Q11	Sred.pog. viš.razl.	Qvv	r
1 9004	43	0.12771	0.00018	0.17829	0.58265
2 43	9004	0.12771	0.00018	0.17829	0.58265
3 43	44	0.13300	0.00019	0.18900	0.58697
4 44	43	0.13300	0.00019	0.18900	0.58697
5 44	A	0.05480	0.00012	0.06220	0.53160
6 A	44	0.05480	0.00012	0.06220	0.53160
7 A	45	0.15011	0.00020	0.22689	0.60183
8 45	A	0.15011	0.00020	0.22689	0.60183
9 45	15	0.18062	0.00022	0.31138	0.63289
10 15	45	0.18062	0.00022	0.31138	0.63289
11 15	9003	0.10341	0.00017	0.22459	0.68473
12 9003	15	0.10341	0.00017	0.22459	0.68473
13 9001	23	0.05905	0.00013	0.07495	0.55931
14 23	9001	0.05905	0.00013	0.07495	0.55931
15 23	21	0.08858	0.00015	0.13142	0.59738
16 21	23	0.08858	0.00015	0.13142	0.59738
17 21	20	0.09069	0.00016	0.13631	0.60048
18 20	21	0.09069	0.00016	0.13631	0.60048
19 20	19	0.06245	0.00013	0.08055	0.56330
20 19	20	0.06245	0.00013	0.08055	0.56330
21 19	15	0.05867	0.00012	0.07433	0.55887
22 15	19	0.05867	0.00012	0.07433	0.55887
23 25	5486	0.07300	0.00014	0.07300	0.50000
24 5486	25	0.07300	0.00014	0.07300	0.50000

Skupno število nadštevilnosti je 14.00000000.
 Povprečno število nadštevilnosti je 0.58333333.

PRILOGA C.2: IZRAVNAVA MERITEV IZ LETA 1952 ZA POTREBE SPREMLJANJA
PREMIKOV

Izravnava Višinske geodetske Mreže
Program: VIM, ver.5.0, mar. 07
Copyright (C) Tomaž Ambrožič & Goran Turk

Ime datoteke s podatki: 1952_9002.pod
Ime datoteke za rezultate: 1952_9002.rez
Ime datoteke za deformacijsko analizo: 1952_9002.def
Ime datoteke za S-transformacijo: 1952_9002.str

Ime datoteke za izračun ocene natančnosti premika: 1952_9002.koo

Datum: 11. 8.2013
Čas: 15:41:25

NADMORSKE VIŠINE REPERJEV

Reper	Nadm.viš.	Opomba
9002	9.1890	Dani reper
R1	1.4540	Novi reper
R6	2.0840	Novi reper
R9	1.6190	Novi reper
R10	1.7510	Novi reper
9003	8.5180	Novi reper
R12	12.9250	Novi reper
R13	12.5880	Novi reper
R14	11.3570	Novi reper
R15	11.7900	Novi reper
R16	8.9450	Novi reper
R17	6.3860	Novi reper
R18	7.6370	Novi reper
R20	9.9230	Novi reper
R21	2.5920	Novi reper
R22	10.9430	Novi reper
R23	10.3560	Novi reper
R25	1.7610	Novi reper
R26	1.8080	Novi reper
R19	9.6580	Novi reper
R5486	2.0440	Novi reper

Število vseh reperjev = 21
Število danih reperjev = 1
Število novih reperjev = 20

MERITVE VIŠINSKIH RAZLIK IN DOLŽIN

Reper zadaj	Reper spredaj	Merjena viš.razlika	Merjena dolžina
R5486	R1	-0.5900	0.3500
R9	R10	0.1320	0.2300
R10	R5486	0.2670	0.3300
R1	R14	9.9030	0.3800
R14	R13	1.2310	0.2500
R13	R12	0.3370	0.1500
9003	9002	0.7450	0.1600
9002	R5486	-7.2240	0.2800
R12	R23	-2.5680	0.2200
R23	9003	-1.8340	0.2300
R5486	R25	-0.2830	0.1400
R25	R26	0.0470	0.1300
R26	R21	0.7880	0.1700
R21	R9	-0.9520	0.1200
R12	R15	-1.1350	0.1900
R20	R21	-7.3300	0.2300
R21	R22	8.3480	0.2300
R22	R12	1.9800	0.1500
R6	R17	4.2870	0.1900
R17	R18	1.2520	0.2100

