

Univerza
v Ljubljani
Fakulteta
*za gradbeništvo
in geodezijo*

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



Visokošolski program geodezija,
Smer Geodezija v inženirstvu

Kandidatka:

Petra Zupančič

Sanacija mestne nivelmanske mreže Trbovlje

Diplomska naloga št.: 277

Mentor:
doc. dr. Božo Koler

Ljubljana, 8. 10. 2008

IZJAVA O AVTORSTVU

Podpisana **PETRA ZUPANČIČ** izjavljam, da sem avtorica diplomske naloge z naslovom
»**SANACIJA MESTNE NIVELMANSKE MREŽE TRBOVLJE**«.

Izjavljam tudi, da se odpovedujem vsem materialnim avtorskim pravicam.

Ljubljana, 25.9.2008

BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

UDK: 528.1/.5(427.4 Trbovlje):(043.2)
Avtor: Petra Zupančič
Mentor: asist. prof. Božo Koler
Naslov: Sanacija mestne nivelmanske mreže Trbovlje
Obseg in oprema: 43 str., 7 pregl., 14 sl., 31 en., 13 pril.
Ključne besede: geometrični nivelman, niveliranje, nivelmanska mreža, reper, izravnava

Izveček

V diplomskem delu je predstavljena sanacija mestne nivelmanske mreže Trbovlje. V letih 1999 in 2000 je bil izveden preračun nivelmanskih mrež v Sloveniji. Pri preračunu nivelmanske mreže Trbovlje je bilo ugotovljeno, da je odstopanje merjenih višinskih razlik večje od dopustnega, ki ga navaja pravilnik, in zato mreža ni bila vključena v bazo geodetskih točk.

Diplomska naloga je razdeljena na dva dela. V prvem delu je krajše predstavljena teorija višinskih sistemov in geometričnega nivelmana, drugi del pa obravnava analizo obstoječih nivelmanskih mrež na območju Trbovelj, projekt sanacije in izmero mestne nivelmanske mreže ter obdelavo merskih podatkov. Le-ta je predstavljena podrobnejše, saj je potrebno meritve pred izravnavo popraviti za vplive okolja in uporabljenega instrumentarija. Višinska mreža je izravnana na nivo vertikalnega datuma Trst v normalnem ortometričnem višinskem sistemu. Na koncu so podani rezultati meritev, to so nadmorske višine reperjev mestne nivelmanske mreže Trbovlje in ocena natančnosti določitve nadmorske višine.

BIBLIOGRAPHIC – DOCUMENTALISTIC INFORMATION

UDC: 528.1/.5(427.4 Trbovlje):(043.2)
Author: Petra Zupančič
Supervisor: asist. prof. Božo Koler
Title: Renovation of Trbovlje city leveling network
Notes: 43 p., 7 tab., 14 fig., 31 eq., 13 sup.
Key words: geometrical level, leveling, leveling network, benchmark, adjustment

Abstract

The subject of this final paper is renovation of Trbovlje city leveling network. Back in years 1999 and 2000 there has been done recalculation of leveling networks in Slovenia and because Trbovlje city leveling networks had deviation, which was not in concordance with regulations, this leveling network wasn't included into register of Slovenian geodetic points.

Present final paper is divided into two parts. First part offers short presentation of theory of vertical systems and leveling, while second part deals with analysis of present leveling networks in the area of Trbovlje, project of renovation, measurements and processing of measured data. The latter is discussed in detail because the measured data must be properly corrected with regard to environmental influence and used instrumentation. Vertical network is leveled on level of vertical datum Trst in normal orthometric vertical system. In the end I present the results of measurements, that is, height above sea level for each benchmark of city leveling network and precision estimation of appointed heights

ZAHVALA

Kot prvemu bi se zahvalila prof. Božu Kolerju, ki me je z veseljem sprejel pod svoje mentorstvo, za vse njegove nasvete in ideje. Iskrena hvala moji družini za vso podporo in pomoč, ki so mi jo nudili v času študija in pri izdelavi diplomske naloge. In nenazadnje hvala mojim prijateljem za razumevanje, potrpežljivost in vzpodbudo. Hvala vsem, ki ste in še vedno verjamete vame.

KAZALO VSEBINE

1 UVOD	1
2 KOORDINATNI SISTEMI KLASIČNE GEODEZIJE.....	3
2.1 Horizontalni geodetski datum in višinski datum	3
2.2 Višinske referenčne ploskve.....	5
2.2.1 Geoid in odklon navpičnice.....	5
2.2.2 Kvazigeoid	7
2.3 Sistemi višin v geodeziji.....	7
2.3.1 Geopotencialne kote	8
2.3.2 Dinamične višine	10
2.3.3 Ortometrične višine	11
2.3.4 Normalne višine	12
2.3.5 Primerjava višinskih sistemov	12
3 GEOMETRIČNI NIVELMAN	14
3.1 Osnovni princip nivelmana.....	14
3.2 Višinske točke in njihova stabilizacija	15
3.2.1 Normalni reper	16
3.2.2 Fundamentalni reperji	16
3.2.3 Delovni reperji	16
3.3 Nivelmanske mreže.....	17
3.3.1 Delitev nivelmanskih mrež.....	17
3.4 Nivelir	18
3.4.1 Čitanje razdelbe na lati	20
3.5 Pogreški pri niveliranju	21
3.6 Preizkus delovanja nivelirja	22
4 ANALIZA NIVELMANSKIH MREŽ V TRBOVLJAH IN PROJEKT SANACIJE ..	25
4.1 Nivelmanska mreža 4. reda na območju Trbovelj.....	25
4.2 Mestna nivelmanska mreža Trbovlje	27

4.3 Projekt sanacije	28
5 IZMERA MESTNE NIVELMANSKE MREŽE	30
5.1 Instrumentarij in oprema	30
5.2 Izmera mestne nivelmanske mreže	32
5.3 Obdelava meritev	34
5.4 Ocena natančnosti merjenih višinskih razlik	36
5.5 Izravnava in ocena natančnosti mestne nivelmanske mreže Trbovlje	38
5.6 Nadmorske višine reperjev z oceno natančnosti	40
6 ZAKLJUČEK	42
VIRI	43

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1:	Stanje reperjev v nivelmanski mreži 4. reda	str.26
Preglednica 2:	Mestna nivelmanska mreža Trbovlje	str.27
Preglednica 3:	Stanje reperjev v mestni nivelmanski mreži 1. reda	str.28
Preglednica 4:	Tehnični podatki nivelirja Leica WILD NA 3000	str.30
Preglednica 5:	Tehnični podatki nivelmanske late Leica GPCL3	str.31
Preglednica 6:	Ocene natančnosti nivelmanske mreže pred uzravnavo	str.38
Preglednica 7:	Nadmorske višine reperjev z natančnostjo določitve	str.41

KAZALO SLIK

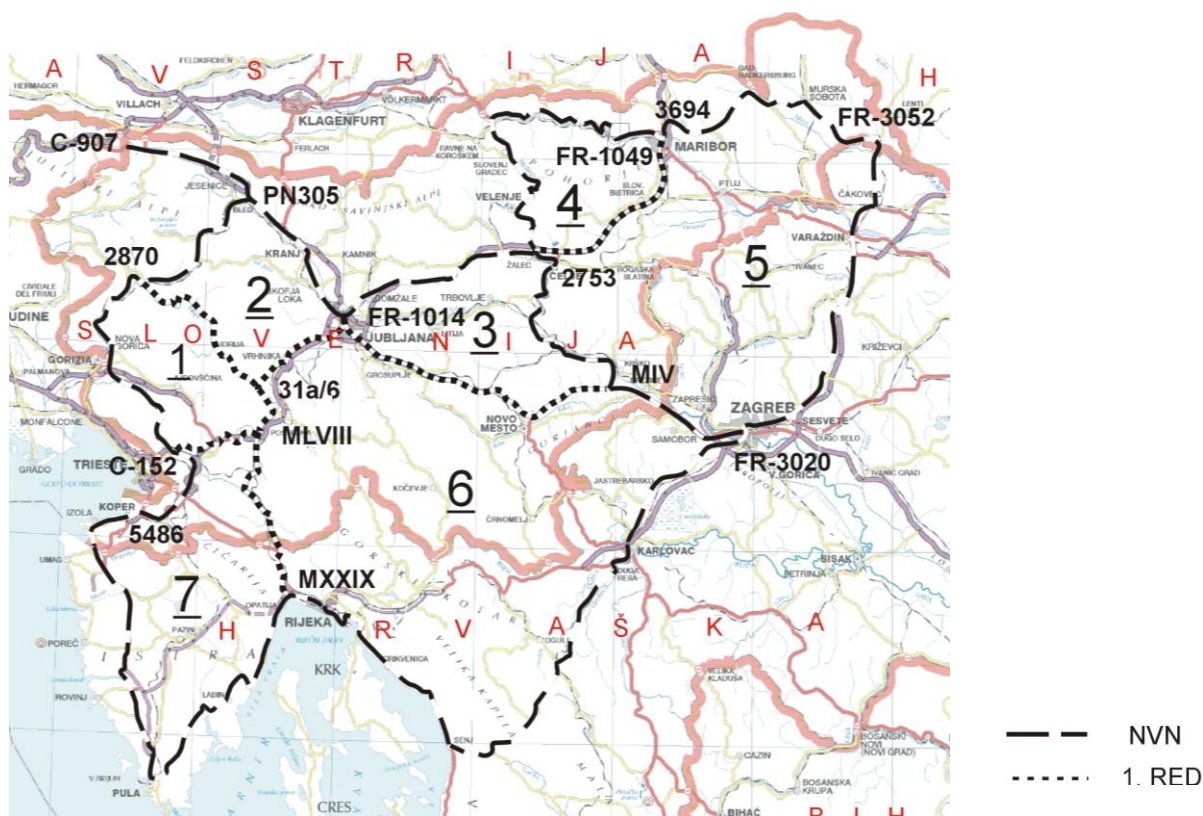
Slika 1:	Nivelmanska mreža Slovenije	str.1
Slika 2:	Odklon navpičnice	str.6
Slika 3:	Geoid, kvazigeoid in referenčni elipsoid	str.7
Slika 4:	Določitev višine točke P_i	str.8
Slika 5:	Osnovni princip nivelmana	str.14
Slika 6:	Izmenišča pri niveliranju	str.15
Slika 7:	Förstnerjev način preizkusa horizontalnosti vizurne osi	str.23
Slika 8:	Näbauerjev način preizkusa horizontalnosti vizurne osi	str.23
Slika 9:	Kukkamäkijev način preizkusa horizontalnosti vizurne osi	str.24
Slika 10:	Skica nivelmanskega poligona št. 27: Trbovlje – Groblje	str.25
Slika 11:	Skica reperjev v mestni nivelmanski mreži Trbovlje	str.27
Slika 12:	Precizni digitalni nivelir Leica WILD NA 3000	str.30
Slika 13:	Postavitev late na žabo s pomočjo stojala za vertikalno postavitev	str.31
Slika 14:	Program VIM	str.38

KAZALO PRILOG

- Priloga A: Topografije reperjev mreže 4. reda na območju Trbovelj
- Priloga B: Nivelmanski obrazec št. 2 (izmera niv. poligona Trbovlje – Groblje)
- Priloga C: Tehnično poročilo o izmeri niv. poligona Trbovlje - Groblje
- Priloga D: Topografije reperjev mestne nivelmanske mreže
- Priloga E: Nivelmanski obrazec št. 2 (izmera mestne niv. mreže leta 1972)
- Priloga F: Nivelmanski obrazec št. 3 (izmera mestne niv. mreže leta 1972)
- Priloga G: Skica projektirane mestne nivelmanske mreže Trbovlje
- Priloga H: Topografije reperjev mestne nivelmanske mreže Trbovlje
- Priloga I: Nivelmanski obrazec št. 1
- Priloga J: Nivelmanski obrazec št. 2
- Priloga K: Poročilo o kalibraciji nivelmanskih lat
- Priloga L: Izračun razlik pred izravnavo ocene natančnosti višinskih
- Priloga M: Izhodna datoteka programa VIM s podatki o izravnavi

1 UVOD

Geodetska uprava Republike Slovenije je leta 1990 začela s sanacijo nivelmanskih mrež in jo končala leta 2000. Pri sanaciji je bilo analizirano stanje reperjev v mrežah, določeni pa so bili tudi nivelmanski poligoni, ki so presegali s pravilnikom dovoljena odstopanja. Sanacija je bila izvajana v več stopnjah, kar pomeni, da se je celotni nivelmanski poligon razdelil na več delov in bil tudi izravnán po delih, kjer je bilo odstopanje v mejah predpisanega dovoljenega odstopanja. Za izhodišče vseh nadmorskih višin v mreži je privzet fundamentalni reper v Rušah. Njegova višina je določena v višinskem datumu Trst. (Koler, Vardjan, 2006)



Slika 1: Nivelmanska mreža Slovenije

Nivelmansko mrežo Slovenije sestavlja 7 nivelmanskih zank in en slepi nivelmanski poligon nivelmana visoke natančnosti in nivelmanske mreže 1. reda. Tri nivelmanske zanke so delno stabilizirane tudi na območju sosednje Hrvaške.

Pri preračunu nivelmanskih mrež v sklopu sanacije, ki je bil opravljen leta 2000, se je izkazalo, da mestna nivelmanska mreža Trbovlje bistveno presega dovoljeno odstopanje, ki je predpisano s pravilnikom, zato le-ta ni bila vključena v bazo geodetskih točk. Ponovna izmera mreže iz takšnih ali drugačnih razlogov ni bila izvedena. S sanacijo mestne nivelmanske mreže bo mesto dobilo višinsko mrežo v državnem koordinatnem sistemu, ki bo predstavljala višinsko osnovo za vsa geodetska dela in nadaljnje posege v prostor.

V diplomski nalogi je ob uvodni predstavitvi višinskih sistemov v geodeziji in osnov geometričnega nivelmana predstavljena sanacija mestne nivelmanske mreže v Trbovljah in rezultati le-te.

2 KOORDINATNI SISTEMI KLASIČNE GEODEZIJE

Položaj točke na površini Zemlje je določen z naravnimi (astronomskimi) koordinatami ali z geometričnimi (geodetskimi) koordinatami. Naravne koordinate - astronomska geografska širina Φ , astronomska geografska dolžina Λ in ortometrična višina H se nanašajo na težnostno polje Zemlje, geometrične koordinate - geodetska geografska širina φ , geodetska geografska dolžina λ in elipsoidna višina h pa se nanašajo na referenčni elipsoid.

Za podajanje položaja v koordinatnem sistemu, ki je pritrjen na telo Zemlje, je izbran dogovorjeni terestrični koordinatni sistem (Conventional Terrestrial System-CT). Koordinatni sistem ima izhodišče v težišču Zemlje, pozitivna smer osi z sovpada s srednjim položajem rotacijske osi Zemlje, pozitivna smer osi x je dana s presečiščem srednje ekvatorialne ravnine in srednjega meridiana Greenwich, os y pa je pravokotna na ravnino XZ , njena pozitivna smer je izbrana tako, da je koordinatni sistem desnosučen.

Datumsko ploskev v geodeziji predstavlja matematična ploskev znane velikosti, oblike in lega v koordinatnem sistemu, npr. rotacijski elipsoid. (Stopar, Koler, Kuhar, 2005)

2.1 Horizontalni geodetski datum in višinski datum

a) Horizontalni ali astrogeodetski datum

Parametri astrogeodetskega datuma (kratko astrogeodetski datum) so parametri, ki določajo velikost, obliko, položaj in orientacijo referenčnega elipsoida v dogovorjenem terestričnem koordinatnem sistemu:

- 3 parametri, ki določajo položaj izhodišča koordinatnega sistema
- 3 parametri, ki določajo orientacijo koordinatnega sistema
- 2 parametra, ki določata velikost in obliko rotacijskega elipsoida.

V praksi astrogeodetski datum določajo:

- astronomska širina in astronomska dolžina izhodiščne točke astrogeodetske mreže (Φ_0 in Λ_0)
- astronomski azimut na izhodiščni točki proti sosednji točki
- vrednost odklona navpičnice v izhodiščni točki (ξ_0, η_0)
- vrednost geoidne ondulacije v izhodiščni točki (N_0)
- 2 parametra, ki določata velikost in obliko rotacijskega elipsoida (a, f)

S koordinatama Φ_0 in Λ_0 je določena navpičnica izhodiščne točke astrogeodetske mreže, s komponentama odklona navpičnice ξ_0 in η_0 je normala elipsoida pritrjena na navpičnico v izhodiščni točki, s parametrom N_0 pa je referenčni elipsoid orientiran po višini.

Med astronomskimi in geodetskimi koordinatami v izhodiščni točki tako veljajo zveze:

- $\xi_0 = \Phi_0 + \varphi_0$ (1)

- $\eta_0 = (\Lambda_0 - \lambda_0) \cdot \cos \varphi_0$ (2)

- $N_0 = h_0 - H_0$, (3)

kjer je H_0 ...nadmorska (ortometrična) višina izhodiščne točke

Te enačbe vzpostavljajo zvezo med normalo in navpičnico v izhodiščni točki mreže. Vendar pa referenčni elipsoid še vedno lahko kroži okrog normale v izhodiščni točki. To odstranimo z opazovanim astronomskim azimutom v izhodiščni točki proti poljubni točki v mreži. Če v izhodiščni točki mreže veljata enačbi (1) in (2), potem je zagotovljena vzporednost koordinatnih osi CT sistema in glavnih osi referenčnega elipsoida.

Prednosti astrogeodetskega datuma so dobro prilagajanje elipsoida in geoida ter zanesljivo merilo astrogeodetske mreže v bližini izhodiščne točke. Vendar pa je povezava s težiščem Zemlje nezanesljiva, slabša pa je tudi povezava referenčnega elipsoida in geoida, ki sta povezana samo v izhodiščni točki. Z oddaljevanjem od izhodiščne točke zato nastopajo deformacije koordinat. Posledica tega je ločevanje horizontanih in višinskih geodetskih mrež. (Stopar, Koler, Kuhar, 2005)

b) Višinski datum

Višinski datum predstavlja množica parametrov, ki omogočajo določitev višin točk v višinskem koordinatnem sistemu. Povezan je s srednjim nivojem morja. Srednji nivo morja je ekvipotencialna ploskev, ki poteka skozi izbrano izhodiščno točko – mareograf in predstavlja referenčno ploskev za določitev višin s postopki geometričnega nivelmana. V praksi običajno nadomešča eno samo višinsko referenčno točko množica višinskih referenčnih točk, ki pa ne ležijo vse na isti ekvipotencialni ploskvi, kar vodi do višinske referenčne ploskve, ki ni ekvipotencialna ploskev.

2.2 Višinske referenčne ploskve

Astronomski koordinati Φ in Λ podajata položaj točke na ekvipotencialni ploskvi. Za opis položaja točke v trirazsežnem prostoru pa potrebujemo še eno koordinato. Ta je izbrana tako, da je pravokotna na ekvipotencialno ploskev. Imenujemo jo ortometrična višina H , če je višinska referenčna ploskev, na katero se koordinata nanaša, geoid.

Osnovna višinska enačba se glasi:

$$dH = -\frac{dW}{g}. \quad (4)$$

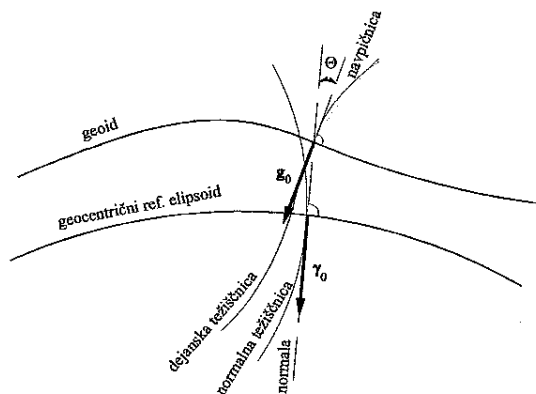
Enačba podaja višino glede na razliko potencialov in velikost težnostnega pospeška. Ker težnosti ne moremo opazovati v notranjosti Zemlje, uporabimo za velikost težnostnega pospeška v Zemljini notranjosti približne izraze. To pripelje do različnih višinskih sistemov in njim pripadajočim višinskih referenčnih ploskev. (Stopar, Koler, Kuhar, 2005)

2.2.1 Geoid in odklon navpičnice

Geoid je ekvipotencialna ploskev, ki najbolje aproksimira srednji nivo morja. Po K.F. Gaussovi definiciji je geoid matematična oblika Zemlje. V splošnem poteka geoid pod kontinenti v globini, ki je enaka nadmorski višini zemeljske površine. Geoid lahko do nekaj desetina metra aproksimiramo z rotacijskim geocentričnim elipsoidom, ki ga uporabljamo za definiranje normalnega težnostnega polja. Razliko (višino) med geocentričnim referenčnim

elipsoidom in geoidom imenujemo geoidna višina oz. geoidna ondulacija. Največje absolutne geoidne ondulacije znašajo do 100 metrov.

Za obravnavo nepravilnosti zemeljske težnosti uporabljamo vektorja dejanske težnosti g_0 na geoidu in normalne težnosti γ_0 na elipsoidu. Prostorski kot med γ_0 in g_0 je odklon navpičnice θ . Odklon navpičnice je kot med dejansko težiščnico na geoidu in normalo na elipsoidu. Odkloni navpičnice so lahko, podobno kot geoidne višine, absolutni in relativni. Večje vrednosti odklona navpičnice lahko pričakujemo v goratih predelih, kjer lahko znašajo tudi do $1'$. Ker je θ prostorski kot, ga razstavimo na ortogonalni komponenti ζ in η , ki ju imenujemo komponenti odklona navpičnice. Komponenta odklona navpičnice ζ je projekcija odklona na meridiansko ravnino - meridianska komponenta odklona navpičnice; η pa je projekcija odklona navpičnice na ravnino I. vertikalala - komponenta odklona v smeri I. vertikalala. Predznak komponent odklona je po dogovoru pozitiven, če navpičnica poteka severno in vzhodno od normale. To velja za severno in južno zemeljsko poloblo. Odklon navpičnice povezuje smer normale in navpičnice v obravnavani točki. Povezuje torej astronomski in geodetski koordinati točke.