R18	R20	2.2870	0.3300
R15	R16	-2.8450	0.2000
R16	R6	-6.8450	0.3000
R15	R19	-2.1310	0.1300
R19	R20	0.2660	0.1600

Število opazovanj = 25

vektor normalnih enačb je zaseden 0.01 %.

ENAČBE POPRAVKOV VIŠINSKIH RAZLIK

Št. op.	Reper zadaj	Reper spredaj	Koeficienti			Utež
			a1	a2	f	
1	R5486	R1	1.	-1.	0.0000	2.8571
2	R9	R10	-1.	1.	0.0000	4.3478
3	R10	R5486	-1.	1.	0.0260	3.0303
4	R1	R14	-1.	1.	0.0000	2.6316
5	R14	R13	-1.	1.	0.0000	4.0000
6	R13	R12	-1.	1.	0.0000	6.6667
7	9003	9002	-1.	0.	-0.0740	6.2500
8	9002	R5486	0.	-1.	-0.0790	3.5714
9	R12	R23	1.	-1.	0.0010	4.5455
10	R23	9003	1.	-1.	0.0040	4.3478
11	R5486	R25	1.	-1.	0.0000	7.1429
12	R25	R26	-1.	1.	0.0000	7.6923
13	R26	R21	-1.	1.	-0.0040	5.8824
14	R21	R9	1.	-1.	0.0210	8.3333
15	R12	R15	1.	-1.	0.0000	5.2632
16	R20	R21	1.	-1.	0.0010	4.3478
17	R21	R22	-1.	1.	0.0030	4.3478
18	R22	R12	-1.	1.	0.0020	6.6667
19	R6	R17	-1.	1.	0.0150	5.2632
20	R17	R18	-1.	1.	-0.0010	4.7619
21	R18	R20	-1.	1.	-0.0010	3.0303
22	R15	R16	1.	-1.	0.0000	5.0000
23	R16	R6	1.	-1.	0.0160	3.3333
24	R15	R19	1.	-1.	0.0010	7.6923
25	R19	R20	-1.	1.	-0.0010	6.2500

IZRAČUNANI POPRAVKI VIŠINSKIH RAZLIK

Št. op.	Reper zadaj	Reper spredaj	Merjena viš.razlika	Popravek viš.razlike	Definitivna viš.razlika
2	R9	R10	0.1320	0.0002	0.1322
3	R10	R5486	0.2670	0.0003	0.2673
4	R1	R14	9.9030	0.0000	9.9030
5	R14	R13	1.2310	0.0000	1.2310
6	R13	R12	0.3370	0.0000	0.3370
7	9003	9002	0.7450	0.0000	0.7450
8	9002	R5486	-7.2240	0.0000	-7.2240
9	R12	R23	-2.5680	0.0000	-2.5680
10	R23	9003	-1.8340	0.0000	-1.8340
11	R5486	R25	-0.2830	0.0001	-0.2829
12	R25	R26	0.0470	0.0001	0.0471
13	R26	R21	0.7880	0.0001	0.7881
14	R21	R9	-0.9520	0.0001	-0.9519
15	R12	R15	-1.1350	0.0003	-1.1347
16	R20	R21	-7.3300	0.0004	-7.3296
17	R21	R22	8.3480	0.0004	8.3484
18	R22	R12	1.9800	0.0003	1.9803
19	R6	R17	4.2870	-0.0001	4.2869
20	R17	R18	1.2520	-0.0001	1.2519
21	R18	R20	2.2870	-0.0001	2.2869
22	R15	R16	-2.8450	-0.0001	-2.8451
23	R16	R6	-6.8450	-0.0001	-6.8451
24	R15	R19	-2.1310	0.0003	-2.1307
25	R19	R20	0.2660	0.0003	0.2663

srednji pogrešek utežne enote, $m_0 = 0.00097$

Izračunano odstopanje = 1867.0 mm ($s = 5.460$ km).