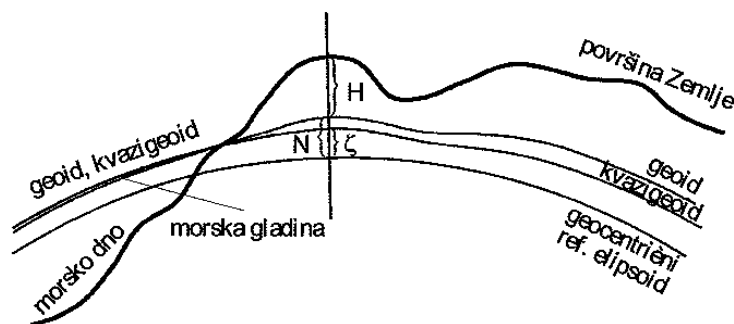


Slika 2: Odklon navpičnice

Odklon navpičnice θ predstavlja največji naklon geoida glede na referenčni elipsoid v obravnavani točki. Komponenta ζ predstavlja naklon geoida v smeri S-J, η pa naklon v smeri V-Z. Če je geoid nagnjen proti severu, je komponenta ζ pozitivna in obratno, če je nagnjen proti vzhodu, je komponenta η pozitivna in obratno. (Stopar, Koler, Kuhar, 2005)

2.2.2 Kvazigeoid

Pri izračunu oblike ploskve geoida moramo predpostaviti porazdelitev gostote mas v vrhnjem sloju Zemlje. Ta predpostavka pa zmanjšuje zanesljivost rezultatov izračuna. Zaradi rešitve omenjenih problemov, ki otežujejo izračun ploskve geoida, je bila v geodetsko teorijo vpeljana še ena ploskev, ki jo imenujemo kvazigeoid. Kvazigeoid je ploskev, ki jo lahko izračunamo brez vseh predpostavk in kvazigeoidno višino ζ lahko izračunamo popolnoma natančno. Geoid je izračunan iz dejanske težnosti na površini Zemlje, kvazigeoid pa iz normalne težnosti na površini referenčnega elipsoida. (Stopar, Koler, Kuhar, 2005)

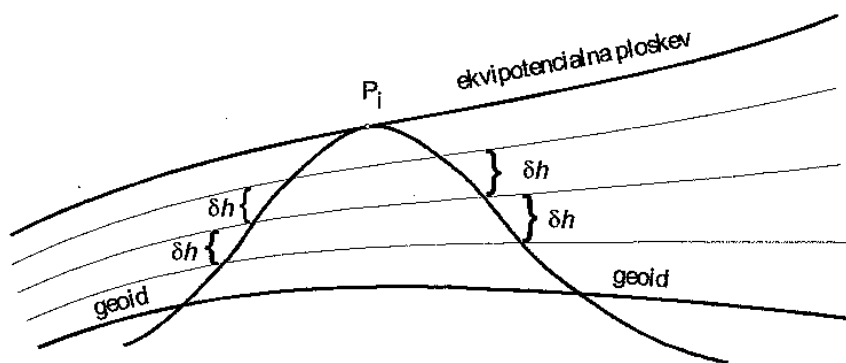


Slika 3: Geoid, kvazigeoid in referenčni elipsoid

2.3 Sistemi višin v geodeziji

Zaradi težav pri določitvi višin, ki izvirajo iz neznane velikosti težnostnega pospeška g , je bilo uvedenih mnogo tipov višin, ki izpolnjujejo različne zahteve in se nanašajo na različne referenčne ploskve. Težave pri določanju višin v ravninskih področjih so bolj ali manj teoretične, za hribovita in gorata področja pa so te težave predvsem praktične. Za praktično uporabo je smiselna uvedba takšnih višin, ki predstavljajo »absolutne« višine točk. Zato so bile kot izhodišče absolutnih višin izbrane najnižje točke na zemeljski površini oziroma točke na morski površini. Od tod tudi izhaja naziv za absolutno višino »nadmorska« višina. Z absolutno višino so povezani tudi različni meteorološki parametri.

Višine določamo s postopki niveliranja in trigonometričnega višinomerstva. Ti merski operaciji izvajamo v težnostnem polju Zemlje, zato so rezultati tovrstnih opazovanj obremenjeni z geometrijskimi lastnostmi težnostnega polja, kar lahko vidimo na primeru določitve višine točke P_i .



Slika 4: Določitev višine točke P_i

Prvi nivelmanski poligon poteka od geoida do točke P_i z leve strani gore, na drugi strani pa z desne. Za vsako postavitev instrumenta je višinska razlika med lato zadaj in lato spredaj Δh_i . Višina točke P_i nad geoidom je vsota višinskih razlik Δh_i za nivelman na levi in na desni strani gore. Ti dve vsoti sta različni, ker je na desni strani gore večja višinska razlika Δh_i med ekvipotencialnimi ploskvami kot na levi strani. Pojavi se vprašanje, katera višina točke P_i je torej prava? Nastalo dvoumno situacijo lahko odstranimo samo s pretvorbo rezultatov izmere in izračuna višine točke, ki so odvisni od poti, v rezultate, ki so neodvisni od poti določitve višine točke. (Stopar, Koler, Kuhar, 2005)

2.3.1 Geopotencialne kote

Razlika težnostnih potencialov dveh bližnjih ekvipotencialnih ploskev je dana z izrazom:
$$\Delta W \approx -g\Delta h. \quad (5)$$

Ker poteka skozi vsako točko samo ena ekvipotencialna ploskev, pripada tej točki samo ena vrednost težnostnega potenciala W . Težnostni potencial tako predstavlja eno od možnosti

določitve enolične višine točke. Če z merskim postopkom določamo razmik med ekvipotencialnimi ploskvami Δh in če poznamo vrednost težnosti na istem mestu, lahko določimo razliko potencialov ΔW iz zgornjega izraza. Namesto potenciala W_i točke P_i v geodeziji uporabljamo geopotencialno število (koto) C_i , ki je definirana kot negativna razlika potencialov v točki T_i in na geoidu:

$$C_i = -(W_i - W_0) = \int_{P_0}^{P_i} g \cdot dl = \int_{P_0}^{P_i} g' \cdot dh', \quad (6)$$

kjer integriramo ali po površini (dl) med geoidom in točko P_i ali vzdolž težiščnice (dh') do točke P_i . Razlika geopotencialnih kot ΔC_{ij} med točkama P_i in P_j je sedaj:

$$\Delta C_{ij} = \int_{P_i}^{P_j} g \cdot dl \quad (7)$$

Enota geopotencialne kote je kilogalmetar oziroma $1\text{kGalm} = 10\text{m}^2\text{s}^{-2} = 1\text{g.p.u.}$ Enota je izbrana tako, da je numerična vrednost geopotencialne kote približno enaka višini točke nad nivojem morja v metrih: $C \approx 0.98H$ (Stopar, Koler, Kuhar, 2005), kjer je H višina točke nad geoidom. Geopotencialna kota je za vsako točko enolična. Ker je težnostno polje brez vrtnicev, je integral po zaključeni krivulji enak 0, kar pa ne velja za nivelirane višinske razlike. Geopotencialne kote so pozitivne nad geoidom, enake 0 na geoidu, negativne pod geoidom in konstantne na ekvipotencialni ploskvi.

V praksi ne poznamo niti l niti g kot zvezni funkciji položaja, zato zgornjih integralov ne moremo rešiti analitično. Zato uporabimo končno število vrednosti za g in dl , opazovanih v nivelmanskem poligonu. Imamo torej:

$$\Delta C_{ij} = \sum_{k=1}^j \bar{g}_k \Delta l_k, \quad (8)$$

kjer je $\bar{g}_k = \frac{1}{2}(g_{k-1} + g_k)$ - povprečna vrednost težnosti med točkama P_{k-1} in P_k

Δl_k - opazovana višinska razlika med točkama P_{k-1} in P_k

g_k - opazovana vrednost težnosti v točki P_k

Gepotencialna kota ni višina v geometrijskem smislu in nima geometrijskega pomena. Pomembna je predvsem v raziskovanju težnostnega polja Zemlje in je osnova za izračun višin v vseh sistemih višin, ki imajo fizikalni pomen. (Stopar, Koler, Kuhar, 2005)

2.3.2 Dinamične višine

Za odstranitev težav, povezanih z geopotencialnimi kotami, ki niso dane v dolžinski meri, so bile uvedene dinamične višine H^D , ki jih pridobimo tako, da geopotencialne kote delimo s konstantno referenčno težnostjo g_R :

$$H_i^D = \frac{C_i}{g_R} \quad (9)$$

Za g_R privzamemo vrednost normalne težnosti na srednjem Zemljinem elipsoidu za srednjo geografsko širino φ_R področja, tako da predstavlja g_R približno povprečno normalno težnost za obravnavano področje. Referenčno težnost lahko obravnavamo kot faktor, s katerim geopotencialno koto v enotah potenciala pretvorimo v dolžinsko enoto. Referenčna ploskev za dinamične višine je geoid.

Dinamična višina ni geometrijska razdalja med geoidom in točko. Ker so dinamične višine točk na ekvipotencialni ploskvi enake, so dinamične višine uporabne enako kot geopotencialne kote v različnih praktičnih nalogah, kjer potrebujemo fizično poznavanje okolja (hidrodinamične naloge).

Ko imamo nivelirane višinske razlike Δl_{ij} , pridobimo višinsko razliko v sistemu dinamičnih višin tako, da jim prištejemo t.i. dinamični popravek DP_{ij} , ki je dan z

$$DP_{ij} = \sum_{k=1}^j \frac{\bar{g}_k - g_R}{g_R} \cdot \Delta l_k, \quad (10)$$

kjer je $\bar{g}_k = \frac{1}{2}(g_i + g_j)$ in $\Delta l_k = \Delta l_{ij}$

Enako kot pri dinamičnih višinah tudi sedaj ni potrebno opazovati težnosti na vsakem reperju.

Na isti ekvipotencialni ploskvi imajo dinamične višine enako vrednost. Dinamični popravek je lahko dokaj velik in lahko znaša do nekaj metrov na 1000 m višinske razlike. Zaradi velikih popravkov dinamične višine, skupaj z geopotencialnimi kotami, niso primerne za praktično uporabo. (Stopar, Koler, Kuhar, 2005)

2.3.3 Ortometrične višine

Ortometrična višina H_i^0 točke P_i je definirana kot dolžina težiščnice med geoidom in točko P_i .

$$\text{Enačbo } C_i = -(W_i - W_0) = \int_{P_0}^{P_i} g' \cdot dh' \quad (11)$$

$$\text{lahko sedaj zapišemo v obliki } C_i = h' \cdot dh' = \bar{g}' \cdot H_i^0, \quad (12)$$

kjer je h' dolžina težiščnice med točko P_0' na geoidu in točko P_i na površini Zemlje, ki predstavlja ortometrično višino H_i^0 točke P_i . Iz zgornjega izraza izhaja izraz za ortometrično

$$\text{višino točke } P_i: \quad H_i^0 = \frac{C_i}{\bar{g}'_i} = \frac{1}{\bar{g}'_i} = \int_{P_0}^{P_i} g'_i \cdot dH. \quad (13)$$

Ortometrične višine so naravne nadmorske višine oz. višine nad geoidom. Izračun ortometričnih višin je računsko dokaj obsežen, poenostavitev pa predstavljajo Helmertove ortometrične višine, ki ustrezajo večini praktičnih nalog.

Za pretvorbo višinskih razlik, določenih z geometričnim nivelmanom, v višinske razlike v sistemu ortometričnih višin dodamo niveliranim višinskim razlikam t.i. ortometrični popravek OP_{ij} , ki je dan z:

$$OP_{ij} = \sum_{k=A}^B \frac{g - g_R}{g_R} \delta_k + \frac{\bar{g}'_i - g_R}{g_R} \cdot H_i - \frac{\bar{g}'_j - g_R}{g_R} \cdot H_j, \quad (14)$$

kjer je $g = \frac{g_i + g_j}{2}$ srednja vrednost težnosti, opazovane na točkah P_i in P_j ter \bar{g}'_i in \bar{g}'_j

srednji vrednosti težnosti vzdolž težiščnic točk P_i in P_j ; g_R je enak $\frac{C_i}{H_i^0}$, H_i in H_j sta

ortometrični višini točk P_i in P_j , ki jih določamo, kar pomeni, da mora biti izračun ortometričnega popravka iterativen.

Ortometrični popravek je dokaj majhen in znaša največ nekaj dm na 1000 m višinske razlike. Točke na isti ekvipotencialni ploskvi v splošnem nimajo enakih ortometričnih višin. (Stopar, Koler, Kuhar, 2005)

2.3.4 Normalne višine

Normalna višina je definirana kot:

$$H_i^N = \frac{C_i}{\bar{\gamma}_i}, \quad (15)$$

kjer je $\bar{\gamma}_i$ srednja vrednost normalne težnosti na normali točke.

Podobno kot v primeru dinamičnih in ortometričnih višin uporabljamo za praktičen preračun geometrično določenih višinskih razlik v sistem normalnih višin t.i. normalni popravek NP_{ij} , ki je dan z:

$$NP_{ij} = \sum_{k=i}^j \frac{g - \gamma_0}{\gamma_0} \delta l_k + \frac{\bar{\gamma}_i - \gamma_0}{\gamma_0} \cdot H_i^N - \frac{\bar{\gamma}_j - \gamma_0}{\gamma_0} \cdot H_j^N, \quad (16)$$

kjer je $g = \frac{g_i + g_j}{2}$ srednja vrednost težnosti, opazovana na točkah P_i in P_j ter γ_0 poljubna konstanta, npr. normalna težnost za $\varphi=45^\circ$.

Normalne višine nimajo fizikalnega in geometrijskega pomena, uvedene so bile, ker natančnih ortometričnih višin ni mogoče določiti.

2.3.5 Primerjava višinskih sistemov

Na osnovi geopotencialne kote C so definirani različni tipi višin glede na izraz $H = \frac{C}{g}$, kjer je tip višine odvisen od izbrane vrednosti težnosti. Pri dinamičnih višinah predstavlja g

vrednost g_R – vrednost normalne težnosti na srednjem Zemljinem elipsoidu za srednjo geografsko širino φ_R področja, torej g_R predstavlja približno povprečno normalno težnost za obravnavano področje. Pri Helmertovih ortometričnih višinah g predstavlja \bar{g}_i , ki je definiran z izrazom (Stopar, Koler, Kuhar, 2005)

$$g_i^H = g_i + 0,0424H_i, \quad (17)$$

g_i pa predstavlja težnost v točki T_i na površini Zemlje. Pri normalnih višinah je za vrednost g privzeta vrednost $\bar{\gamma}_i$, ki predstavlja srednjo vrednost normalne težnosti na normali točke.

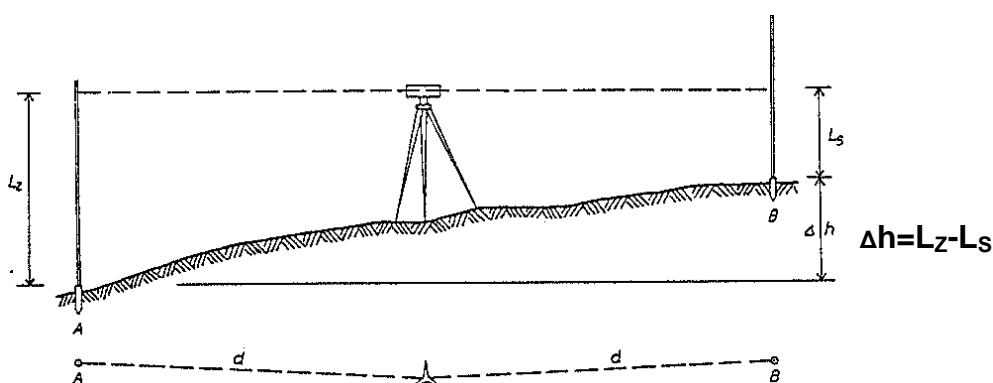
Pojav množice višinskih sistemov je torej povzročilo dejstvo, da je višinski sistem odvisen samo od izbrane vrednosti težnosti. Problem, ki je skupen vsem trem višinskim sistemom, je pomanjkanje podatkov o težnosti za pridobitev ustreznih popravkov geometrijsko pridobljenih višinskih razlik. Ta problem je bil delno odpravljen z uvedbo normalne težnosti na mestu dejanske težnosti. Višinske razlike, dane v dinamičnih, ortometričnih ali normalnih višinah, ki so določene z normalno težnostjo, se od višinskih razlik, določenih z dejansko težnostjo, ne razlikujejo veliko.

3 GEOMETRIČNI NIVELMAN

Pod pojmom geometrični nivelman razumemo skupino geodetskih del, katerih namen je določitev višinskih razlik med izbranimi točkami. Geometrični nivelman je najnatančnejša geodetska operacija. Merski postopek je enostaven, teorija nivelmana pa razdelana do podrobnosti. Posledica tega je, da se nivelman pogosto uporablja pri raziskavah o Zemlji in objektih na njej - določanje oblike geoida, vertikalnih premikov zemeljske skorje in razlik nivojev svetovnih morij. Poleg naštetega pa nivelman uporabljamo predvsem pri nalogah inženirske geodezije, kot so precizne višinske izmere in zakoličbe, opazovanje objektov v času izgradnje in po njej ter zakoličbe pri montaži strojev in naprav, kjer je zahtevana višja natančnost.

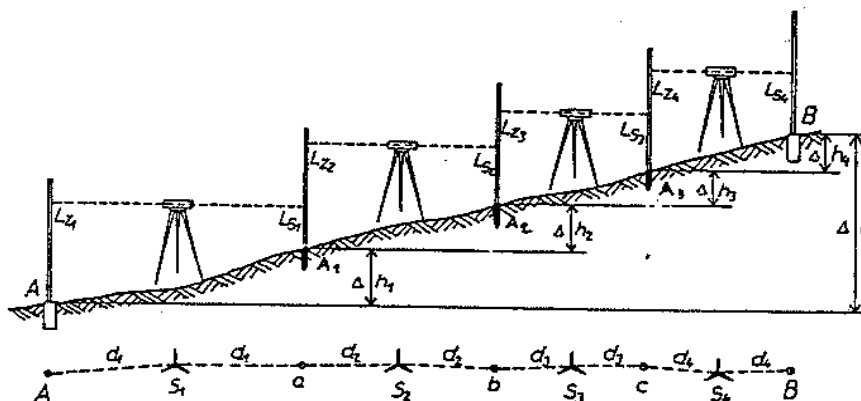
3.1 Osnovni princip nivelmana

Višinsko razliko med dvema točkama določamo s pomočjo nivelirja. To je geodetski instrument, ki zagotavlja horizontalno vizurno os. Višinska razlika med točkama je določena s čitanjem razdelbe na vertikalno postavljenih nivelmanskih latah, ki stojita vsaka na svoji točki.



Slika 5: Osnovni princip nivelmana

Pri večji oddaljenosti med dvema točkama, katerima želimo določiti višinsko razliko, in pri večjih višinskih razlikah določamo višinsko razliko s pomočjo izmenišč. To pomeni, da razdaljo med točkama razdelimo na krajše odseke. Vmesne točke imenujemo izmenišča in nanje postavljamo nivelmanske late. Te točke morajo biti trdne in se ne smejo vdirati pod težo late. Na izmeniščih uporabljamo železne podložke oziroma »žabe«, na katere postavljamo nivelmanske late.



Slika 6: Izmenišča pri niveliranju

Pri izmeri nivelmanske linije v nivelmanski mreži se uporablja niveliranje iz sredine, saj s to metodo eliminiramo vpliv zakrivljenosti Zemlje in vpliv refrakcije ter pogrešek horizontalnosti vizurne osi.

3.2 Višinske točke in njihova stabilizacija

Po namenu razdelimo reperje v tri skupine (Ambrožič, 2004/2005):

1. normalni reper
2. fundamentalni reperji
3. delovni reperji

Normalni in fundamentalni reperji služijo za zavarovanje višinske mreže. Ti reperji materilizirajo višinski koordinatni sistem oziroma višinski datum. Delovne reperje pa uporabljamo za določitev višin detajlnih točk.

3.2.1 Normalni reper

Normalni reper je stabiliziran na geološko stabilnem terenu na obali ali v notranjosti. Stabiliziran je posebno kvalitetno in ima sistem zavarovanja, t.j. mikronivelmansko mrežo, v kateri so merjene vse možne kombinacije višinskih razlik, kar omogoča ponovno vzpostavitev reperja v primeru poškodbe ali uničenja. Določa višino oziroma lego ničelne nivojske ploskve ter predstavlja fizično izhodišče višinskega koordinatnega sistema. Višino normalnega reperja privzamemo kot referenčno višino za celotno državo; privzamemo jo kot točno ne glede na natančnost določitve.

3.2.2 Fundamentalni reperji

Tudi fundamentalni reperji predstavljajo zavarovanje višinske mreže in so prav tako zelo kvalitetno stabilizirani na geološko stabilnem terenu. Ti reperji so izhodišče za vse precizne meritve na lokalnih območjih. Višine fundamentalnih reperjev določimo z navezavo na normalni reper po pravilih nivelmana visoke natančnosti. Zavarujemo jih vsaj z dvema bočnimi zavarovanji. Fundamentalni reperji imajo tudi t.i. delovni reper, ki je dostopen vsakomur in je lahko hkrati tudi eno izmed bočnih zavarovanj.

3.2.3 Delovni reperji

Delovni reperji so trajno stabilizirane višinske točke, ki služijo za določitev višin detajlnih točk. Običajno so to kovinski čepi določenih oblik in dimenzij. Vzidani so v stalne objekte, kot so hiše, mostovi, podporni zidovi, tako da so dostopni vsakomur. Objekt, v katerega je vzidan reper, mora biti lokalno stabilen, reper pa mora biti varen pred uničenjem in lahko dostopen. Poznamo več vrst delovnih reperjev. To so nizki, visoki in talni reperji. Nizki reperji so vzidani v objekt približno 0.5 metra nad tlemi, višinsko točko pa predstavlja najvišja točka kovinskega čepa. Nanje lahko postavimo nivelmansko lato. Visoki reperji so

stabilizirani vertikalno v steno 1.2-1.8 metra nad tlemi in sicer tako, da je plošča čepa v ravnini fasade. Višinsko točko predstavlja sredina luknjice plošče. Možna je direktna navezava na reper z viziranjem v sredino luknjice reperja ali pa s posebnim merilcem, ki ga postavimo v luknjico reperja. Talni reperji so stabilizirani vzdolž nivelmanskega vlaka, kjer ni primerne objekta za vzdavo nizkega ali visokega reperja. To je železen čep, vgrajen v armiranobetonski steber, ki je vkopan v tla. Višinska točka je vrh čepa, na katerega postavimo nivelmansko lato. Posebni vrsti reperjev sta še globinski reper na barjih ter plavajoči reper, ki je uporabljen za ugotavljanje višine podtalnice.

3.3 Nivelmanske mreže

Trajno stabilizirane višinske točke so reperji in tvorijo višinsko mrežo. Če višinsko mrežo navežemo na normalni reper, potem lahko reperjem določamo absolutne oziroma nadmorske višine.

Nivelmanske mreže so samostojne mreže in niso direktno povezane s položajno trigonometrično mrežo. Višine izbranih trigonometričnih točk določamo z navezavo na reperje višinske mreže. S pomočjo nivelmana določamo obliko geoida, kar potrebujemo za preračun položajne mreže. Nivelmanske in trigonometrične mreže imajo torej isti koordinatni sistem oziroma višinski datum.

3.3.1 Delitev nivelmanskih mrež

Nivelmanske mreže v grobem razdelimo na državne in lokalne nivelmanske mreže. Državna nivelmanska mreža pokriva območje celotne države. Absolutne višine točk so določene v državnem višinskem koordinatnem sistemu, ki ima izhodišče določeno z normalnim reperjem. Razdeljena je na rede. Lokalna nivelmanska mreža pa pokriva manjše lokalno območje. Običajno je takšna mreža vklopljena v državni višinski koordinatni sistem, ni pa nujno.

V Sloveniji delimo nivelmanske mreže na osnovi Pravilnika o tehničnih normativih za mreže temeljnih geodetskih točk, ki ga je leta 1981 izdala Republiška geodetska uprava, na:

a) višje rede višinske temeljne geodetske mreže, komor uvrščamo

- nivelmanska mreža velike natančnosti (NVN)
- nivelmanska mreža 1. reda
- nivelmanska mreža 2. reda in
- mestna nivelmanska mreža 1. reda

b) nižje rede višinske temeljne geodetske mreže, kamor pa spadajo

- nivelmanska mreža 3. reda
- nivelmanska mreža 4. reda in
- mestna nivelmanska mreža 2. reda.

Mestno nivelmansko mrežo lahko poleg inženirske nivelmanske mreže obravnavamo kot lokalno nivelmansko mrežo. Mestna nivelmanska mreža je namreč razvita za območje mesta, kjer so večje potrebe po višinah točk, s tem pa je tudi gostota reperjev večja kot v državnih nivelmanskih mrežah. Mestna nivelmanska mreža mora biti navezana na državno nivelmansko mrežo. Reperji državne nivelmanske mreže so lahko hkrati tudi reperji mestne nivelmanske mreže. Način in natančnost izmere mestne nivelmanske mreže so podani s pravilnikom iz leta 1981.

Inženirska nivelmanska mreža pa je vzpostavljena za opazovanje vertikalnih premikov tal ali objektov. Razvita je na objektu, ki ga opazujemo - to je običajno nestabilno območje, in na stabilnem okoliškem območju za navezavo na stabilne reperje. Mreža ima pogosto specifično obliko, ki jo pogojuje objekt. Običajno je tudi manjše dimenzije. Način in natančnost izmere takšne mreže predpisuje projekt izmere (zahteve investitorja).

3.4 Nivelir

Nivelir je optično-mehanski oziroma elektronski instrument, ki zagotavlja horizontalno vizurno os in je namenjen niveliranju. Razdelimo jih lahko glede na natančnost, ki nam jo zagotavljajo. Običajno je to najpomembnejša značilnost, na osnovi katere se odločamo pri

izbiri instrumenta. Natančnost je podana v obliki standardnega odklona kilometra dvojnega nivelmana.

Pri tej vrsti razdelitve ločimo

- nivelirje nizke natančnosti – gradbeni nivelirji ($\sigma_0\Delta h > 10\text{mm/km}$)
- nivelirje srednje natančnosti ($\sigma_0\Delta h \leq 10\text{mm/km}$)
- precizne nivelirje visoke natančnosti ($\sigma_0\Delta h \leq 3\text{mm/km}$)
- precizne nivelirje zelo visoke natančnosti ($\sigma_0\Delta h \leq 1\text{mm/km}$) in
- precizne nivelirje najvišje natančnosti ($\sigma_0\Delta h \leq 0.5\text{mm/km}$).

Glede na način zagotavljanja horizontalne vizurne osi pa lahko nivelirje razdelimo na

- nivelirje z nivelacijsko libelo
- nivelirje s kompenzatorjem:
 - klasični kompenzacijski nivelirji
 - laserske elektronske kompenzacijske nivelirje in
 - digitalne elektronske kompenzacijske nivelirje.

a) nivelirji z nivelacijsko libelo

Osnovni sestavni del teh instrumentov je nivelacijska libela, ki je pritrjena na daljnogled. To so natančne cevne libele z občutljivostjo (kotna vrednost parse) tudi do 1". Slabosti teh nivelirjev so občutljivost libele na sončne žarke in vibracije tal ter dolgotrajno uravnavanje libele, njihova prednost pa se kaže v neobčutljivosti na magnetizem.

b) kompenzacijski nivelirji

Nivelacijsko libelo nadomešča kompenzator. To je naprava, ki ob približno horizontiranem instrumentu, kar dosežemo s pomočjo dozne libele, zagotavlja horizontalno vizuro. Pri tem izkorišča silo zemeljske težnosti. Obstajata dva načina kompenzacije. Redkeje uporabljen način je ta, da kompenzator premakne nitni križ tako, da pade horizontalna nit nitnega križa točno na podaljšek horizontalnega žarka. Drugi, bolj pogost način pa je ta, da kompenzator lomi horizontalni žarek za tak kot, da pade žarek točno na horizontalno nit nitnega križa.

Takšni instrumenti omogočajo enostavnejše in hitrejše delo, saj kompenzator deluje v nekem območju nehorizontalnost instrumenta (hod kompenzatorja), kar dosežemo z uporabo dozne libele. Slabost teh nivelirjev je vpliv magnetizma na delovanje kompenzatorja.

3.4.1 Čitanje razdelbe na lati

Običajne nivelmanske late imajo centimetrsko razdelbo, s prostim očesom lahko ocenimo milimetre. Natančnost čitanja na lati lahko povečamo z mikrometrom, t.j. optično-mehansko napravo, ki omogoča čitanje dela osnovnega intervala razdelbe nivelmanske late. Tako je odčitek na lati sestavljen iz dveh delov: direktnega odčitka najmanjšega osnovnega intervala razdelbe in dela osnovnega intervala, ki ga izmerimo z mikrometrom. Z vrtenjem mikrometrskega vijaka spreminjamo nagib planparalelne plošče (PPP), ki je vgrajena pred objektiv instrumenta. Nagibanje PPP povzroči premik vizurne osi v vertikalni ravnini. Na razdelbi mikrometra nato direktno odčitamo velikost paralelnega premika vizurne osi. Instrumenti z mikrometri imajo običajno posebno obliko nitnega križa, ki omogoča natančno koincidiranje nitnega križa z razdelbo late - polovica horizontalne niti se razširi v klin.

Pri elektronskih nivelirjih je razvoj avtomatizacije niveliranja potekal v dveh smereh: kako omogočiti čitanje merskih vrednosti na lati (prenos mesta horizonta instrumenta na nivelmansko lato) in kako zajeti sliko nivelmanske late v instrument in jo iz vrednotiti (določitev odčitka na lati na osnovi obdelave digitalne slike).

Laserski nivelirji omogočajo čitanje merskih vrednosti na nivelmanski lati. Laserski žarek, ki materializira horizontalno vizurno os, pade na lato, center žarka pa določa mesto čitanja. Za povečanje natančnosti teh nivelirjev lahko uporabimo fotoelektrične nivelmanske late, ki so sestavljene iz posebnih senzorjev, ki zaznajo mesto vpada laserskega žarka. Odčitek se nato izpiše na zaslonu na lati.

Digitalni nivelirji delujejo na principu zajema slike nivelmanske late v instrument ter obdelave digitalne slike. Nivelmanska lata ima kodirano razdelbo. (Ambrožič, 2004/2005)

3.5 Pogreški pri niveliranju

Kot pri vsakem merskem postopku se tudi pri niveliranju kljub rektifikaciji nivelirja, nivelmanskih lat, pribora in pazljivi izbiri metode dela pojavljajo neizogibni pogreški, ki so posledica nepopolnosti nivelirja in nivelmanskih lat, posedanja instrumenta in lat ter delovnega okolja.

Pri geometričnem nivelmanu, ob uporabi digitalnega nivelirja, nastajajo predvsem objektivni pogreški, ki vplivajo na natančnost meritev. Določene sistematične vplive, kot sta vpliv ukrivljenosti Zemlje in nehorizontalnost vizurne osi, lahko eliminiramo z niveliranjem iz sredine. Prav tako lahko večji del vpliva nivelmanske refrakcije odpravimo z niveliranjem iz sredine in izbiro primerne poti in časa niveliranja. Vpliv posedanja lat in stativa nivelirja zmanjšamo z niveliranjem v obe smeri.

Pri delu uporabljamo le komparirane late, saj s komparacijo določimo merilo razdelbe late, popravek začetne črtice razdelbe ter razteznostni koeficient razdelbe. Na osnovi teh parametrov lahko popravimo merjene vrednosti.

Pogreška nivelmanskih lat sta tako sistematični pogrešek razdelbe late in pogrešek začetne črtice razdelbe (pogrešek pete late).

Sistematični pogrešek razdelbe late je sistematično odstopanje celotne razdelbe od nominalne vrednosti. Imenujemo ga tudi pogrešek dolžine metra late (multiplikacijska konstanta late). Vzroki zanj so v načinu izdelave, spreminjanju razteznostnega koeficienta invarja zaradi staranja ali pa v spremembi sile napenjanja invar traku. Posledica tega je, da velikost razdelbe na lati ni enaka nominalni vrednosti.

Pogrešek začetne črtice razdelbe (pogrešek pete late) pomeni, da prva črtica razdelbe od pete late ni odmaknjena za pravo vrednost. Pogrešek začetne črtice razdelbe ali adicijska konstanta late je sistematičen in se eliminira v primeru sodega števila stojišč in uporabi dveh lat. Če pa imamo liho število stojišč, ga moramo upoštevati računsko. Velikost pogreška določimo s komparacijo late.

Nastajajo pa tudi pogreški zaradi neupoštevanja dejanskih pogojev okolja. Vizura pri geometričnem nivelmanu poteka v prizemnem sloju atmosfere, kjer se zrak ne segreva direktno od Sonca, ampak indirektno od tal. V prizemnem sloju je vertikalni temperaturni gradient največji, zaradi načina segrevanja so sloji, ki so bližje tlam, toplejši in optično redkejši. Posledica tega je, da je vizurna os s svojo konveksno stranjo obrnjena proti površini Zemlje in je odčitek na lati zato večji. Zakrivljenost vizure je tem večja, čim bližje tlam poteka. Popravek višinskih razlik zaradi vpliva refrakcije lahko določimo računsko. Za to moramo pri meritvah meriti vsaj temperaturo. Vpliv refrakcije se eliminira z niveliranjem iz sredine.

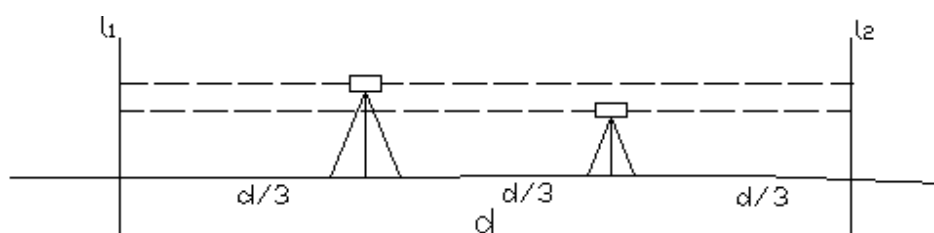
3.6 Preizkus delovanja nivelirja

Za pravilno delovanje mora nivelir izpolnjevati določene pogoje, in sicer mora biti vrtilna os nivelirja pravokotna na ravnino dozne libele, prečna oz. horizontalna nit nitnega križa pa mora biti ob horizontiranem instrumentu horizontalna. Glavni pogoj za pravilno delovanje instrumenta je ta, da je vizurna os daljnogleda ob uravnani dozni libeli vzporedna z osjo kompenzatorja (oz. pri nivelirjih z nivelacijsko libelo vzporedna z glavno tangento na os nivelacijske libele). Pri najnatančnejših meritvah preizkušamo digitalne precizne nivelirje pred vsakim začetkom meritev.

Preizkus horizontalnosti vizurne osi lahko pri preciznih nivelirjih opravimo po več različnih metodah. Metode se razlikujejo po zahtevnosti in natančnosti, izbira metode pa je predvsem odvisna od natančnosti instrumenta in namena izmere. (Ambrožič, 2004/2005)

a) Förstnerjev način

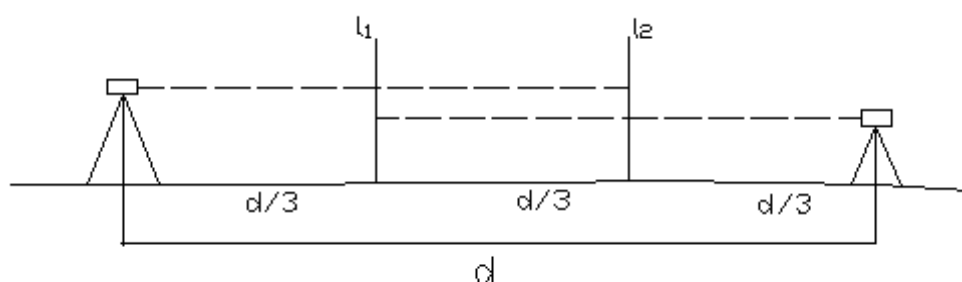
Slika 7 prikazuje postavitve instrumenta in način izmere pri Förstnerjevem načinu. Preizkus opravljamo z dveh stojišč, postavljenih na eni in dveh tretjinah razdalje med latama. Na vsakem stojišču postavimo instrument na različni višini.



Slika 7: Förstnerjev način preizkusa horizontalnosti vizurne osi

b) Nābauerjev način

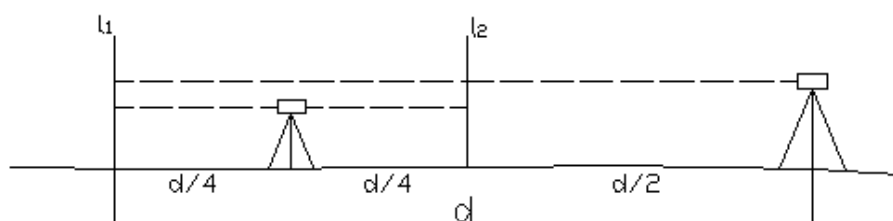
Slika 8 prikazuje postavitev instrumenta in način izmere pri Nābauerjevem načinu. Preizkus opravljamo z dveh stojišč, na obeh latah. Med čitanjem z enega in drugega stojišča je potrebno lato obrniti za 180° .



Slika 8: Nābauerjev način preizkusa horizontalnosti vizurne osi

c) Kukkamākijev način

Slika 9 prikazuje postavitev instrumenta in način izmere pri Kukkamākijevem načinu. Pri tem načinu je vključeno tako niveliranje iz sredine kakor tudi niveliranje s krajišča. Slabost preizkusa je v obratu late za 180° in v tem, da nehorizontalnost vizurne osi določamo na večji oddaljenosti kot so oddaljenosti pri meritvah v višinskih mrežah.



Slika 9: Kukkamäkijev način preizkusa horizontalnosti vizurne osi

Rezultat preizkusa je kot nehorizontalnosti vizurne osi, ki ga vnesemo v pomnilnik elektronskega instrumenta in na ta način zagotovimo korekcijo merjenih vrednosti (pri analognih kompenzacijskih nivelirjih pa premaknemo nitni križ).

Po predpisanem postopku za določen način preizkusa imamo na voljo naslednje podatke:

- višinski odčitki na latah A in B (L_{A1} , L_{A2} , L_{B1} , L_{B2}) IN
- dolžine do obeh lat (E_{A1} , E_{A2} , E_{B1} , E_{B2}).

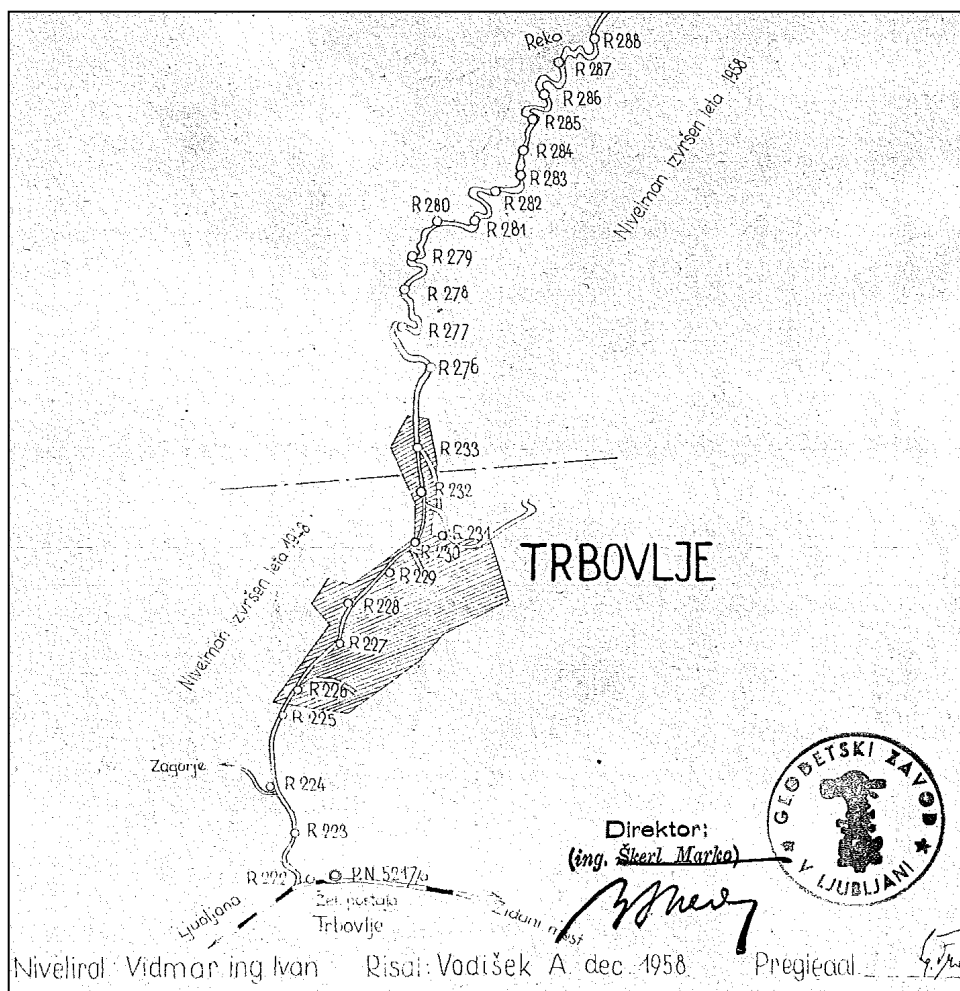
Kot nevzporednosti vizurne osi izračunamo po enačbi

$$c \square = \frac{(L_{A2} - L_{B2}) - (L_{A1} - L_{B1})}{(E_{A2} - E_{B2}) - (E_{A1} - E_{B1})} \cdot 206265 \square \quad (18)$$

4 ANALIZA NIVELMANSKIH MREŽ V TRBOVLJAH IN PROJEKT SANACIJE

4.1 Nivelmanska mreža 4. reda na območju Trbovelj

Skozi Trbovlje je potekal nivelmanski poligon št. 27: Trbovlje – Groblje, v katerem je bilo skupno stabiliziranih 38 reperjev. V Trbovljah se je poligon navezoval na reper PN 5217/a, v Grobljah pa na reper NVT 5/14. Nivelman Trbovlje – Groblje je bil izmerjen v dveh delih. Prvi odsek od PN 5217/a do R233 je bil izmerjen maja 1948, odsek med reperjema R233 in NVT 5/14 pa novembra 1958. Nivelman je bil skupno izravnán leta 1958.



Slika 10: Skica nivelmanskega poligona št. 27: Trbovlje – Groblje

Dolžina prvega odseka (od PN 5217/a do R233) je znašala 6 kilometrov, dolžina drugega odseka (od R233 do NVT 5/14) pa 19.64 kilometra; skupaj torej 25.64 kilometra. Dolžina nivelmanskega poligona na območju mesta Trbovlje (od PN 5217/a do R277) je znašala 7.76 kilometra.

Na območju Trbovelj je bilo stabiliziranih 15 reperjev, od tega en navezovalni reper preciznega nivelmana (PN 5217/a). Vsi reperji so stabilizirani kot nizki reperji. Vzidani so bili maja 1948, reperja R276 in R277 pa septembra 1958. Za reper PN 5217/a v topografiji ni podatka o letu stabilizacije.

Pri rekognosciranju terena maja 2008 je bilo ugotovljeno, da je ohranjenih sedem reperjev.

Preglednica 1: Stanje reperjev v nivelmanski mreži 4. reda

REPER	LOKACIJA	STANJE REPERJA
5217/a	Nekdanja čuvajnica ob železniški progi Ljubljana-Zidani most; km 514.140	uničen (objekt porušen)
R222	Poslopje železniške postaje Trbovlje, Ob železnici 19	uporaben
R223	Stanovanjski blok, Kolodvorska cesta 9	uničen
R224	Stanovanjska hiša, Bevško 1	uporaben
R225	Stanovanjsko-poslovni objekt, Vodenska cesta 24	uničen
R226	Stavba nekdanje Strojne tovarne Trbovlje	uničen
R227	Stavba nekdanje rudniške restavracije	uničen (objekt porušen)
R228	Stanovanjska hiša, Ulica 1. junija 25	uničen
R229	Stavba Zveze športnih društev Partizan Trbovlje, Rudarska cesta 4	uporaben
R230	Stavba gostilne Dimnik, Obrtniška cesta 1	uničen
R231	Stavba Občine Trbovlje, Mestni trg 4	uporaben
R232	Stanovanjska hiša, Trg Franca Fakina 9	uporaben
R233	Nekdanji most preko potoka Planinščica	uničen (most porušen)
R276	Stanovanjska hiša, Gabrsko 10	uporaben
R277	Stanovanjska hiša, Gabrsko 42a	uporaben

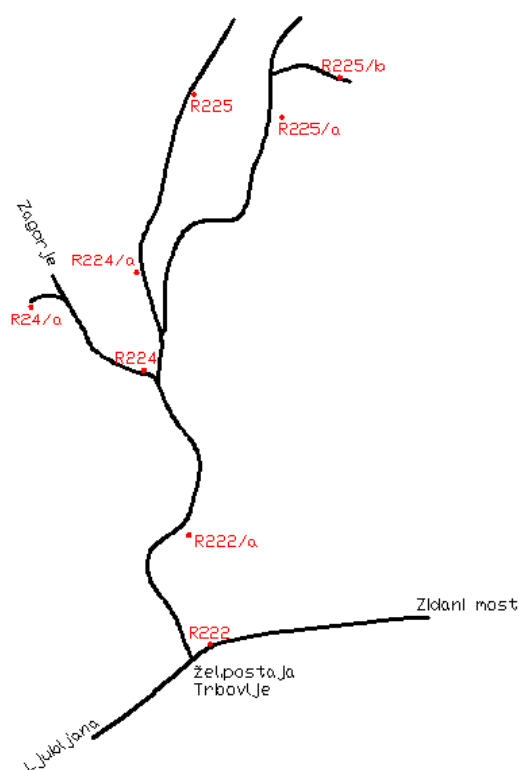
4.2 Mestna nivelmanska mreža Trbovlje

V Trbovljah je razvita tudi mestna nivelmanska mreža, v kateri je bilo stabiliziranih 11 reperjev. Mrežo so sestavljali 4 nivelmanski poligoni z oznakami 60, 61, 62 in 63, njihova skupna dolžina je znašala 5,6 kilometra. Vsi reperji v mreži so bili stabilizirani leta 1972 kot nizki reperji.