Dopustni odstopanji v sklenjeni niv. zanki:

- mreža NVM $f = \pm 1 \cdot \text{SQRT}(s+0.04 \cdot s^2) = 2.6$ mm
 - mestna niv. mreža 1. reda $f = \pm 2 \cdot \text{SQRT}(s+0.04 \cdot s^2) = 5.2$ mm

IZRAVNANE NADMORSKE VIŠINE REPERJEV

Reper	Približna višina	Popravek višine	Definitivna višina	Sred.pog. višine
R1	1.4540	-0.0790	1.3750	0.0006
R6	2.0840	-0.0628	2.0212	0.0008
R9	1.6190	-0.0536	1.5654	0.0006
R10	1.7510	-0.0533	1.6977	0.0006
9003	8.5180	-0.0740	8.4440	0.0004
R12	12.9250	-0.0790	12.8460	0.0005
R13	12.5880	-0.0790	12.5090	0.0006
R14	11.3570	-0.0790	11.2780	0.0007
R15	11.7900	-0.0787	11.7113	0.0006
R16	8.9450	-0.0787	8.8663	0.0007
R17	6.3860	-0.0779	6.3081	0.0008
R18	7.6370	-0.0770	7.5600	0.0008
R20	9.9230	-0.0761	9.8469	0.0006
R21	2.5920	-0.0747	2.5173	0.0006
R22	10.9430	-0.0773	10.8657	0.0006
R23	10.3560	-0.0780	10.2780	0.0005
R25	1.7610	-0.0789	1.6821	0.0005
R26	1.8080	-0.0788	1.7292	0.0006
R19	9.6580	-0.0774	9.5806	0.0007
R5486	2.0440	-0.0790	1.9650	0.0005

IZRAČUN OBČUTLJIVOSTI VIŠINSKE MREŽE

Št. Reper op. zadaj	Reper spredaj	Q11	Sred.pog. viš.razl.	Qvv	r
1 R5486	R1	0.2657	0.0005	0.0843	0.2408
2 R9	R10	0.1746	0.0004	0.0554	0.2407
3 R10	R5486	0.2161	0.0005	0.1139	0.3453
4 R1	R14	0.2806	0.0005	0.0994	0.2615
5 R14	R13	0.2070	0.0004	0.0430	0.1720
6 R13	R12	0.1345	0.0004	0.0155	0.1032
7 9003	9002	0.1394	0.0004	0.0206	0.1290
8 9002	R5486	0.2168	0.0005	0.0632	0.2258
9 R12	R23	0.1810	0.0004	0.0390	0.1774
10 R23	9003	0.1873	0.0004	0.0427	0.1854
11 R5486	R25	0.1153	0.0003	0.0247	0.1763
12 R25	R26	0.1087	0.0003	0.0213	0.1637
13 R26	R21	0.1336	0.0004	0.0364	0.2141
14 R21	R9	0.1049	0.0003	0.0151	0.1256
15 R12	R15	0.1503	0.0004	0.0397	0.2091
16 R20	R21	0.1718	0.0004	0.0582	0.2531
17 R21	R22	0.1578	0.0004	0.0722	0.3139
18 R22	R12	0.1193	0.0003	0.0307	0.2047
19 R6	R17	0.1648	0.0004	0.0252	0.1326
20 R17	R18	0.1792	0.0004	0.0308	0.1466
21 R18	R20	0.2540	0.0005	0.0760	0.2303
22 R15	R16	0.1721	0.0004	0.0279	0.1396
23 R16	R6	0.2372	0.0005	0.0628	0.2094
24 R15	R19	0.1067	0.0003	0.0233	0.1792
25 R19	R20	0.1247	0.0003	0.0353	0.2206

Skupno število nadštevilnosti je 5.00000000.

Povprečno število nadštevilnosti je 0.20000000.

PRILOGA D: TOPOGRAFIJE REPERJEV

Šifra za red, vrsto mreže		Koordinata Y	401313
Št. Nivelmanskega poligona	R15	Koordinata X	45667
Št. Reperja		Koordinata Φ (stopinje)	45
Ime reperja		Koordinata Φ (minute)	32
Leto stabilizacije repeja		Koordinata Φ (sekunde)	55
Način stabilizacije	2 - Horizontalna	Koordinata Λ (stopinje)	13
Šifra oblike reperja	5 - Cilindrična	Koordinata Λ (minute)	44
Nadmorska višina	11,7189	Koordinata Λ (sekunde)	10
Leto meritve	2013	Ime datoteke, kjer so izračunane višine	
Zaporedna št. sanacije točke		Tekstualni opis	Na stavbi na Trgu Brolo 3
Šifra uporabnosti reperja	1 - Uporaben	Opomba	
Šifra IOGU		List TTN5	5 B 20 - 37
Šifra katastrske občine	2605	List TK25	
Ime katastrske občine	Koper	Podatki o topografiji	
Št. Parcele			



Šifra za red, vrsto mreže		Koordinata Y	401339
Št. Nivelmanskega poligona	R19	Koordinata X	45568
Št. Reperja		Koordinata Φ (stopinje)	45
Ime reperja		Koordinata Φ (minute)	32
Leto stabilizacije repeja		Koordinata Φ (sekunde)	52
Način stabilizacije	2 - Horizontalna	Koordinata Λ (stopinje)	13
Šifra oblike reperja	5 - Cilindrična	Koordinata Λ (minute)	44
Nadmorska višina	9,58836	Koordinata Λ (sekunde)	11
Leto meritve	2013	Ime datoteke, kjer so izračunane višine	
Zaporedna št. sanacije točke		Tekstualni opis	Trg Brolo - naspr. Kreljeve ul.
Šifra uporabnosti reperja	1 - Uporaben	Opomba	
Šifra IOGU		List TTN5	5 B 20 - 37
Šifra katastrske občine	2605	List TK25	
Ime katastrske občine	Koper	Podatki o topografiji	
Št. Parcele			



Šifra za red, vrsto mreže		Koordinata Y	401303
Št. Nivelmanskega poligona	R20	Koordinata X	45481
Št. Reperja		Koordinata Φ (stopinje)	45
Ime reperja		Koordinata Φ (minute)	32
Leto stabilizacije repeja		Koordinata Φ (sekunde)	49
Način stabilizacije	2 - Horizontalna	Koordinata Λ (stopinje)	13
Šifra oblike reperja	5 - Cilindrična	Koordinata Λ (minute)	44
Nadmorska višina	9,84272	Koordinata Λ (sekunde)	9
Leto meritve	2013	Ime datoteke, kjer so izračunane višine	
Zaporedna št. sanacije točke		Tekstualni opis	Ul. Agrarne reforme 19
Šifra uporabnosti reperja	1 - Uporaben	Opomba	
Šifra IOGU		List TTN5	5 B 20 - 37
Šifra katastrske občine	2605	List TK25	
Ime katastrske občine	Koper	Podatki o topografiji	
Št. Parcele			



Šifra za red, vrsto mreže		Koordinata Y	401176
Št. Nivelmanskega poligona	R21	Koordinata X	45383
Št. Reperja		Koordinata Φ (stopinje)	45
Ime reperja		Koordinata Φ (minute)	32
Leto stabilizacije repeja		Koordinata Φ (sekunde)	45
Način stabilizacije	2 - Horizontalna	Koordinata Λ (stopinje)	13
Šifra oblike reperja	5 - Cilindrična	Koordinata Λ (minute)	44
Nadmorska višina	2,52386	Koordinata Λ (sekunde)	3
Leto meritve	2013	Ime datoteke, kjer so izračunane višine	
Zaporedna št. sanacije točke		Tekstualni opis	Med Župančičevo ul. In Prešernovim trgom
Šifra uporabnosti reperja	1 - Uporaben	Opomba	
Šifra IOGU		List TTN5	5 B 20 - 37
Šifra katastrske občine	2605	List TK25	
Ime katastrske občine	Koper	Podatki o topografiji	
Št. Parcele			