Preglednica 2: Mestna nivelmanska mreža Trbovlje

ŠT. POLIGONA	REPERJI	DOLŽINA
60	R225, R225/a, R225/b in R27	1,8 km
61	R224, R224/a in R225	1,15 km
62 (zanka)	R224, R24, R24/a, R25	1,35 km
63	R222, R222/a in R224	1,3 km

Nivelmanska mreža je bila izmerjena med avgustom 1972 in januarjem 1973, podatka o izravnavi mreže pa v arhiviranih dokumentih o izmeri ni bilo.



Slika 11: Skica reperjev v mestni nivelmanski mreži Trbovlje

Pri pregledu arhivskih podatkov izmere mestne nivelmanske mreže Trbovlje, ki jih hrani Geodetska uprava Republike Slovenije, je bilo ugotovljeno, da manjkajo topografije reperjev R24, R25 in R27, tako da njihovih podatkov o stabilizaciji in s tem lokaciji ne poznamo. Prav tako v arhiviranih dokumentih ni bilo skice mreže, na podlagi katere bi lahko ugotavljali lokacijo reperjev. Lokacijo teh treh reperjev sem poskušala določiti na podlagi dolžine nivelmanskih linij, ki jim pripadajo reperji (nivelmanski obrazec št. 3), vendar neuspešno.

Pri rekognosciranju terena maja 2008 je bilo ugotovljeno, da so ohranjeni štirje reperji, štirje so bili uničeni, trije reperji pa, kot že rečeno, niso bili odkriti.

Preglednica 3: Stanje reperjev v mestni nivelmanski mreži 1. reda

REPER	LOKACIJA	STANJE REPERJA
R24	neodkrit - ni topografije	
R24/a	stanovanjska hiša, Bevško 66	uničen
R25	neodkrit - ni topografije	
R27	neodkrit - ni topografije	
R222	poslopje železniške postaje Trbovlje, Ob železnici 19	uporaben
R222/a	upravna stavba Cementarne Lafarge, Kolodvorska 8	uničen
R224	stanovanjska hiša, Bevško 1	uporaben
R224/a	nekdanja stanovanjska hiša nasproti transformatorske postaje na Vodenski cesti	uničen (objekt porušen)
R225	stanovanjsko-poslovni objekt, Vodenska cesta 24	uničen
R225/a	stavba Rudnika Trbovlje-Hrastnik, Nasipi 47	uporaben
R225/b	stanovanjski blok, Žabjek 29	uporaben

4.3 Projekt sanacije

Pri preračunu nivelmanskih mrež, ki je bil opravljen leta 2000, se je izkazalo, da odstopanje merjenih višinskih razlik v mestni nivelmanski mreži Trbovlje presega s pravilnikom predpisano dovoljeno odstopanje. To je bil razlog, da mestna nivelmanska mreža Trbovlje ni bila vključena v bazo geodetskih točk, ki jo vodi Geodetska uprava Republike Slovenije.

Projekt ponovne izmere mestne nivelmanske mreže predvideva tudi njeno razširitev. Izmed enajstih reperjev, stabiliziranih v obstoječi mestni nivelmanski mreži, so uporabni štiri reperji. V projektirani mreži so predvideni trije izmed njih: R224, R225/a in R225/b, reper R222 pa bo nadomeščen z reperjem R1 na novi, primernejši lokaciji. R1 bo služil tudi za prenos višine z danega reperja HE42, ki se nahaja nasproti mosta čez reko Savo. Navezovalni reper HE42 je stabiliziran v nivelmanskem poligonu 2-21 (Ljubljana – Zidani most), ki je bil izmerjen in izravnal leta 2007, zato ga lahko privzamemo kot stabilnega. V mrežo bosta vključena tudi dva reperja nivelmanske mreže 4. reda (nivelmanski poligon št. 27), in sicer reper R224, ki je hkrati tudi reper mestne nivelmanske mreže, ter reper R229. Pri predogledu terena so bili odkriti tudi trije reperji, katerih izvor je nepoznan. Predvidevam, da so bili stabilizirani za potrebe izvajalcev gradbenih del v preteklosti. Vsi trije reperji so vključeni v projektirano mrežo. Potrebno pa bo stabilizirati tudi šest novih reperjev. Ti so predvideni v objektih, ki so v lasti občine, zaradi lažje pridobitve soglasja za vgradnjo reperja.

Pri projektiranju mreže je bilo potrebno upoštevati, da lahko znaša največja razdalja med reperjema v mestni nivelmanski mreži 500 metrov. Razdalja med reperjema R1 in R2 znaša 650 metrov, prav tako je daljša razdalja med reperjema R6 in R11, ki znaša 720 metrov. Razlog za to odstopanje je v tem, da ni bilo pridobljeno soglasje lastnika primerne objekta, v katerega bi lahko vzdali reper, da bi zadostili pogoju razdalji med reperji.

Specifična oblika mesta Trbovlje, to se namreč nahaja v ozki in dolgi dolini, pogojuje tudi obliko mestne nivelmanske mreže. Mrežo sestavljata dve zanki ter trije nivelmanski poligoni, v katerih je skupno stabiliziranih 13 reperjev.

Skica mreže in topografije reperjev so priloga diplomske naloge (priloga G: Skica projektirane mestne nivelmanske mreže Trbovlje in priloga H: Topografije reperjev mestne nivelmanske mreže Trbovlje).

5 IZMERA MESTNE NIVELMANSKE MREŽE

5.1 Instrumentarij in oprema

Pri niveliranju je bil uporabljen precizni digitalni nivelir Leica WILD NA 3000 z natančnostjo 0.4 mm na kilometer dvojnega nivelmana, št. 018698 v lasti Fakultete za gradbeništvo in geodezijo v Ljubljani, in par kompariranih invar nivelmanskih lat Leica GPCL3 s kodirano razdelbo, št. 26911 in 26917 v lasti Geodetske uprave Republike Slovenije.



Slika 12: Precizni digitalni nivelir Leica WILD NA 3000

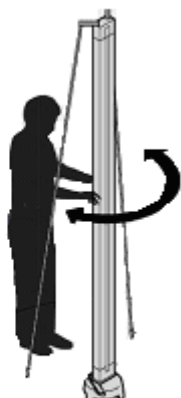
Preglednica 4: Tehnični podatki nivelirja Leica WILD NA 3000

Standardni odklon (1 km dvojnega nivelmana) z invar nivelmansko lato s standardno nivelmansko lato	0,4 mm 2,0 mm
Merilno območje	1,8 – 60 m
Natančnost merjenih dolžin Elektronski način Optični način	1 – 5 cm 0,2 – 0,5 m
Čas 1 meritve	4 s
Temperaturno območje delovanja	-20°C - +50°C
Pomnilnik	REC-Modul GRM10
Povečava daljnogleda	24x
Premer optike	36 mm
Natančnost kompenzatorja	0,4"

Preglednica 5: Tehnični podatki nivelmanske late Leica GPCL3

Material ohišje nivelmanske late vpeta razdelba	aluminij invar
Dolžina late	3,05 m
Razdelba	0,035 – 2,98 m
Teža	4,90 kg
α_T	< 1 ppm/°C
Merilno območje	1,8 – 60 m
Uporabnost	precizni nivelman

Pri meritvah je bila uporabljena še dodatna oprema, in sicer stativ za postavitve nivelirja, dve podnožki oziroma žabi za lato, stojali za vertikalno postavitve nivelmanskih lat ter termometer.



Slika 13: Postavitev late na žabo s pomočjo stojala za vertikalno postavitve

Pred začetkom meritev je bil opravljen preizkus horizontalnosti vizurne osi nivelirja po Förstnerjevem načinu. Kot nehorizontalnosti, ki je znašal -0,3", smo vnesli v pomnilnik instrumenta in s tem zagotovili korekcijo merjenih vrednosti.

5.2 Izmera mestne nivelmanske mreže

Pri niveliranju mreže je bila uporabljena metoda niveliranja iz sredine. Najmanjša razdalja med lato in instrumentom je znašala 3,36 m, največja 36,17 m, srednja dolžina pa 18,38 m. Na začetku in na koncu vsake nivelmanske linije smo merili tudi temperaturo invar traku.

Že med samimi meritvami je bilo preverjano odstopanje merjenih višinskih razlik »tja« in »nazaj«, saj merjena višinska razlika pri niveliranju v obe smeri običajno ni enaka. Dopustno odstopanje merjene višinske razlike, merjene v obe smeri, je odvisno od dolžine nivelmanske linije in se za mestno nivelmansko mrežo 1. reda izračuna po enačbi, ki jo navaja Pravilnik o tehničnih normativih za mreže temeljnih geodetskih točk:

$$\Delta dop_{[m]} = \pm 4 \sqrt{d_{[m]} + 0,04 \cdot d_{[m]}^2}, \quad (19)$$

kjer je:

d ... dolžina nivelmanske linije v kilometrih.

Dopustno odstopanje višinskih razlik v nivelmanski zanki pa se izračuna po enačbi:

$$\Delta dop_{[m]} = \pm 2 \sqrt{d_{[m]} + 0,04 \cdot d_{[m]}^2}, \quad (20)$$

kjer je:

d ... dolžina nivelmanske zanke v kilometrih.

Zaradi eliminiranja pogreška kompenzatorja nivelirja je bil instrument horizontiran vedno v smeri istega figuranta, zaradi določitve popravka pete late pa je bilo potrebno zabeležiti, katera lata je bila postavljena na začetnem in katera na končnem reperju. V primeru sodega števila stojišč instrumenta imamo na začetnem in končnem reperju nivelmanske linije postavljeno isto nivelmansko lato, zato je popravek metra para lat (Δl_0) enak 0. V primeru lihega števila stojišč instrumenta pa sta na začetnem in končnem reperju nivelmanske linije postavljeni različni lati in zato popravek metra para lat izračunamo tako, da od popravka pete prve late odštejemo popravek pete druge late:

$$\Delta l_0 = l_{0_1} - l_{0_2}, \quad (21)$$

Izmerjene vrednosti na terenu so zbrane v nivelmanskem obrazcu št. 1, ki je priloga diplomske naloge (priloga I).

Primer nivelmanskega obrazca št. 1 za nivelmansko linijo med reperjema R3 in R4

	d	l	d	l	Δh	$\Delta \Sigma d$
R3	23130	141620	23,13	1,41620		
1	22900	93261	22,90	0,93261	0,48359	0,23
1	15430	137467	15,43	1,37467		
2	15710	149715	15,71	1,49715	-0,12248	-0,28
2	25390	150149	25,39	1,50149		
3	27230	103196	27,23	1,03196	0,46953	-1,84
3	30190	176260	30,19	1,76260		
4	27760	113487	27,76	1,13487	0,62773	2,43
4	26160	168581	26,16	1,68581		
5	27760	119260	27,76	1,19260	0,49321	-1,60
5	28850	169590	28,85	1,69590		
6	28100	108149	28,10	1,08149	0,61441	0,75
6	26310	182129	26,31	1,82129		
R4	26130	72367	26,13	0,72367	1,09762	0,18
R3-R4			351,05		3,66361	-0,13

V prvem stolpcu z oznako d so zbrane merjene vrednosti dolžine med lato in instrumentom (v milimetrih), v stolpcu z oznako l pa odčitki na lati (v stotinkah milimetra). V tretjem in četrtem stolpcu obrazca so dolžine in odčitki na lati, pretvorjeni v metre. V stolpcu Δh so izračunane višinske razlike med stojiščem late zadaj in late spredaj in sicer kot razlika odčitkov na latic. V stolpcu $\Delta \Sigma d$ pa so izračunane razlike med razdaljo od instrumenta do late zadaj in razdaljo od instrumenta do late spredaj. V zadnji vrstici so izračunana skupna dolžina nivelmanske linije, višinska razlika med začetnim in končnim reperjem v liniji ter skupno odstopanje dolžine od nivelirja do late zadaj in late spredaj. V nivelmanski liniji lahko ta razlika znaša do 1 metra

5.3 Obdelava meritev

Meritve so obremenjene s pogreški, ki so posledica uporabljenega instrumentarija in delovnega okolja ter z meteorološkimi vplivi, zato je pred izravnavo potrebno zmanjšati njihov vpliv oziroma izračunati ustrezne popravke. Popravki meritev so podani v nivelmanskem obrazcu št. 2, ki je priloga diplomske naloge (priloga J).

Meritve popravimo za naslednje popravke:

a) popravek razdelbe late

Velikost razdelbe na lati običajno odstopa od nominalne vrednosti zaradi načina izdelave, spreminjanja razteznostnega koeficienta invarja ali spremembe sile napenjanja invar traku, kar je posledica staranja late.

$$l = l' \cdot (1 + \bar{m}_0), \quad (22)$$

kjer so:

l ... popravljen odčitek na lati

l' ... dejanski odčitek na lati

\bar{m}_0 ... popravek metra para lat ($\bar{m}_0 = \frac{m_1 + m_2}{2}$).

b) popravek pete late

Invar trak je vpet v ohišje late, razdelba pa se začne nekoliko nad peto late. Prva črtica razdelbe mora biti od pete late odmaknjena za točno določeno vrednost.

$$l = l' + l_0, \quad (23)$$

kjer so:

l ... popravljen odčitek na lati

l' ... dejanski odčitek na lati

l_0 ... popravek pete late.

Popravek razdelbe late in popravek pete late sta podana v poročilu o kalibriranju lat za vsako lato posebej (priloga K).

c) temperaturni popravek

Pri popravkih opazovanih višinskih razlik moramo upoštevati tudi temperaturno odvisnost dimenzij razdelbe nivelmanske late.

$$\Delta l_T = \alpha \cdot (T - T_0), \quad (24)$$

kjer so:

Δl_T ... temperaturni popravek odčitka na lati

α ... linearni razteznostni koeficient razdelbe (0,6 ppm/°C)

T ... dejanska temperatura late

T_0 ... referenčna temperatura late (temperatura v času kompariranja: 20°C).

Popravek odčitka na lati z upoštevanjem popravka razdelbe, popravka pete late in temperaturnega popravka lahko sedaj izračunamo po enačbi

$$L = l_0 + L' + (m_0 + \alpha \cdot (T - T_0)) \cdot 10^{-6}, \quad (25)$$

kjer so:

L ... popravljen odčitek na lati

l_0 ... popravek pete late

L' ... dejanski odčitek na lati

m_0 ... popravek metra para lat

α ... linearni razteznostni koeficient razdelbe (0,6ppm/°C)

T ... dejanska temperatura late

T_0 ... referenčna temperatura late (temperatura v času kompariranja: 20°C)

oziroma popravek višinske razlike, ki ga izračunamo po enačbi

$$\Delta h = \Delta l_0 + \Delta h' \cdot \left[1 + (\bar{m}_0 + \alpha \cdot (T - T_0)) \cdot 10^{-6} \right], \quad (26)$$

kjer so:

Δh ... popravljena višinska razlika

Δl_0 ... popravek metra para lat (razlika pet lat)

$\Delta h'$... merjena višinska razlika

\bar{m}_0 ... popravek metra late (popravek razdelbe late)

α ... linearni razteznostni koeficient razdelbe (0,6 ppm/°C)

T ... dejanska temperatura late

T_0 ... referenčna temperatura late (temperatura v času kompariranja: 20°C).

Popravek merjene višinske razlike zaradi popravka metra para lat, popravka pete late in temperaturnega popravka ima zelo majhen vpliv, saj se njegova vrednost v našem primeru giblje okoli 0,01 mm.

5.4 Ocena natančnosti merjenih višinskih razlik

Rezultat ocene so natančnosti merjenih višinskih razlik na utežno enoto. Ta je najpogosteje 1 km, pri lokalnih mrežah manjšega obsega tudi 100 m. Natančnost izračunanih višinskih razlik ocenjujemo pred izravnavo (apriori) in po izravnavi (aposteriori). Primerjava ocene natančnosti višinskih razlik z zahtevano vrednostjo za določen tip nivelmanske mreže nam govori o primernosti meritev za nadaljni izračun.

a) Za oceno natančnosti pred izravnavo najpogosteje uporabimo naslednje tri načine:

a1) ocena natančnosti na osnovi razlik dvojnih merjenj nivelmanske linije

$$\sigma_L = \sqrt{\frac{1}{4n} \cdot \left[\frac{\delta \cdot \delta}{d_l} \right]}, \quad (27)$$

kjer so:

δ ... razlika dvojnih merjenj nivelmanske linije ($\Delta h_{ij} + \Delta h_{ji}$)

d_l ... dolžina nivelmanske linije v km

n ... število nivelmanskih linij

a2) ocena natančnosti na osnovi razlik dvojnih merjenj nivelmanskega poligona

$$\sigma_P = \sqrt{\frac{1}{4n} \cdot \left[\frac{\gamma \cdot \gamma}{d_v} \right]}, \quad (28)$$

kjer so:

γ ... razlika dvojnih merjenj nivelmanskega poligona ($\Delta h_{AB} + \Delta h_{BA}$)

d_v ... dolžina nivelmanskega poligona v km

n ... število nivelmanskih poligonov

a3) ocena natančnosti iz odstopanj pri zapiranju nivelmanskih zank

$$\sigma_Z = \sqrt{\frac{1}{2n} \cdot \left[\frac{f \cdot f}{d_z} \right]}, \quad (29)$$

kjer so:

f ... odstopanje pri zapiranju nivelmanske zanke ($0 - \sum \Delta h_i$)

d_z ... dolžina nivelmanske zanke v km

n ... število nivelmanskih zank

b) Ocena natančnosti po izravnavi:

$$\hat{\sigma}_0 = \sqrt{\frac{p \sum v v}{n - u}}, \quad (30)$$

kjer so:

p ... utež opazovanja

v ... popravek opazovanja

n ... število opazovanj

u ... število potrebnih opazovanj za enolično določitev rezultatov

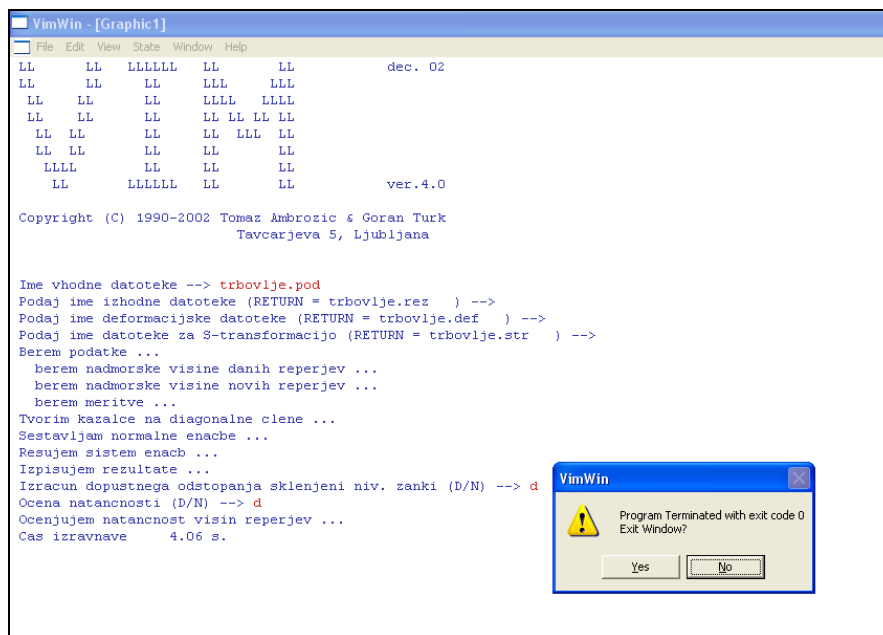
V Preglednici 6 so zbrane ocene natančnosti določitve višinskih razlik v mestni nivelmanski mreži Trbovlje. Ocene natančnosti znašajo manj kot milimeter. Glede na red mreže, uporabljen instrumentarij in metodo lahko sklepamo, da je mestna nivelmanska mreža Trbovlje ustrezne kakovosti.

Preglednica 6: Ocene natančnosti mestne nivelmanske mreže Trbovlje

NAČIN OCENE	σ [mm/km]
Apriori ocena natančnosti (pred izravnavo)	
- Na osnovi razlik dvojnih merjenj nivelmanske linije	0,58
- Na osnovi razlik dvojnih merjenj nivelmanskega poligona	1,15
- Iz odstopanj pri zapiranju nivelmanskih zank	0,21
Aposteriori ocena natančnosti (po izravnavi)	
	0,29

5.5 Izravnava in ocena natančnosti mestne nivelmanske mreže Trbovlje

Izravnava nivelmanske mreže je bila izvedena s pomočjo programa VIM (ver. 4.0, dec. 02), avtorjev Tomaža Ambrožiča in Gorana Turka.



Slika 14: Program VIM

Program VIM temelji na posredni izravnavi po metodi najmanjših kvadratov. Za delo s programom pripravimo vhodno datoteko *ime.pod*, v kateri podamo višine navezovalnih reperjev (dani reperji - D) in približne višine novih reperjev (N), opazovanja (O) – merjene višinske razlike, popravljene za popravek metra para lat, popravek pete lat in temperaturni popravek, ter dolžine nivelmanskih linij. Uteži opazovanj v vhodni datoteki ni potrebno podati, saj jo program preračuna sam.

➤ Izračun uteži pri geometričnem nivelmanu

Utež obojestransko nivelirane višinske razlike v nivelmanski liniji se izračuna po enačbi

$$p = \frac{1}{d}, \quad (31)$$

kjer je d ... dolžina nivelmanske linije v km.

Primer vhodne datoteke: trbovlje.pod

```
*D
'HE42' 219.0079
*N
'R1' 223.140
'R2' 227.135
'R3' 232.687
'R4' 236.351
'R5' 244.405
'R6' 250.182
'R7' 256.826
'R8' 269.309
'R9' 264.384
'R10' 298.005
'R11' 268.693
'R12' 269.650
'R13' 274.178
*E
'km'
*o
'HE42' 'R1' 4.13157 0.184
'R1' 'R2' 3.99495 0.651
'R2' 'R3' 5.55245 0.437
'R3' 'R4' 3.66362 0.351
'R4' 'R5' 8.05365 0.374
'R5' 'R6' 5.77726 0.439
'R7' 'R10' 41.17908 0.717
'R10' 'R11' -29.31156 0.496
'R11' 'R6' -18.51198 0.400
'R6' 'R7' 6.64431 0.494
'R11' 'R12' 0.95685 0.061
'R7' 'R8' 12.48288 0.437
'R8' 'R9' -4.92462 0.212
'R9' 'R7' -7.55868 0.472
'R8' 'R13' 4.86946 0.361
*K
```

Dani reper je reper HE42 z višino 219,0079 m v normalnem ortometričnem višinskem sistemu (Jagodič, 2007), ki je bila določena aprila 2007. Višine določamo 13 novim reperjem.

Približne višine novih reperjev so določene tako, da so višini izhodiščnega reperja prištete opazovane višinske razlike.

Izhodne datoteke programa VIM so:

- *ime.rez* s podatki izravnave (enačbe popravkov višinskih razlik, izračunani popravki višinskih razlik, aposteriori ocena natančnosti (srednji pogrešek utežne enote) in izravnane višine novih reperjev z oceno natančnosti določitve)
- *ime.def* z matriko normalnih enačb (za proste mreže za deformacijsko analizo)
- *ime.str*, v kateri je seznam izravnanih koordinat v mreži, popravki koordinat in elementi matrike kofaktorjev Q.

5.6 Nadmorske višine reperjev z oceno natančnosti

Rezultat izravnave so definitivne višine 13 novih reperjev in ocene natančnosti določitve letih. Višinska mreža je izravnana v normalnem ortometričnem višinskem sistemu.

Aposteriori ocena natančnosti nivelmanske mreže, t.j. ocena natančnosti po izravnavi, znaša $\pm 0,29$ mm. Na osnovi uporabljenega instrumentarija in metode dela lahko sklepamo, da je mestna nivelmanska mreža Trbovlje ustrezne kvalitete. Izhodna datoteka *trbovlje.rez* je v prilogi M.

V Preglednici 7 so zbrane nadmorske višine reperjev mestne nivelmanske mreže Trbovlje in natančnosti določitve posamezne nadmorske višine.

Preglednica 7: Nadmorske višine reperjev z natančnostjo določitve

REPER	NADMORSKA VIŠINA	σ_H
R1	223.1395 m	0,1 mm
R2	227.1344 m	0,3 mm
R3	232.6869 m	0,3 mm
R4	236.3505 m	0,4 mm
R5	244.4041 m	0,4 mm
R6	250.1814 m	0,5 mm
R7	256.8257 m	0,5 mm
R8	269.3088 m	0,5 mm
R9	264.3843 m	0,5 mm
R10	298.0049 m	0,5 mm
R11	268.6934 m	0,5 mm
R12	269.6502 m	0,5 mm
R13	274.1783 m	0,5 mm

6 ZAKLJUČEK

V okviru sanacije mestne nivelmanske mreže so bile najprej analizirane obstoječe nivelmanske mreže na območju Trbovelj in stanje reperjev v njih. Ugotovljeno je bilo, da je ohranjenih 9 reperjev od skupno 23 reperjev, ki so stabilizirani v obstoječi mestni nivelmanski mreži oz. v nivelmanski mreži 4. reda. Pri ogledu terena so bili odkriti tudi trije reperji, katerih izvora ne poznamo. Po analizi nivelmanskih mrež je bil izdelan projekt nove mestne nivelmanske mreže, v katero je bilo vključenih 7 obstoječih reperjev, od tega 4 reperji, ki so bili stabilizirani v državni višinski mreži. Stabilizirati pa je bilo potrebno tudi 6 novih reperjev.

Meritve so bile izvedene s preciznim digitalnim nivelirjem Leica WILD NA 3000, ki po navedbah proizvajalca zagotavlja natančnost 0.4 mm/km dvojnega nivelmana, in parom kompariranih invar nivelmanskih lat Leica GPCL3 s kodirano razdelbo. Uporabljena je bila še dodatna oprema, in sicer stativ za postavitve nivelirja, stojali za vertikalno postavitve nivelmanskih lat, dve »žabi« in termometer. Vse meritve v geodeziji so obremenjene s pogreški, ki so posledica uporabljenega instrumentarija, metode dela, delovnega okolja in meteoroloških vplivov. Pred izravnavo moramo zmanjšati njihov vpliv na meritve oz. meritve popraviti za ustrezne popravke. Merjene višinske razlike sem popravila za popravek razdelbe late, popravek pete late in za temperaturni popravek. Popravljenе višinske razlike med reperji sem izravnala v programu Vim, ki temelji na posredni izravnavi po metodi najmanjših kvadratov. Rezultati izravnave so nadmorske višine reperjev mestne nivelmanske mreže Trbovlje in ocene natančnosti določitve nadmorskih višin. Ocena natančnosti merjenih višinskih razlik po izravnavi znaša 0,29 mm/km. Glede na metodo dela, uporabljen instrumentarij in red nivelmanske mreže lahko zaključimo, da je mestna nivelmanska mreža Trbovlje ustrezne kakovosti.

S sanacijo mestne nivelmanske mreže so Trbovlje dobile višinsko mrežo v državnem koordinatnem sistemu, ki bo osnova za vsa geodetska dela in nadaljnje posege v prostor. V okviru diplomske naloge je bila nivelmanska mreža je razvita le v južni polovici mesta, kjer bodo v prihodnosti, glede na predvidene projekte, nastajale večje potrebe po višinskih točkah kakor v severnem delu mesta.

VIRI

Jagodič, S. 2007. Sanacija nivelmanskega poligona 2-21 (Ljubljana_Zidani most), Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, oddelek za geodezijo.

Koler B., Vardjan N., 2003. Analiza stanja nivelmanskih mrež Republike Slovenije, Geodetski vestnik 47, št. 3, str. 251, 257.

Stopar, Koler, Kuhar, 2005. Osnovni geodetski sistem
<http://www.izs.si/zbirke/dokumenti/> (11.1.2006)

Navodila in pravilniki:

Navodila za uporabo nivelirja Leica WILD NA 3000.

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

Drugo:

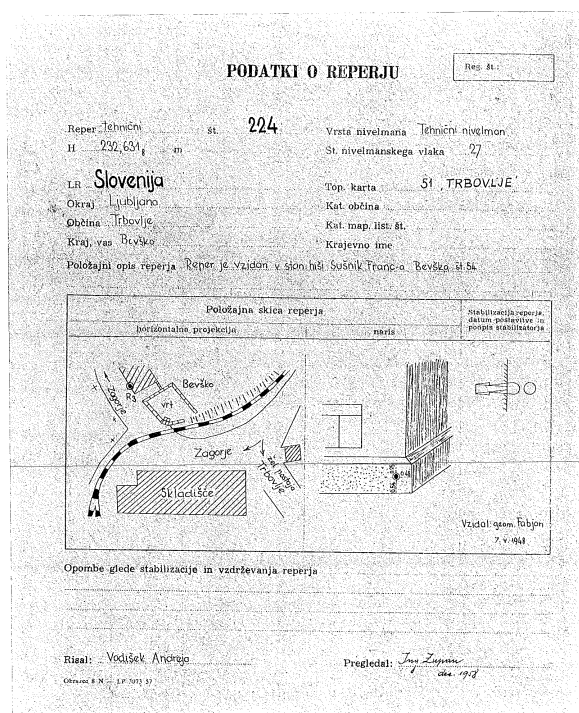
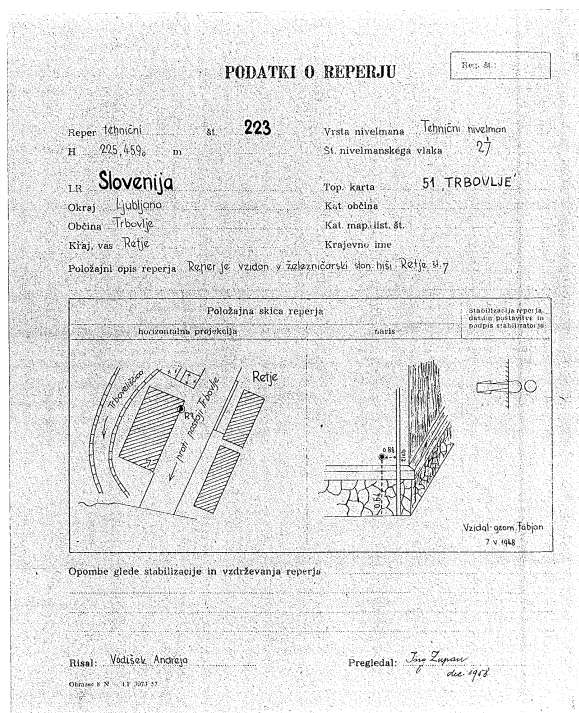
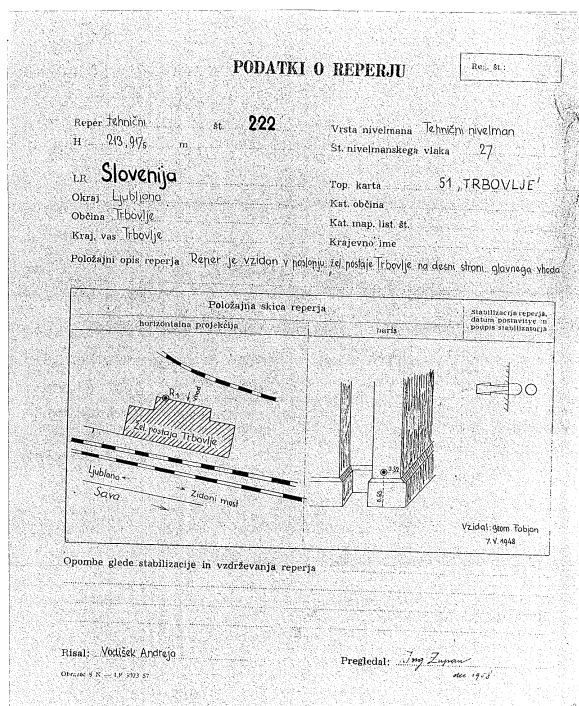
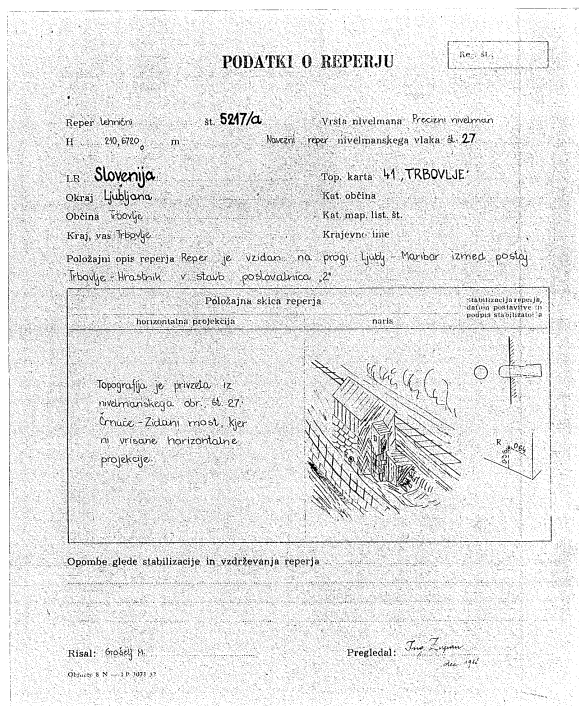
Izmera mestne nivelmanske mreže Trbovlje (poligoni 60, 61, 62, 63), arhiv GURS.

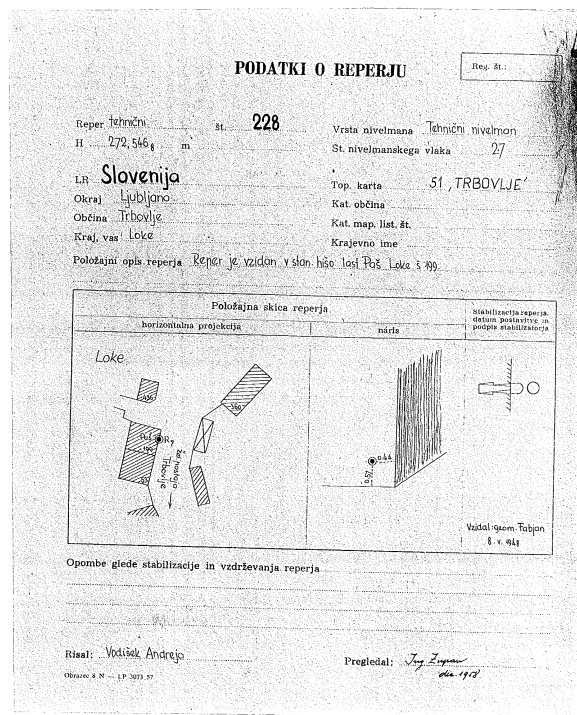
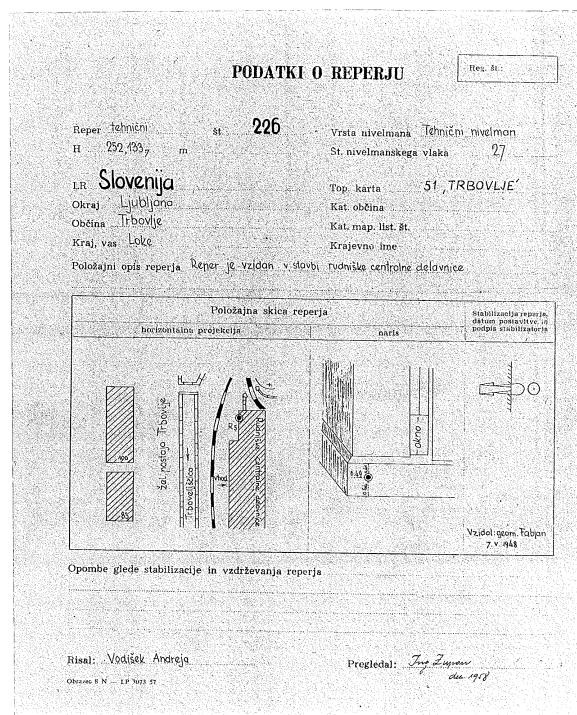
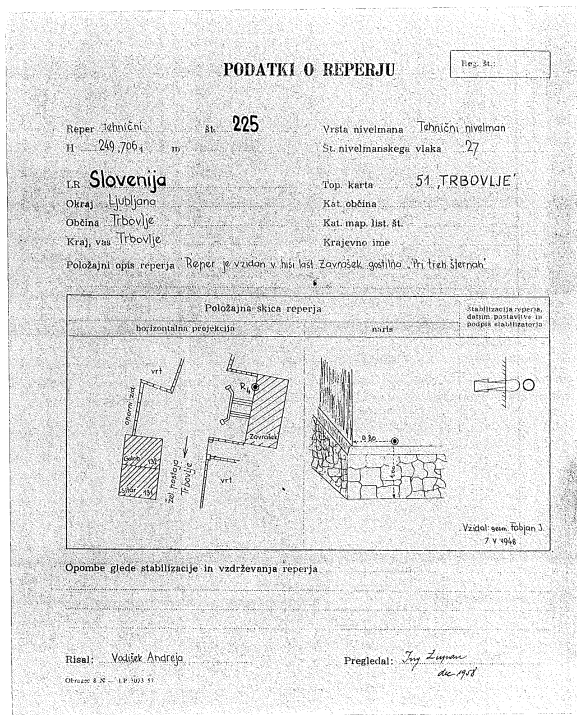
Izmera nivelmanskega poligona št. 27, arhiv GURS.

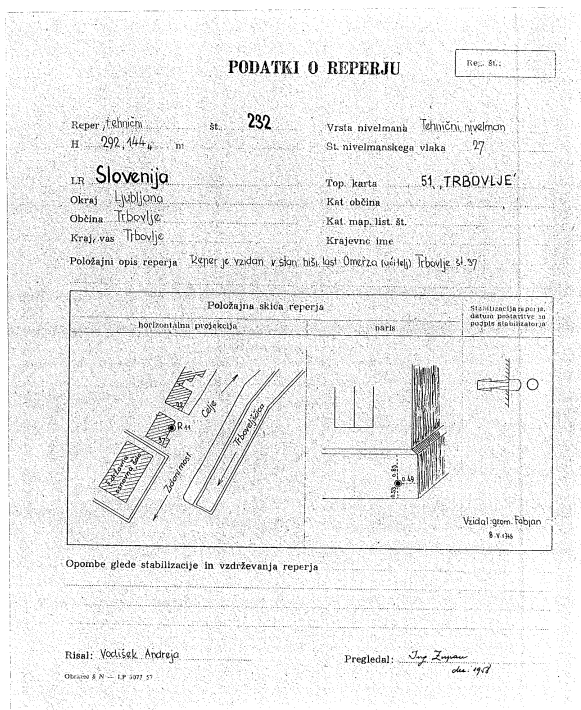
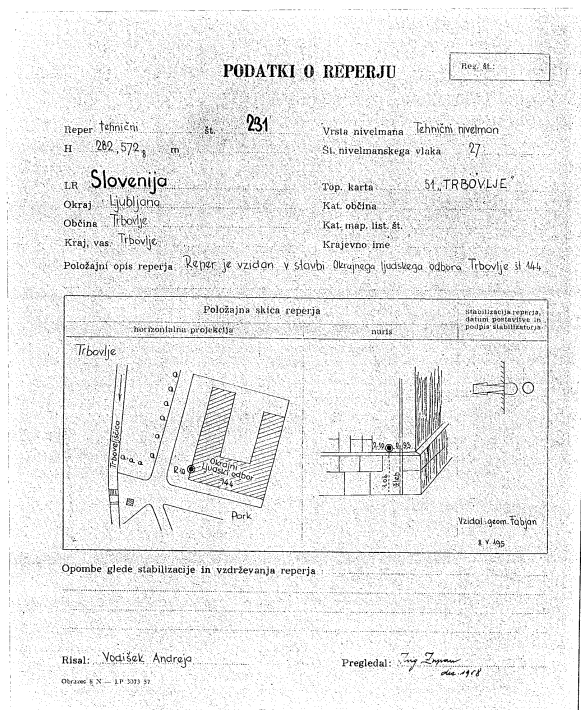
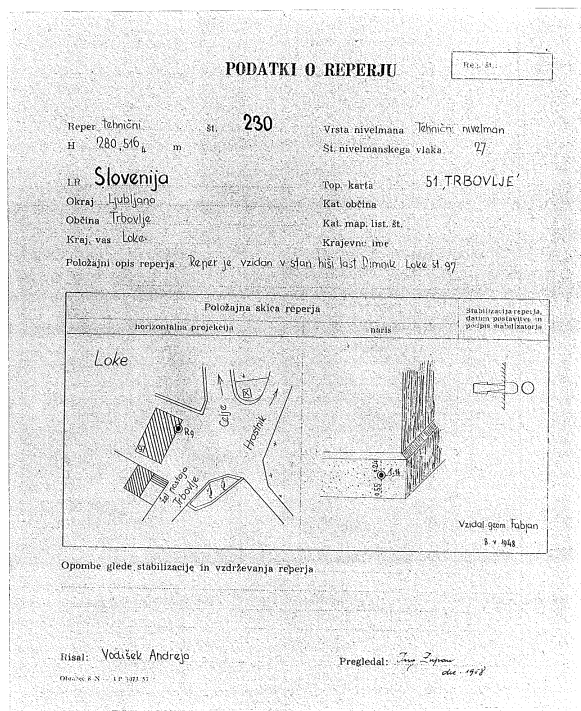
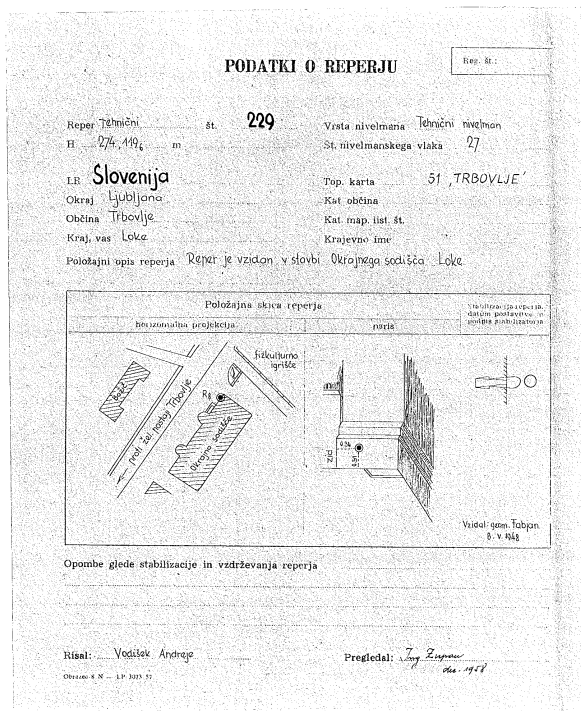
Zapiski predavanj doc.dr. Tomaža Ambrožiča, Geodezija 2, študijsko leto 2004/2005.

PRILOGA A:

Topografije reperjev mreže 4. reda na območju Trbovelj





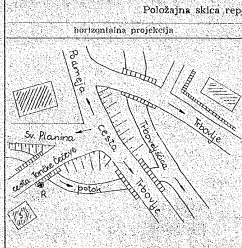
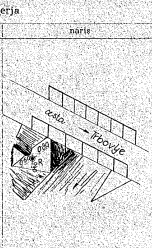



PODATKI O REPERJU Reg. št.:

Reper letni št. **235** Vrsta nivelmana Tehn. nivelman
 H. 300,503 m St. nivelmanskega vlaka 27

LR **Slovenija** Top. karta 61 'TRBOVLJE'
 Okraj **Ljubljana** Kat. občina
 Občina **Trbovlje** Kat. map. list št.
 Kraj, vas **Trbovlje** Krajevno ime

Položajni opis reperja Reper je vžidan v južno zahodni strani vira mesta.