Šifra za red, vrsto mreže		Koordinata Y	401058
Št. Nivelmanskega poligona		Koordinata X	45524
Št. Reperja	R23	Koordinata Φ (stopinje)	45
Ime reperja		Koordinata Φ (minute)	32
Leto stabilizacije repeja		Koordinata Φ (sekunde)	50
Način stabilizacije	2 - Horizontalna	Koordinata Λ (stopinje)	13
Šifra oblike reperja	5 - Cilindrična	Koordinata Λ (minute)	45
Nadmorska višina	10,28837	Koordinata Λ (sekunde)	58
Leto meritve	2001	Ime datoteke, kjer so izračunane višine	
Zaporedna št. sanacije točke		Tekstualni opis	Župančičeva ul. 14
Šifra uporabnosti reperja	1 - Uporaben	Opomba	
Šifra IOGU		List TTN5	5 B 20 - 37
Šifra katastrske občine	2605	List TK25	
Ime katastrske občine	Koper	Podatki o topografiji	
Št. Parcele			

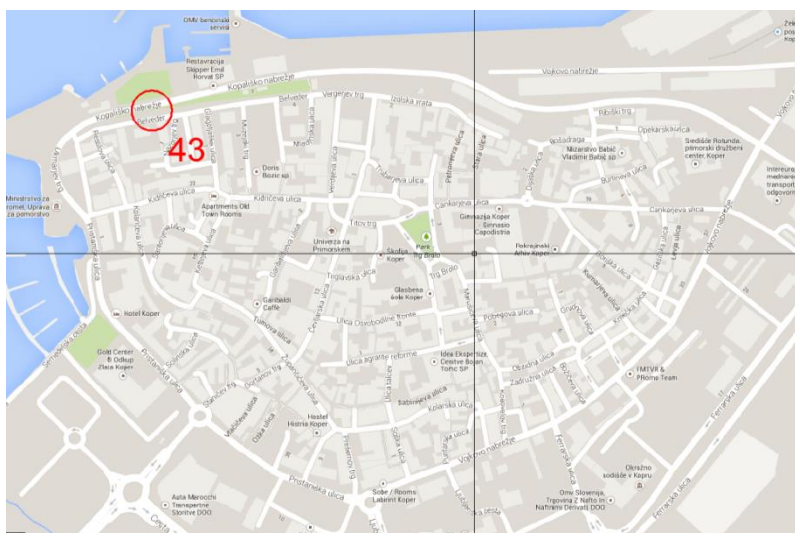


Šifra za red, vrsto mreže		Koordinata Y	400965
Št. Nivelmanskega poligona		Koordinata X	45511
Št. Reperja	R25	Koordinata Φ (stopinje)	45
Ime reperja		Koordinata Φ (minute)	32
Leto stabilizacije repeja		Koordinata Φ (sekunde)	49
Način stabilizacije	2 - Horizontalna	Koordinata Λ (stopinje)	13
Šifra oblike reperja	5 - Cilindrična	Koordinata Λ (minute)	43
Nadmorska višina	1,66508	Koordinata Λ (sekunde)	54
Leto meritve	2013	Ime datoteke, kjer so izračunane višine	
Zaporedna št. sanacije točke		Tekstualni opis	Tomažičev trg 1
Šifra uporabnosti reperja	1 - Uporaben	Opomba	
Šifra IOGU		List TTN5	5 B 20 - 37
Šifra katastrske občine	2605	List TK25	
Ime katastrske občine	Koper	Podatki o topografiji	
Št. Parcele			

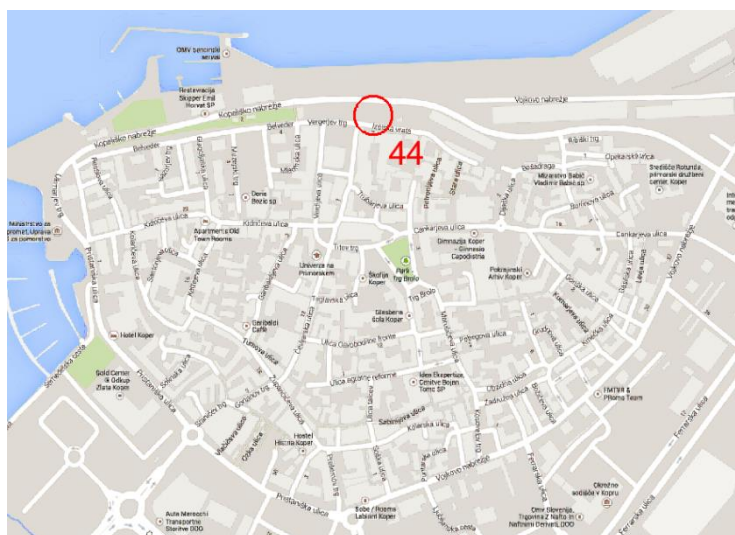


Šifra za red, vrsto mreže	
Št. Nivelmanskega poligona	43
Št. Reperja	
Ime reperja	
Leto stabilizacije repeja	2013
Način stabilizacije	2 - Horizontalna
Šifra oblike reperja	5 - Cilindrična
Nadmorska višina	2,4342
Leto meritve	2013
Zaporedna št. sanacije točke	
Šifra uporabnosti reperja	1 - Uporaben
Šifra IOGU	
Šifra katastrske občine	2605
Ime katastrske občine	Koper
Št. Parcele	

Koordinata Y	400962
Koordinata X	45813
Koordinata Φ (stopinje)	45
Koordinata Φ (minute)	32
Koordinata Φ (sekunde)	59
Koordinata Λ (stopinje)	13
Koordinata Λ (minute)	43
Koordinata Λ (sekunde)	53
Ime datoteke, kjer so izračunane višine	
Tekstualni opis	
Opomba	
List TTN5	5 B 20 - 37
List TK25	
Podatki o topografiji	



Šifra za red, vrsto mreže		Koordinata Y	401267
Št. Nivelmanskega poligona	44	Koordinata X	45834
Št. Reperja		Koordinata Φ (stopinje)	45
Ime reperja		Koordinata Φ (minute)	33
Leto stabilizacije repeja	2013	Koordinata Φ (sekunde)	0
Način stabilizacije	2 - Horizontalna	Koordinata Λ (stopinje)	13
Šifra oblike reperja	5 - Cilindrična	Koordinata Λ (minute)	44
Nadmorska višina	2,39752	Koordinata Λ (sekunde)	7
Leto meritve	2013	Ime datoteke, kjer so izračunane višine	
Zaporedna št. sanacije točke		Tekstualni opis	Parkirušče nasproti potniškega terminala
Šifra uporabnosti reperja	1 - Uporaben	Opomba	
Šifra IOGU		List TTN5	5 B 20 - 37
Šifra katastrske občine	2605	List TK25	
Ime katastrske občine	Koper	Podatki o topografiji	
Št. Parcele			



Šifra za red, vrsto mreže	
Št. Nivelmanskega poligona	45
Št. Reperja	
Ime reperja	
Leto stabilizacije repeja	2013
Način stabilizacije	2 - Horizontalna
Šifra oblike reperja	5 - Cilindrična
Nadmorska višina	3,16512
Leto meritve	2013
Zaporedna št. sanacije točke	
Šifra uporabnosti reperja	1 - Uporaben
Šifra IOGU	
Šifra katastrske občine	2605
Ime katastrske občine	Koper
Št. Parcele	

Koordinata Y	401737
Koordinata X	45761
Koordinata Φ (stopinje)	45
Koordinata Φ (minute)	32
Koordinata Φ (sekunde)	58
Koordinata Λ (stopinje)	13
Koordinata Λ (minute)	44
Koordinata Λ (sekunde)	29
Ime datoteke, kjer so izračunane višine	
Tekstualni opis	Na skladišču Luke Koper
Opomba	
List TTN5	5 B 20 - 37
List TK25	
Podatki o topografiji	