Položajna skica reperja		naris	Stabilizacija reperja, datum postavitve in poizkus stabilizacije
horizontalna projekcija			
			
Vrednotil: Slav. Toljan 8. V. 1948			

Opombe glede stabilizacije in vzdrževanja reperja

Risal: Grošelj M. Pregledal: *Slav. Toljan* dec. 1957

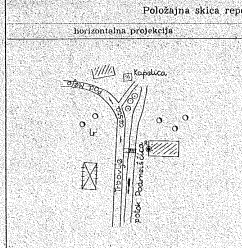
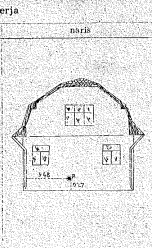

Obzave št. N. - LP 3073 57

PODATKI O REPERJU Reg. št.:

Reper letni št. **276** Vrsta nivelmana Tehn. nivelman
 H. 301,246 m St. nivelmanskega vlaka 27

LR **Slovenija** Top. karta 39 'POLZELA'
 Okraj **Ljubljana** Kat. občina
 Občina **Trbovlje** Kat. map. list št.
 Kraj, vas **Gaberško** Krajevno ime

Položajni opis reperja Reper je vžidan v betonskem temelju hiše last. Hrubovšek Leopoldina Gabersko

Položajna skica reperja		naris	Stabilizacija reperja, datum postavitve in poizkus stabilizacije
horizontalna projekcija			
			
Slabi. Ing. Zupan K 23. II. 1958			

Opombe glede stabilizacije in vzdrževanja reperja

Risal: Grošelj M. Pregledal: *Ing. Zupan* dec. 1958

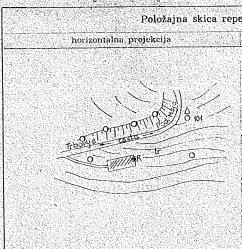
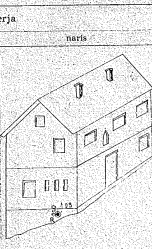
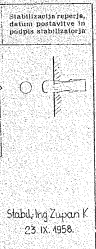
Obzave št. N. - LP 3073 57

PODATKI O REPERJU Reg. št.:

Reper letni št. **277** Vrsta nivelmana Tehn. nivelman
 H. 305,036 m St. nivelmanskega vlaka 27

LR **Slovenija** Top. karta 39 'POLZELA'
 Okraj **Ljubljana** Kat. občina
 Občina **Trbovlje** Kat. map. list št.
 Kraj, vas **Gabersko** Krajevno ime

Položajni opis reperja Reper je vžidan v betonskem temelju hiše Slabi. (po domači Gabersko) (hiša je v arhivu)

Položajna skica reperja		naris	Stabilizacija reperja, datum postavitve in poizkus stabilizacije
horizontalna projekcija			
			
Slabi. Ing. Zupan K 23. II. 1958			

Opombe glede stabilizacije in vzdrževanja reperja

Risal: Grošelj M. Pregledal: *Ing. Zupan* dec. 1958

Obzave št. N. - LP 3073 57

PRILOGA B:

Nivelmanski obrazec št. 2 (izmera niv. poligona Trbovlje – Groblje)

Tehnični nivelman št. 27 Trbovlje - Groblje

Str. 1

Od	Do	Višinska razlika iz niveliranja "naprej"			Devel. ostanek	Višinska razlika iz niveliranja "nazaj"			Devel. ostanek	Odstopanje $\Delta = h'_n - h''_n$	Dovoljeno odstopanje Δ	Srednja višinska razlika $h = \frac{h'_n + h''_n}{2}$	Devel. ostanek	Opomba
		od kod je vzeta	S	h'_n		od kod je vzeta	S	h''_n						
		2			8			4		5		6		7.
(Podatki privzeti iz mentorjevih izvornih snaga 1948 - meritelj gen. Poljan)														
Odssek: <u>Žel. postaja Trbovlje - Trbovlje trg</u>														
PN 5217 _a	R 222	1.5	0.6	3,245	1.5									
R 222	R 223	2.2	0.6	11,545	2.2	0.6	11,539	+0,006	±0,013	11,542				Kontrola
R 223	R 224	2.2	0.5	7,170	2.2	0.5	7,174	-0,004	±0,012	7,172				89,834 3,245
R 224	R 225	2.2	1.1	17,078	2.2	1.1	17,069	+0,009	±0,017	17,074				86,589
R 225	R 226	2.2	0.3	2,429	2.2	0.3	2,426	-0,003	±0,009	2,427				86,582 173,171
R 226	R 227	2.2	0.4	6,335	2.2	0.4	6,334	-0,001	±0,010	6,334				86,585
R 227	R 228	2.2	0.5	14,078	2.2	0.5	14,080	+0,002	±0,012	14,079				
R 228	R 229	2.2	0.3	1,575	2.2	0.3	1,570	-0,005	±0,009	1,573				
R 229	R 230	2.2	0.4	6,399	2.2	0.4	6,395	-0,004	±0,010	6,397				
R 230	R 231	2.2	0.3	2,056	2.2	0.3	2,056	±0,000	±0,009	2,056				
R 231	R 232	2.2	0.6	9,566	2.2	0.6	9,579	-0,013	±0,013	9,572				
R 232	R 233	2.2	0.4	8,358	2.2	0.4	8,360	-0,002	±0,010	8,359				
		6.0		89,834	5.4		86,582			86,585				
Meritev izvirne mreže leta 1958 - meritelj ing Vidman														
Odssek: <u>Trbovlje trg - Groblje</u>														

PRILOGA C:

Tehnično poročilo o izmeri niv. poligona Trbovlje - Groblje

Tehnično poročilo
za tehnični nivelman št.27: Trbovlje-Groblje.

Investitor: Geodetska uprava LRS

Izvajalec: Geodetski zavod IRS
št. dela: 8/58

Rekognosciranje in stabilizacija:

V 19,64 km dolgem nivelmanskem poliginu je stabiliziranih 24 reperjev tehničnega tipa. Vzdani so v cestne objekte in hiše. Štirje so vzdani pokončno in sicer št. 279,288,292 in 294. Oštevilčeni so z arabskimi številkami od 276 do 299. Oštevilčba paste v smer iz Trbovelj v Groblje. Rekognosciral in stabiliziral od 23 do 25 septembra 1958. ing. Zupan.

Niveliranje:

Niveliral ing. Vidmar Ivan od 12. do 21 novembra 1958 z nivelirjem: Zeiss B st. 55345 in parom (3 m) invar lat št. 1 in 2, z dvojno polcentimetersko razdelbo.

Redosled čitanja: leta zadaj - leta spredaj, spredaj in leta zadaj. Najmanjša vizurna razdalja 8 m, največja 45 m in srednja 19,4 m.

Skupno je 529 stojišč.

Navezava je izvršena v Trbovljah na tehnični nivelman R 233, v Grobljah pa na nivelman visoke točnosti NVT 5/14.

Računanje:

Tehnični nivelman Trbovlje-Groblje je bil izravnani v 3. obr. skupno z že leta 1958 izniveliranim odsekom (geometer Fabjan) skozi Trbovlje do železniške postaje, torej med reperjema PN 5217/a v Trbovljah in NVT 5/14 v Grobljah.

Celotno nesoglasje $f = - 0,014$ m

Dopusten $f = \pm 0,064$ m

Srednji kilom. popravek $v_{sv} = + 0,55$ mm

Točnost po izravnanju $= \pm 2,80$ mm

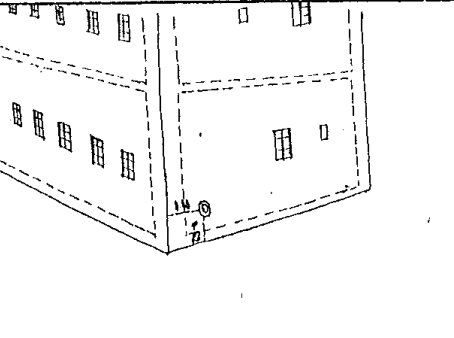
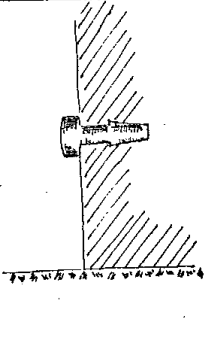
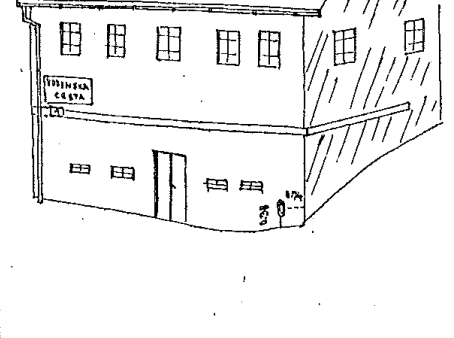
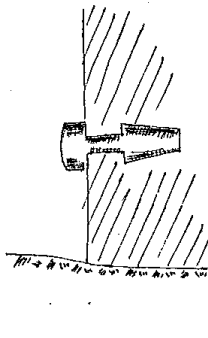
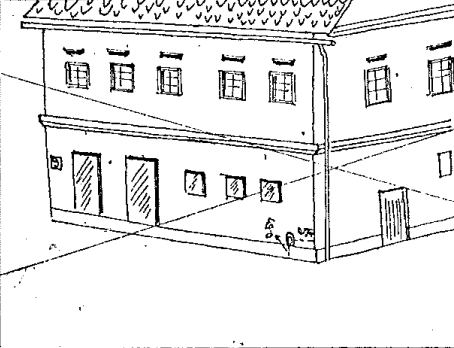
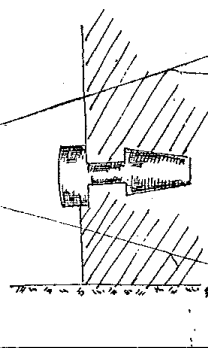
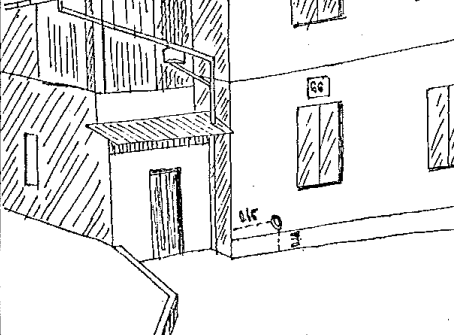
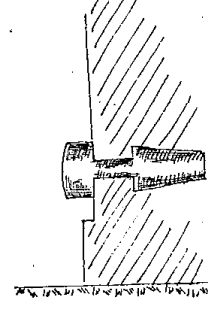
Ljubljana, dne 28.12.1958.



Poročilo sestavil:
ing. Vidmar Ivan

PRILOGA D:

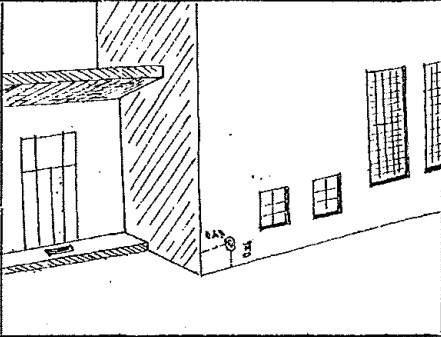
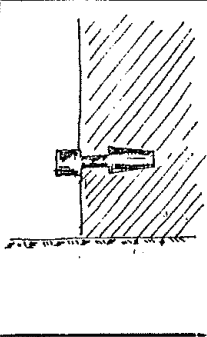
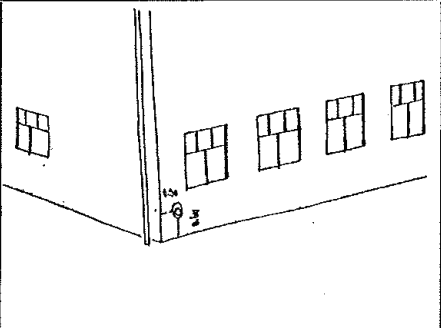
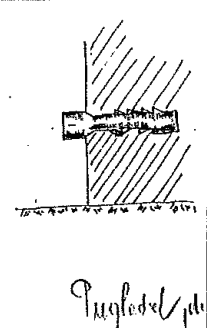
Topografije reperjev mestne nivelmanske mreže

Broj repere Oblast Srez Mesto (selo, vas, grad) Datum postavljanja	OPIS POLOŽAJA REPERA	Kako je obeležen reper	PRIMEDBA
R © 225/b H = 297,9562 ₄			Viden je v vid linij št. 29 lasti Zidarstev pomočnikov N. Maratje Zlatje 25. VI. 1972. Ukopal: <i>[Signature]</i>
R © 224/a H = 238,4502 ₆			Viden je v vid linij št. 11 nad vodovodni mreži, majhni traktu postavljen lasti Otine Trbovlje 25. VI. 1972. Ukopal: <i>[Signature]</i>
			
R © 24/a H = 281,0289 ₈			Viden je v vid linij št. 66 št. gostilna lasti Otine Trbovlje. Prijimi lastnika hiše Fabjan Leopold 25. VI. 1972. <i>[Signature]</i>

SAVEZNA GEODETSKA UPRAVA

Nivelmanski obrazec br. 8

Str. 2

Broj repere Oblast Srez Mesto (selo, varoš, grad) Datum postavljanja	OPIS POLOŽAJA REPERA	Kako je obeležen reper	PRIMEDBA
R 222/a H = 224,704 ₂			Viden je v južni delavnici Ustanova: Dimenzionalna Kobilarska učna št. 5 lasti Dimenzionalna Trbovlje 15. VI. 1972. [Signature]
R 225/a H = 269,561 ₆			Viden je v južni delavnici na obratu Rudnika Trbovlje (kivi Zahadni obrat) 15. VI. 1972. [Signature] [Stamp: P. Zupančič, UL, FGG, Odd. za geodezijo, smer Geodezija v inženirstvu, 14. 11. 1972.]

PRILOGA E:

Nivelmanski obrazec št. 2 (izmera mestne niv. mreže leta 1972)

VEZNA GEODETSKA UPRAVA

tehnični nivelman *načinu točnosti* Nivelmanski obrazec br. 2

Str. 1

OD	DO	Visinska razlika iz nivelanja „napred“			Visinska razlika iz nivelanja „nazad“			Odstupanje $\Delta = h'p - h'n$ $\frac{1}{100000}$	Srednja visinska razlika $h' = \frac{h'p + h'n}{2}$	PRIMEDBA		
		odakle je uzeta	S	h a	Devet. odst. uzeto	S	h'n				Devet. odst. uzeto	
1		2			3			4	5	6	7	
R0222	R0222/a	N1-21	0.6	10.7868	N1-20	0.6	10.7840	+28	97	10.7854	7	Mirnik
R0222/a	R0224	N1-22	0.7	7.9258	N1-19	0.7	7.9241	+17	105	7.9250	5	Konj 007
R0224	R0224/a	N1-12	0.4	5.8210	N1-11	0.5	5.8198	+22	84	5.8194	0	invarna
R0224/a	R0225	N1-11	0.7	11.2588	N1-23	0.6	11.2534	+54	105	11.2571	7	latov y
R0225	R0225/w	N1-8	0.6	19.8578	N1-9	0.5	19.8589	-11	93	19.8584	8	drjivo
R0225/w	R0225/v	N1-6	0.5	28.3991	N1-5	0.4	28.3966	+25	84	28.3978	1	merilnik
R0225/v	R0227	N1-2	0.8	x60.2812	N1-4	0.7	x60.2800	+12	109	x60.2806	3	
R0227	R0224	N1-13	0.3	9.0955	N1-18	0.3	9.0957	-2	69	9.0956	2	x19.0980
R0224	R0224/a	N1-14	0.3	39.3044	N1-18	0.4	39.3029	+15	74	39.3026	6	x19.0980
R0224/a	R0225	N1-15	0.2	x68.9848	N1-16	0.2	x68.9848	+00	56	x68.9848	6	x38.1760
R0224	R0225	N1-25	0.5	17.3828	N1-15	0.5	17.3798	+30	88	17.3813	5	19.0880
				x19.0980			x19.0980			x19.0880	7	
										17.08.1972		



PRILOGA F:

Nivelmanski obrazec št. 3 (izmera mestne niv. mreže leta 1972)

Broj viača	R_n	Odatke je uzeta	Visinske razlike dobivene nivelanjem f'_n	Devet. oštitak Odstojanje iz- među repeta S u km.	Popravka $\frac{f}{S} \cdot s_n$ iii $v_n = \frac{f}{[\Delta^2]} \cdot \Delta^2_n$ ± 1	Definitivne visinske razlike $f_n = f'_n + v_n$	Nadmorske visine $H_n = H_{n-1} + f_n$	Devet. oštitak	R_n	PRIMEDBA
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
63	R0222						210 917	5	R0222	Mimolva koni 007
		NL-1	10 7854	7	0.6 +	17	224 7047	1		
	R0222/a						224 7047	2	R0222/a	invarne beta zbiranje neprobno
		NL-1	7 9250	7	0.7 +	19	7 9259			Tablica točnosti
	R0224						232 631	8	R0224	3 repeta v. mehanizirano
	M.b.	18 7104	18.	7140	1.3 +	36	18 7140	3		
		$f_{k=0} = 0.0036$								$(\Delta = 0.0102)$
										Alpi, 15. VII. 1972.
61	R0224						232 631	8	R0224	
		NL-1	5 8194	0	0.45 -	2	5 8192	1		
	R0224/a						238 4502	6	R0224/a	
		NL-1	11 2561	7	0.7 -	3	11 2558			
	R0225		17 0755	7			249 706	1	R0225	
	M.b.	17 0755	17	0750	1.15 -	5	17 0750	2		
		$f_{k=0} = 0.005$								$(\Delta = 0.0096)$
										Alpi, 15. VII. 1972.

Broj viaka	R_n	Odatke je uzeta	Visinske razlike dobivene nivelanjem		Dveletni ostatak	Odstojanje iz- medu repera s u km.	Popravka		Definitivne visinske razlike $\hat{h}_n = h' + v_n$	Nadmorske visine $H_n = H_{n-1} + h_n$		Dveletni ostatak	R_n	PRIMEDBA
			h'_n	h''_n			$v_n = \frac{f}{[s]} \cdot s_n$	$v_n = \frac{f}{[\Delta^2]} \cdot \Delta^2_n$		H_{n-1}	h_n			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10					
60	20225									249	706	1	20225	
		NL-1	19	8584	8	0.5	-	20	19	8554				
	20225/a									269	5614	6	20225/a	
		NL-1	28	3938	1	0.5	-	20	28	3948				
	20225/b									297	9562	4	20225/b	
		NL-1	x60	2806	3	0.8	-	48	x60	2758				
	2027										258	2322	4	2027
			8	5368	3	1.8	-	108	8	5260	8	526	3	
	M.b.		8	5260	3									
	f ₄₂	-0	0108											

15. VII. 1972.

Broj vrtaka	R_n	Odkle je uzeta	Visinske razlike dobivene nivelanjem		Devet. ostatak	Odstojanje iz- medu repa- ra S u km.	Popravka		Definitivne visinske razlike $f_n = f' + v_n$	Nadmorske visine $H_n = H_{n-1} + f_n$		Devet. ostatak	R_n	PRIMEDBA	
			f'_n	f_n			$v_n = \frac{f}{S} \cdot s_n$	$f_n = f' + v_n$		H_{n-1}	H_n				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10						
02	20224									232	631	8	20224		
		N2-1	9	0956	2	0.5	-	6	9	0950	241	7260	4		
	20224									241	7260	4	20224		
		N2-1	39	3036	6	0.35	-	7	39	3029	-284	0289	3		
	2024/a									281	0289	3	2024/a		
		N2-1	x68	9848	6	0.2	-	4	x68	9844					
	2025										250	0133	5	2025	
		N2-1	x82	6187	4	0.5	-	10	x82	6177					
	20224										232	631	8	20224	
		M.v.	0	0027	0	135	-	27	0	0000	0	0000	0		
		f _{avg}	0	0027	0	(Δ = 0,0108)									
											Utr. 30.7.1973.				
										[Stamp: MESTNA UPRAVNA ENOTA TRBOVLJE]		[Signature]			
										[Stamp: MESTNA UPRAVNA ENOTA TRBOVLJE]		[Signature]			

PRILOGA G:

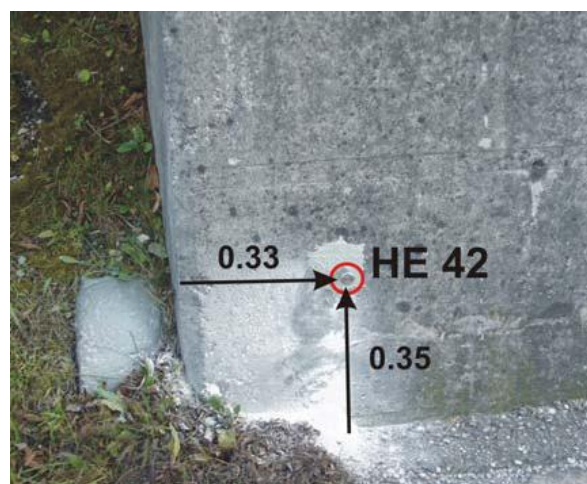
Skica projektirane mestne nivelmanske mreže Trbovlje



PRILOGA H:

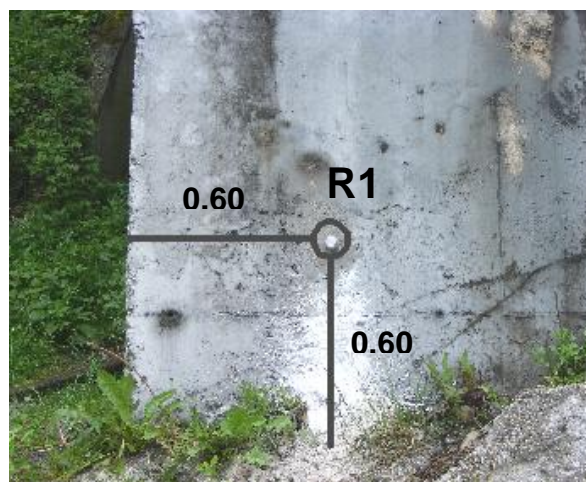
Topografije reperjev mestne nivelmanske mreže Trbovlje

PODATKI O REPERJU			
ŠTEVILKA REPERJA	HE42		
Nadmorska višina	219,0079 m		
Vrsta nivelmana	nivelman 2.reda, poligon 2-21 (Ljubljana – Zidani most)	Način stabilizacije	horizontalna
Vertikalni datum/Višinski sistem	Trst/ortometrična višina	Oblika reperja	nizki reper
Oznaka TTN 5, DOF 5	G2412	Datum stabilizacije	november 2006
Koordinata Y, X	503 180, 108 995	Stabiliziral	FGG, Katedra za inženirsko geodezijo
Opis položaja reperja	križišče Trbovlje-Hrastnik-Kum		

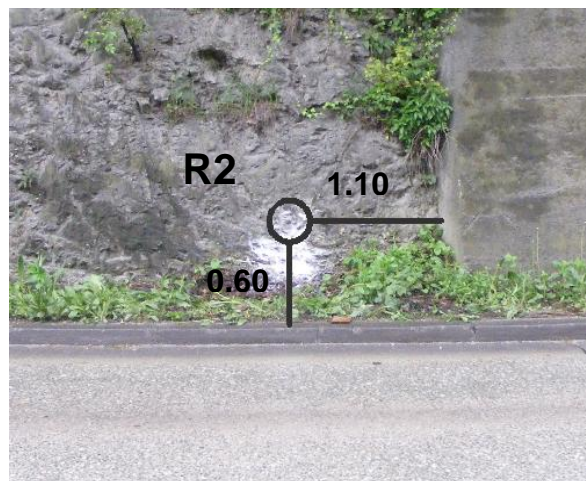


PODATKI O REPERJU

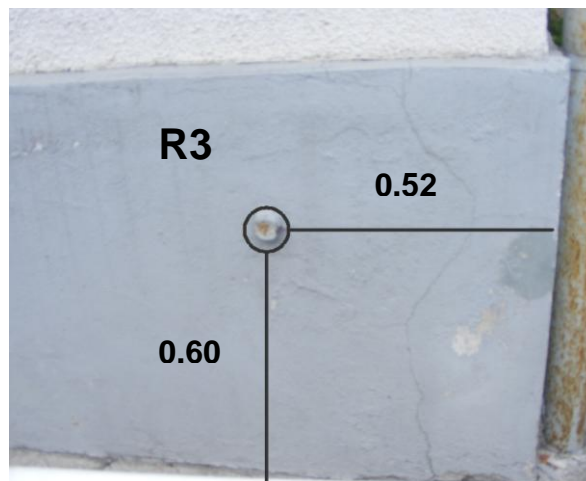
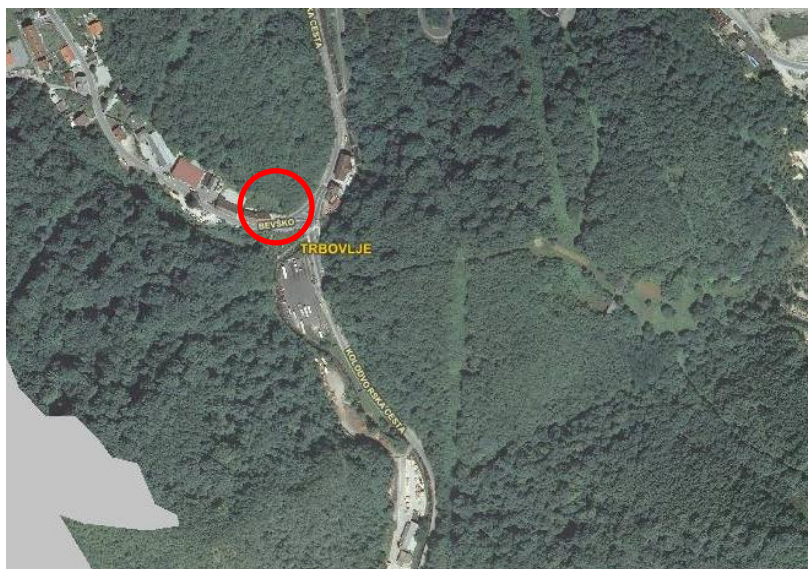
ŠTEVILKA REPERJA	R1		
Nadmorska višina	223.1395 m		
Vrsta nivelmana	mestni nivelman 1.reda	Način stabilizacije	horizontalna
Vertikalni datum/Višinski sistem	Trst/ortometrična višina	Oblika reperja	nizki reper
Oznaka TTN 5, DOF 5	G2412	Datum stabilizacije	6.5.2008
Koordinata Y, X	503 019, 110 352	Stabiliziral	GURS
Opis položaja reperja	v podpornem zidu pri rezervoarju mazuta		



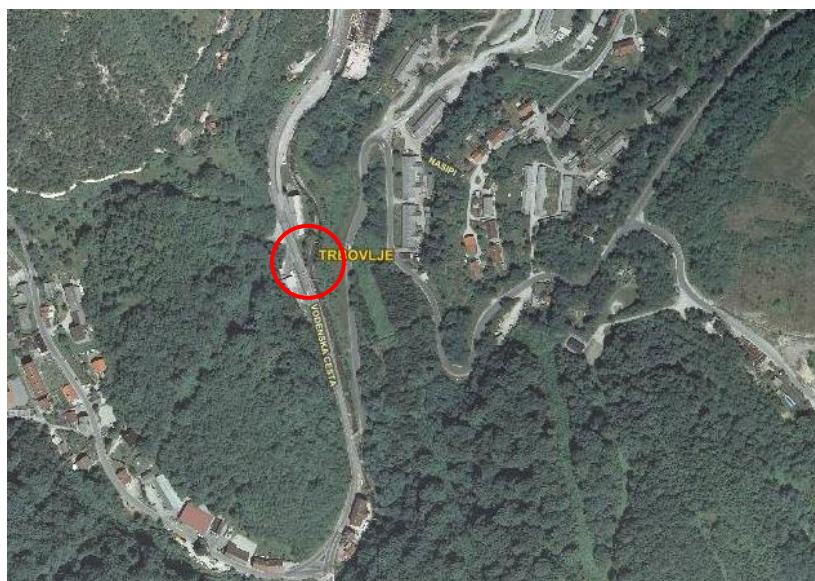
PODATKI O REPERJU			
ŠTEVILKA REPERJA	R2		
Nadmorska višina	227.1344 m		
Vrsta nivelmana	mestni nivelman 1.reda	Način stabilizacije	horizontalna
Vertikalni datum/Višinski sistem	Trst/ortometrična višina	Oblika reperja	nizki reper
Oznaka TTN 5, DOF 5	G2412	Datum stabilizacije	6.5.2008
Koordinata Y, X	503 165, 109 690	Stabiliziral	GURS
Opis položaja reperja	stabiliziran v skalni steni ob cesti (odsek 1229), nasproti Žage Trbovlje		



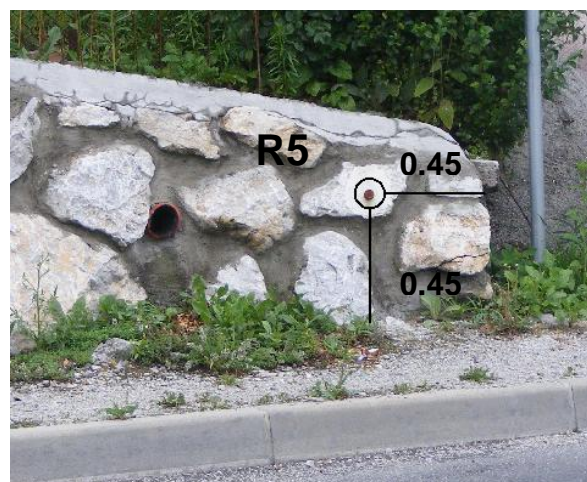
PODATKI O REPERJU			
ŠTEVILKA REPERJA	R3		
Nadmorska višina	232.6869 m		
Vrsta nivelmana	mestni nivelman 1.reda	Način stabilizacije	horizontalna
Vertikalni datum/Višinski sistem	Trst/ortometrična višina	Oblika reperja	nizki reper
Oznaka TTN 5, DOF 5	G2412	Datum stabilizacije	7.5.1948
Koordinata Y, X	502 990, 110 058	Stabiliziral	geom.. Fabjan
Opis položaja reperja	Bevško1, stanovanjska hiša ob cesti Trbovlje-Zagorje		



PODATKI O REPERJU			
ŠTEVILKA REPERJA	R4		
Nadmorska višina	236.3505 m		
Vrsta nivelmana	mestni nivelman 1.reda	Način stabilizacije	horizontalna
Vertikalni datum/Višinski sistem	Trst/ortometrična višina	Oblika reperja	nizki reper
Oznaka TTN 5, DOF 5	G2412	Datum stabilizacije	6.5.2008
Koordinata Y, X	503 019, 110 352	Stabiliziral	GURS
Opis položaja reperja	v podpornem zidu ob potoku Trboveljščica nasproti bencinskega servisa		

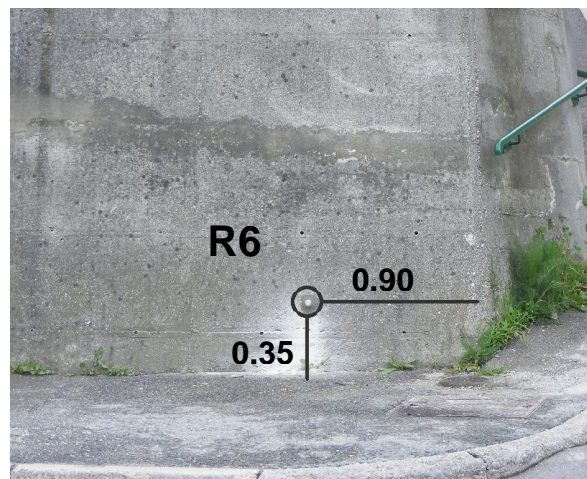
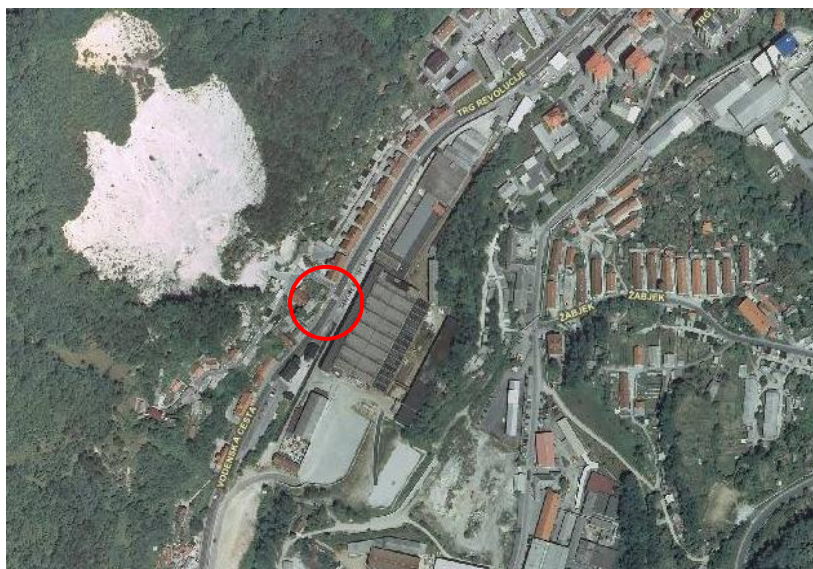


PODATKI O REPERJU			
ŠTEVILKA REPERJA	R5		
Nadmorska višina	244.4041 m		
Vrsta nivelmana	mestni nivelman 1.reda	Način stabilizacije	horizontalna
Vertikalni datum/Višinski sistem	Trst/ortometrična višina	Oblika reperja	nizki reper
Oznaka TTN 5, DOF 5	G2412	Datum stabilizacije	ni podatka
Koordinata Y, X	503 052, 110 700	Stabiliziral	ni podatka
Opis položaja reperja	kamniti zid ob cesti, poleg stanovanjske hiše na naslovu Vodenska cesta 6		



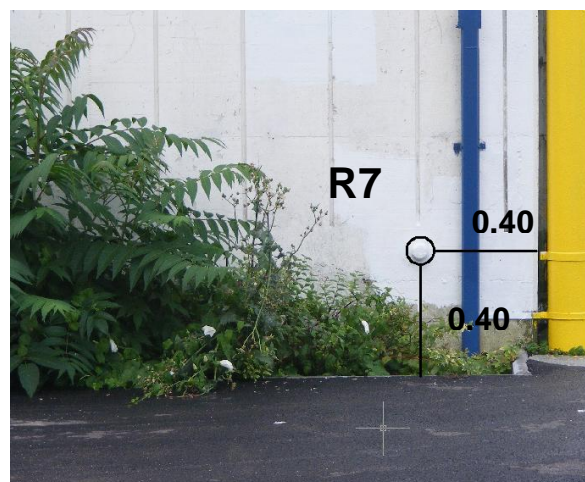
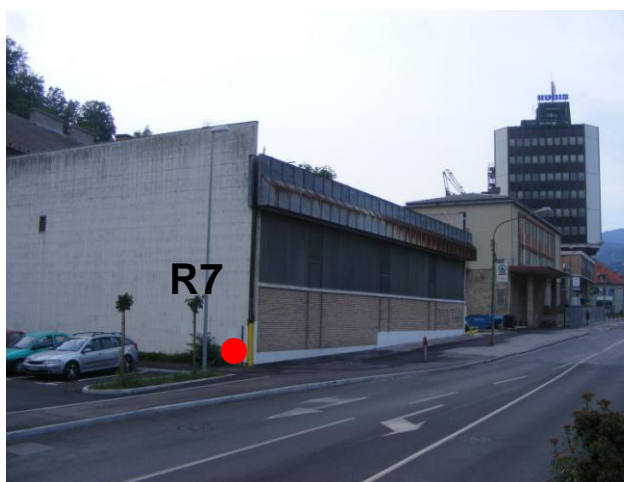
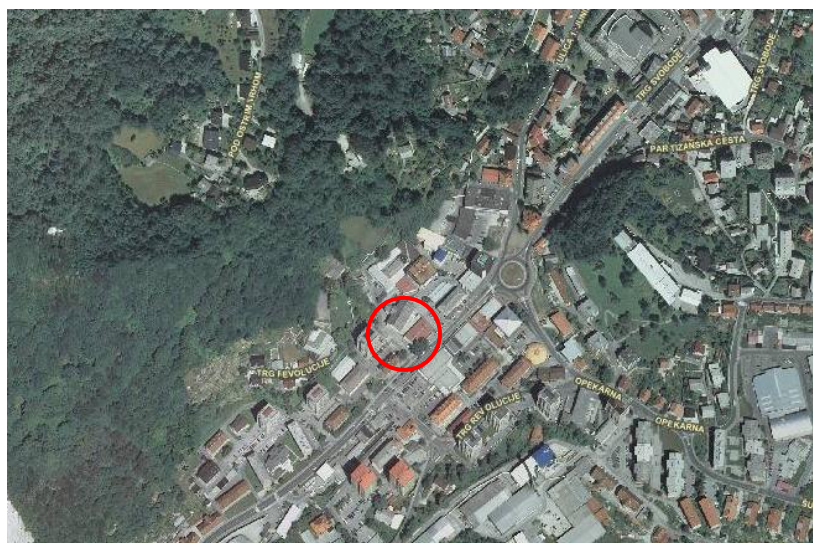
PODATKI O REPERJU

ŠTEVILKA REPERJA	R6		
Nadmorska višina	250.1814 m		
Vrsta nivelmana	mestni nivelman 1.reda	Način stabilizacije	horizontalna
Vertikalni datum/Višinski sistem	Trst/ortometrična višina	Oblika reperja	nizki reper
Oznaka TTN 5, DOF 5	G2412	Datum stabilizacije	6.5.2008
Koordinata Y, X	503 226, 111 098	Stabiliziral	GURS
Opis položaja reperja	stabiliziran v podpornem zidu ob avtobusni postaji nasproti nekdanje STT		



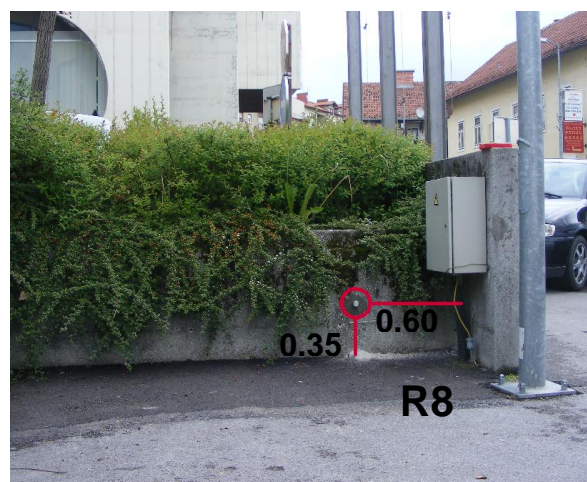
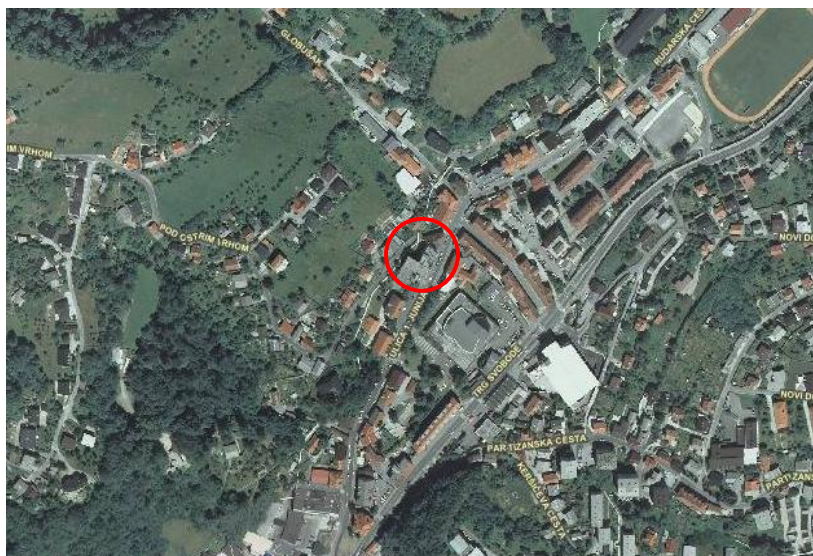
PODATKI O REPERJU

ŠTEVILKA REPERJA	R7		
Nadmorska višina	256.8257 m		
Vrsta nivelmana	mestni nivelman 1.reda	Način stabilizacije	horizontalna
Vertikalni datum/Višinski sistem	Trst/ortometrična višina	Oblika reperja	nizki reper
Oznaka TTN 5, DOF 5	G2412	Datum stabilizacije	ni podatka
Koordinata Y, X	503 554, 111 457	Stabiliziral	ni podatka
Opis položaja reperja	telovadnica OŠ Alojza Hohkrauta		



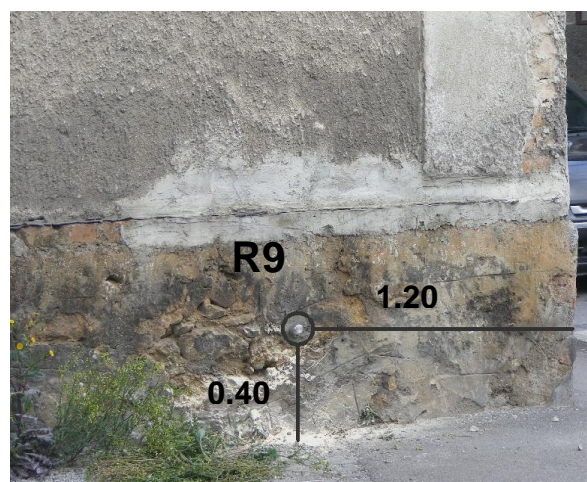
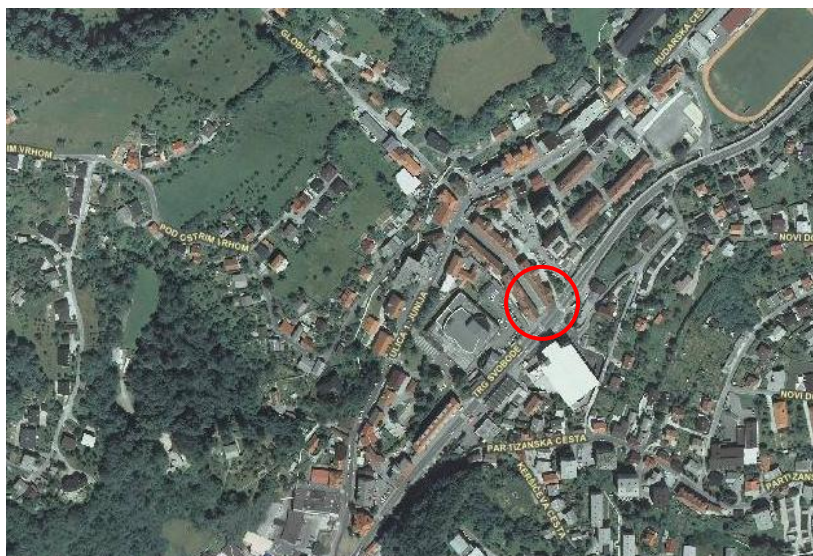
PODATKI O REPERJU

ŠTEVILKA REPERJA	R8		
Nadmorska višina	269.3088 m		
Vrsta nivelmana	mestni nivelman 1.reda	Način stabilizacije	horizontalna
Vertikalni datum/Višinski sistem	Trst/ortometrična višina	Oblika reperja	nizki reper
Oznaka TTN 5, DOF 5	G2412	Datum stabilizacije	6.5.2008
Koordinata Y, X	503 732, 111 835	Stabiliziral	GURS
Opis položaja reperja	v zidu rastlinjaka pri Zasavkem muzeju Trbovlje		



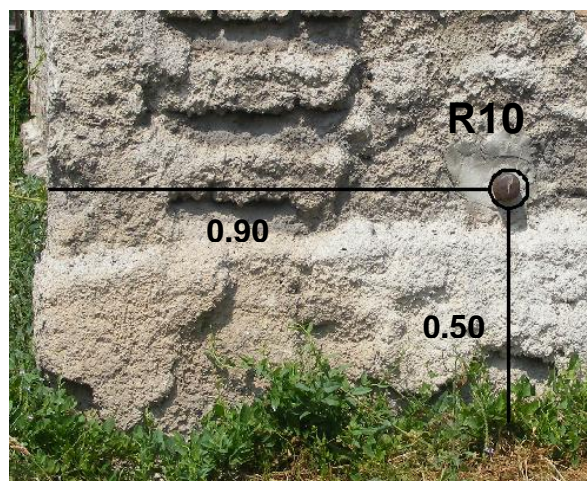
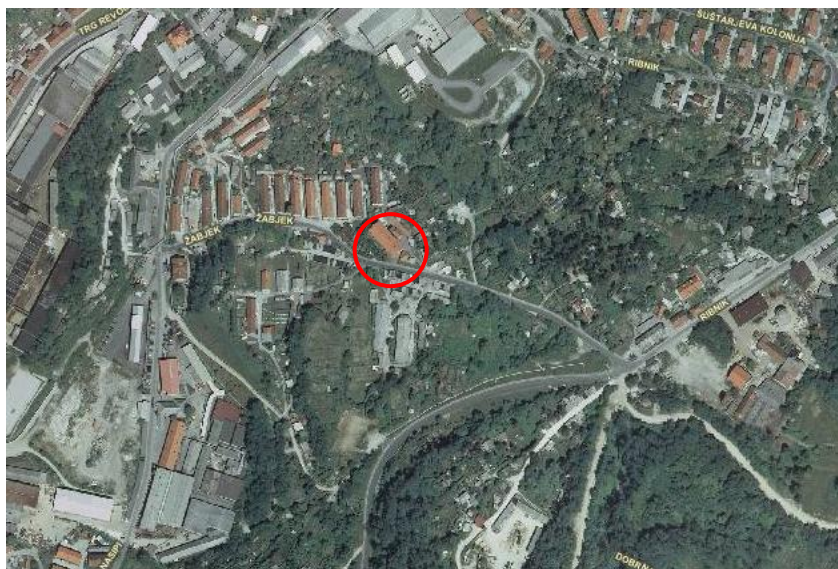
PODATKI O REPERJU

ŠTEVILKA REPERJA	R9		
Nadmorska višina	264.3843 m		
Vrsta nivelmana	mestni nivelman 1.reda	Način stabilizacije	horizontalna
Vertikalni datum/Višinski sistem	Trst/ortometrična višina	Oblika reperja	nizki reper
Oznaka TTN 5, DOF 5	G2412	Datum stabilizacije	6.5.2008
Koordinata Y, X	503 857, 111 807	Stabiliziral	GURS
Opis položaja reperja	stanovanjski blok na Trgu svobode 23		

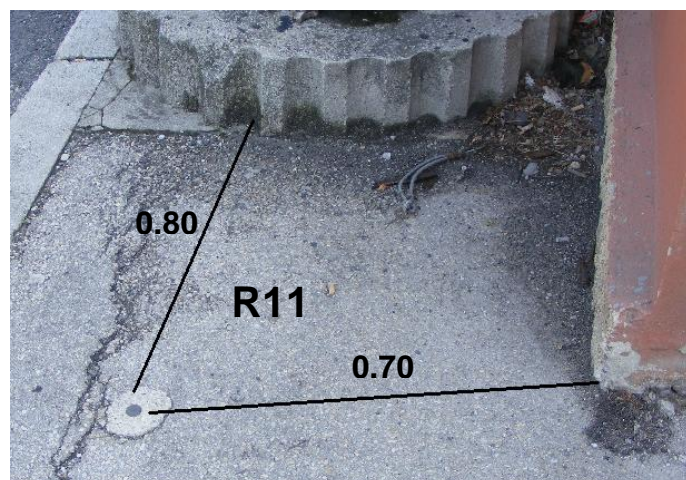
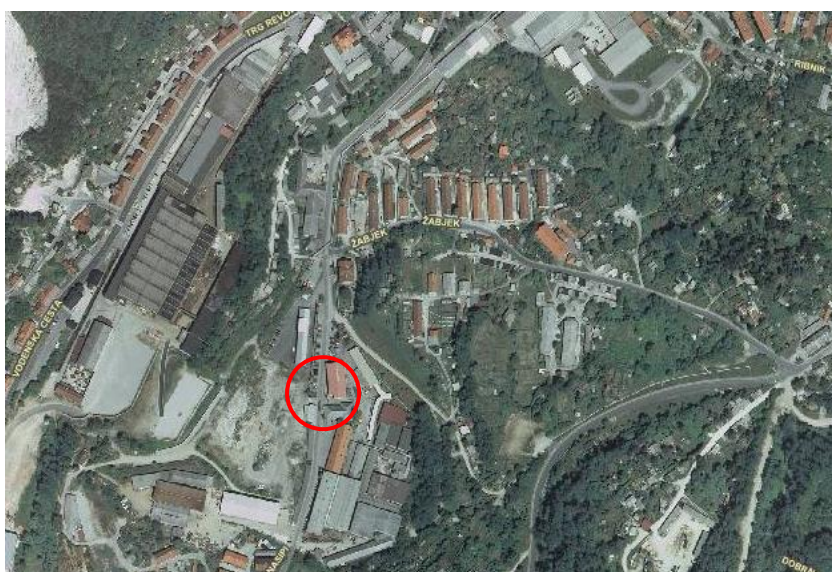


PODATKI O REPERJU

ŠTEVILKA REPERJA	R10		
Nadmorska višina	298.0049 m		
Vrsta nivelmana	mestni nivelman 1.reda	Način stabilizacije	horizontalna
Vertikalni datum/Višinski sistem	Trst/ortometrična višina	Oblika reperja	nizki reper
Oznaka TTN 5, DOF 5	G2412	Datum stabilizacije	25.7.1972
Koordinata Y, X	503 667, 111 055	Stabiliziral	
Opis položaja reperja	stanovanjski blok na naslovu Žabjek 29		

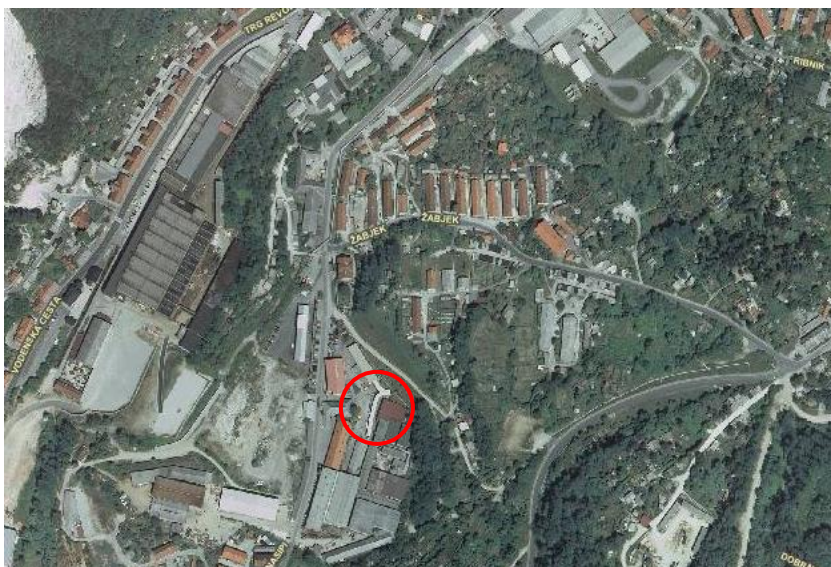


PODATKI O REPERJU			
ŠTEVILKA REPERJA	R11		
Nadmorska višina	268.6934 m		
Vrsta nivelmana	mestni nivelman 1.reda	Način stabilizacije	vertikalna
Vertikalni datum/Višinski sistem	Trst/ortometrična višina	Oblika reperja	talni reper
Oznaka TTN 5, DOF 5	G2412	Datum stabilizacije	ni podatka
Koordinata Y, X	503 431, 110 911	Stabiliziral	ni podatka
Opis položaja reperja	v pločniku pri stavbi RTH		

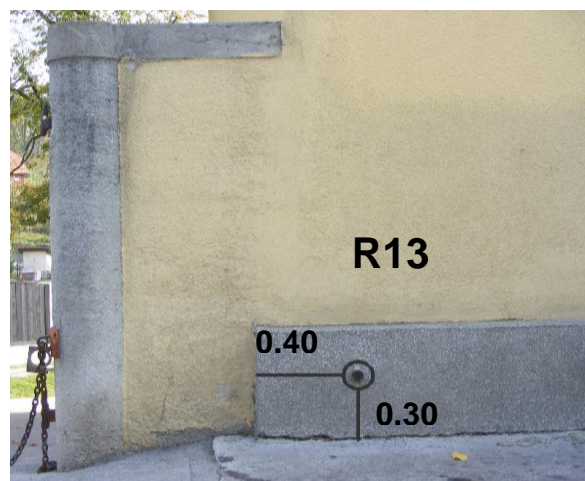


PODATKI O REPERJU

ŠTEVILKA REPERJA	R12		
Nadmorska višina	269.6502 m		
Vrsta nivelmana	mestni nivelman 1.reda	Način stabilizacije	horizontalna
Vertikalni datum/Višinski sistem	Trst/ortometrična višina	Oblika reperja	nizki reper
Oznaka TTN 5, DOF 5	G2412	Datum stabilizacije	25.7.1972
Koordinata Y, X	503 492, 110 914	Stabiliziral	
Opis položaja reperja	v stavbi nekdanje rudniške lamparne pred vhodom v rov		



PODATKI O REPERJU			
ŠTEVILKA REPERJA	R13		
Nadmorska višina	274.1783 m		
Vrsta nivelmana	mestni nivelman 1.reda	Način stabilizacije	horizontalna
Vertikalni datum/Višinski sistem	Trst/ortometrična višina	Oblika reperja	nizki reper
Oznaka TTN 5, DOF 5	G2412	Datum stabilizacije	8.5.1948
Koordinata Y, X	503 995, 112 063	Stabiliziral	geom.. Fabjan
Opis položaja reperja	Rudarska cesta 4, zgradba TVD Partizan		



PRILOGA I:

Nivelmanski obrazec št. 1

Datum: 13.5.2008

	d	l	d	l	Δh	$\Delta \Sigma d$
R7	30590	77881	30,59	0,77881		
1	30990	256779	30,99	2,56779	-1,78898	-0,40
1	21940	166070	21,94	1,66070		
2	18050	77897	18,05	0,77897	0,88173	3,89
2	14170	215763	14,17	2,15763		
3	12900	25395	12,90	0,25395	1,90368	1,27
3	7340	216172	7,34	2,16172		
4	9460	27913	9,46	0,27913	1,88259	-2,12
4	10690	241834	10,69	2,41834		
5	11000	14485	11,00	0,14485	2,27349	-0,31
5	8930	221218	8,93	2,21218		
6	8810	37647	8,81	0,37647	1,83571	0,12
6	7200	196538	7,20	1,96538		
7	8550	31166	8,55	0,31166	1,65372	-1,35
7	8030	212852	8,03	2,12852		
8	9460	30359	9,46	0,30359	1,82493	-1,43
8	7820	213041	7,82	2,13041		
9	8280	39602	8,28	0,39602	1,73439	-0,46
9	11110	211302	11,11	2,11302		
10	13140	48550	13,14	0,48550	1,62752	-2,03
10	19160	223401	19,16	2,23401		
11	16200	137181	16,20	1,37181	0,86220	2,96
11	34040	90994	34,04	0,90994		
12	32360	161227	32,36	1,61227	-0,70233	1,68
12	22350	118992	22,35	1,18992		
13	25780	152944	25,78	1,52944	-0,33952	-3,43
13	23790	108483	23,79	1,08483		
14	21180	150625	21,18	1,50625	-0,42142	2,61
14	9820	119538	9,82	1,19538		
15	7680	13979	7,68	0,13979	1,05559	2,14
15	4630	207467	4,63	2,07467		
16	6570	33564	6,57	0,33564	1,73903	-1,94
16	6510	216212	6,51	2,16212		
17	6820	12487	6,82	0,12487	2,03725	-0,31
17	7450	228015	7,45	2,28015		
18	8260	6954	8,26	0,06954	2,21061	-0,81
18	6580	190882	6,58	1,90882		
19	6960	51395	6,96	0,51395	1,39487	-0,38
19	7020	207131	7,02	2,07131		
20	7800	36187	7,80	0,36187	1,70944	-0,78
21	7450	229300	7,45	2,29300		
21	8110	19922	8,11	0,19922	2,09378	-0,66
21	11180	278828	11,18	2,78828		

se nadaljuje...

...nadaljevanje

22	11140	12931	11,14	0,12931	2,65897	0,04
22	19430	266525	19,43	2,66525		
23	19230	31174	19,23	0,31174	2,35351	0,20

23	14220	211224	14,22	2,11224		
24	13010	82880	13,01	0,82880	1,28344	1,21
24	12890	254682	12,89	2,54682		
25	9970	9828	9,97	0,09828	2,44854	2,92
25	6220	231829	6,22	2,31829		
26	6930	35273	6,93	0,35273	1,96556	-0,71
26	6420	228117	6,42	2,28117		
27	7020	52587	7,02	0,52587	1,75530	-0,60
27	6510	235191	6,51	2,35191		
28	6820	45005	6,82	0,45005	1,90186	-0,31
28	4110	184030	4,11	1,84030		
R10	4740	49603	4,74	0,49603	1,34427	-0,63
R7-R10			714,82		41,17973	0,38

	d	l	d	l	Δh	$\Delta \sum d$
R10	4760	50401	4,76	0,50401		
1	4070	184829	4,07	1,84829	-1,34428	0,69
1	9340	10677	9,34	0,10677		
2	10060	256127	10,06	2,56127	-2,45450	-0,72
2	18690	68479	18,69	0,68479		
3	17450	294194	17,45	2,94194	-2,25715	1,24
3	8510	47987	8,51	0,47987		
4	9130	207923	9,13	2,07923	-1,59936	-0,62
4	22540	24813	22,54	0,24813		
5	23810	137966	23,81	1,37966	-1,13153	-1,27
5	24950	140432	24,95	1,40432		
6	26810	108399	26,81	1,08399	0,32033	-1,86
6	36170	213686	36,17	2,13686		
7	34270	234709	34,27	2,34709	-0,21023	1,90
7	10380	29843	10,38	0,29843		
8	10270	258011	10,27	2,58011	-2,28168	0,11
8	8350	52526	8,35	0,52526		
9	8800	234154	8,80	2,34154	-1,81628	-0,45
9	7530	32140	7,53	0,32140		
10	6610	224561	6,61	2,24561	-1,92421	0,92
10	7070	46102	7,07	0,46102		
11	9110	259787	9,11	2,59787	-2,13685	-2,04
11	8360	35615	8,36	0,35615		
12	6500	228413	6,50	2,28413	-1,92798	1,86
12	7920	32387	7,92	0,32387		
13	7260	241471	7,26	2,41471	-2,09084	0,66

se nadaljuje...

...nadaljevanje

13	8710	6411	8,71	0,06411		
14	8740	277049	8,74	2,77049	-2,70638	-0,03
14	7890	21011	7,89	0,21011		
15	7970	233511	7,97	2,33511	-2,12500	-0,08
15	9060	45443	9,06	0,45443		
16	9010	252440	9,01	2,52440	-2,06997	0,05
16	13580	67114	13,58	0,67114		

17	16620	155405	16,62	1,55405	-0,88291	-3,04
17	32440	111507	32,44	1,11507		
R11	29690	178711	29,69	1,78711	-0,67204	2,75
R10-R11			492,43		- 29,31086	0,07

	d	l	d	l	Δh	$\Delta \Sigma d$
R11	29740	175520	29,74	1,75520		
1	32390	108287	32,39	1,08287	0,67233	-2,65
1	16550	154411	16,55	1,54411		
2	13460	69698	13,46	0,69698	0,84713	3,09
2	9230	247514	9,23	2,47514		
3	9680	39036	9,68	0,39036	2,08478	-0,45
3	7590	226386	7,59	2,26386		
4	7100	31556	7,10	0,31556	1,94830	0,49
4	7810	254760	7,81	2,54760		
5	7760	15039	7,76	0,15039	2,39721	0,05
5	7550	252728	7,55	2,52728		
6	7250	38163	7,25	0,38163	2,14565	0,30
6	7760	240744	7,76	2,40744		
7	8800	26004	8,80	0,26004	2,14740	-1,04
7	7430	238486	7,43	2,38486		
8	7590	41308	7,59	0,41308	1,97178	-0,16
8	8060	245114	8,06	2,45114		
9	8280	24072	8,28	0,24072	2,21042	-0,22
9	8100	232622	8,10	2,32622		
10	7800	64887	7,80	0,64887	1,67735	0,30
10	14140	289737	14,14	2,89737		
11	14170	22705	14,17	0,22705	2,67032	-0,03
11	30140	218757	30,14	2,18757		
12	29850	186881	29,85	1,86881	0,31876	0,29
12	32560	81002	32,56	0,81002		
13	28080	136288	28,08	1,36288	-0,55286	4,48
13	16870	127117	16,87	1,27117		
14	20350	49287	20,35	0,49287	0,77830	-3,48
14	8850	192427	8,85	1,92427		
15	10050	52888	10,05	0,52888	1,39539	-1,20
15	9230	241630	9,23	2,41630		

se nadaljuje...

...nadaljevanje

16	9500	37196	9,50	0,37196	2,04434	-0,27
16	13090	145811	13,09	1,45811		
17	15450	47230	15,45	0,47230	0,98581	-2,36
17	7920	256469	7,92	2,56469		
18	7270	38789	7,27	0,38789	2,17680	0,65
18	6520	215245	6,52	2,15245		
R110	4670	75962	4,67	0,75962	1,39283	1,85
R11-R10			498,64		29,31204	-0,36

	d	l	d	l	Δh	$\Delta \Sigma d$
--	---	---	---	---	------------	-------------------

R10	5530	75416	5,53	0,75416		
1	6300	214703	6,30	2,14703	-1,39287	-0,77
1	7820	32697	7,82	0,32697		
2	9930	270486	9,93	2,70486	-2,37789	-2,11
2	7090	41543	7,09	0,41543		
3	4160	200307	4,16	2,00307	-1,58764	2,93
3	6570	45947	6,57	0,45947		
4	7660	258593	7,66	2,58593	-2,12646	-1,09
4	7610	55147	7,61	0,55147		
5	7240	208685	7,24	2,08685	-1,53538	0,37
5	26160	8921	26,16	0,08921		
6	26490	288355	26,49	2,88355	-2,79434	-0,33
6	9450	99834	9,45	0,99834		
7	9140	224014	9,14	2,24014	-1,24180	0,31
7	7820	62434	7,82	0,62434		
8	7730	255993	7,73	2,55993	-1,93559	0,09
8	9670	25223	9,67	0,25223		
9	9530	275563	9,53	2,75563	-2,50340	0,14
9	8620	38143	8,62	0,38143		
10	9210	246239	9,21	2,46239	-2,08096	-0,59
10	8660	48087	8,66	0,48087		
11	8090	233498	8,09	2,33498	-1,85411	0,57
11	9700	7051	9,70	0,07051		
12	7210	252939	7,21	2,52939	-2,45888	2,49
12	7490	31475	7,49	0,31475		
13	7800	264096	7,80	2,64096	-2,32621	-0,31
13	7000	31912	7,00	0,31912		
14	12400	204871	12,40	2,04871	-1,72959	-5,40
14	28320	166038	28,32	1,66038		
15	26800	115225	26,80	1,15225	0,50813	1,52
15	20990	157490	20,99	1,57490		
16	19420	132914	19,42	1,32914	0,24576	1,57
16	26990	172521	26,99	1,72521		
17	26640	117787	26,64	1,17787	0,54734	0,35

se nadaljuje...

...nadaljevanje

17	15030	163529	15,03	1,63529		
18	17200	165785	17,20	1,65785	-0,02256	-2,17
18	11910	90745	11,91	0,90745		
19	9400	199556	9,40	1,99556	-1,08811	2,51
19	8420	105352	8,42	1,05352		
20	8770	230318	8,77	2,30318	-1,24966	-0,35
21	9160	46568	9,16	0,46568		
21	12690	281810	12,69	2,81810	-2,35242	-3,53
21	7870	68355	7,87	0,68355		
22	5730	216736	5,73	2,16736	-1,48381	2,14
22	7920	57868	7,92	0,57868		
23	7400	214028	7,40	2,14028	-1,56160	0,52
23	7560	64779	7,56	0,64779		
24	7330	218480	7,33	2,18480	-1,53701	0,23
24	7400	67412	7,40	0,67412		

25	6440	213723	6,44	2,13723	-1,46311	0,96
25	8080	59688	8,08	0,59688		
26	8350	241810	8,35	2,41810	-1,82122	-0,27
26	10350	24677	10,35	0,24677		
27	14800	271745	14,80	2,71745	-2,47068	-4,45
27	12570	74564	12,57	0,74564		
28	7270	138058	7,27	1,38058	-0,63494	5,30
28	17570	187742	17,57	1,87742		
29	17570	251443	17,57	2,51443	-0,63701	0,00
29	30160	238603	30,16	2,38603		
R7	30510	59809	30,51	0,59809	1,78794	-0,35
R10-R7			718,70		- 41,17808	0,28

Datum: 14.5.2008

	d	l	d	l	Δh	$\Delta \Sigma d$
R3	23310	138971	23,31	1,38971		
1	26010	145151	26,01	1,45151	-0,06180	-2,7
1	29370	26045	29,37	0,26045		
2	26630	170731	26,63	1,70731	-1,44686	2,74
2	30390	97314	30,39	0,97314		
3	30900	190747	30,90	1,90747	-0,93433	-0,51
3	22120	105506	22,12	1,05506		
4	24000	170131	24,00	1,70131	-0,64625	-1,88
4	22540	107859	22,54	1,07859		
5	29120	182667	29,12	1,82667	-0,74808	-6,58
5	21630	107574	21,63	1,07574		
6	14600	157556	14,60	1,57556	-0,49982	7,03
6	22180	126153	22,18	1,26153		
7	18340	151516	18,34	1,51516	-0,25363	3,84

se nadaljuje...

...nadaljevanje

7	14740	130124	14,74	1,30124		
8	15560	164412	15,56	1,64412	-0,34288	-0,82
8	30780	92125	30,78	0,92125		
R2	31530	153957	31,53	1,53957	-0,61832	-0,75
R3-R2			433,75		- 5,55197	0,37

	d	l	d	l	Δh	$\Delta \Sigma d$
R2	10090	93633	10,09	0,93633		
1	10850	165563	10,85	1,65563	-0,71930	-0,76
1	29860	57867	29,86	0,57867		
2	31010	208558	31,01	2,08558	-1,50691	-1,15
2	19990	123054	19,99	1,23054		
3	19310	147011	19,31	1,47011	-0,23957	0,68
3	21110	136529	21,11	1,36529		
4	21080	149463	21,08	1,49463	-0,12934	0,03
4	29910	126201	29,91	1,26201		
5	30040	166729	30,04	1,66729	-0,40528	-0,13
5	17810	112964	17,81	1,12964		

6	17840	175991	17,84	1,75991	-0,63027	-0,03
6	21770	93574	21,77	0,93574		
7	19820	169290	19,82	1,69290	-0,75716	1,95
7	14820	111813	14,82	1,11813		
8	15700	166081	15,70	1,66081	-0,54268	-0,88
8	21470	105023	21,47	1,05023		
9	20910	169830	20,91	1,69830	-0,64807	0,56
9	20880	99491	20,88	0,99491		
10	21110	173119	21,11	1,73119	-0,73628	-0,23
10	22360	106669	22,36	1,06669		
11	22000	149889	22,00	1,49889	-0,43220	0,36
11	21230	130164	21,23	1,30164		
12	21300	81965	21,30	0,81965	0,48199	-0,07
12	18910	140473	18,91	1,40473		
13	19250	73495	19,25	0,73495	0,66978	-0,34
13	19420	181211	19,42	1,81211		
14	20070	101068	20,07	1,01068	0,80143	-0,65
14	14810	162594	14,81	1,62594		
15	14740	133382	14,74	1,33382	0,29212	0,07
15	21110	135836	21,11	1,35836		
R1	20220	85087	20,22	0,85087	0,50749	0,89
R2-R1			650,80		- 3,99425	0,30

	d	l	d	l	Δh	$\Delta \Sigma d$
R1	20240	87315	20,24	0,87315		
1	21110	138053	21,11	1,38053	-0,50738	-0,87
1	15430	132920	15,43	1,32920		
2	14000	162334	14,00	1,62334	-0,29414	1,43
2	19750	102151	19,75	1,02151		
3	19820	182092	19,82	1,82092	-0,79941	-0,07
3	18770	77636	18,77	0,77636		
4	19460	144804	19,46	1,44804	-0,67168	-0,69
4	18560	88178	18,56	0,88178		
5	23810	135998	23,81	1,35998	-0,47820	-5,25
5	25730	155159	25,73	1,55159		
6	18620	111974	18,62	1,11974	0,43185	7,11
6	20420	169688	20,42	1,69688		
7	21590	96204	21,59	0,96204	0,73484	-1,17
7	20750	168081	20,75	1,68081		
8	21650	102869	21,65	1,02869	0,65212	-0,90
8	15850	165181	15,85	1,65181		
9	14690	111301	14,69	1,11301	0,53880	1,16
9	19710	166938	19,71	1,66938		
10	21880	90964	21,88	0,90964	0,75974	-2,17
10	18870	178417	18,87	1,78417		
11	16730	115517	16,73	1,15517	0,62900	2,14
11	29390	159340	29,39	1,59340		

12	30230	118991	30,23	1,18991	0,40349	-0,84
12	22110	147537	22,11	1,47537		
13	20020	134458	20,02	1,34458	0,13079	2,09
13	17430	142510	17,43	1,42510		
14	21870	118725	21,87	1,18725	0,23785	-4,44
14	32850	214423	32,85	2,14423		
15	30080	59231	30,08	0,59231	1,55192	2,77
15	9370	160226	9,37	1,60226		
R2	9650	92627	9,65	0,92627	0,67599	-0,28
R1-R2			650,44		3,99558	0,02

	d	l	d	l	Δh	$\Delta \Sigma d$
R2	9690	94392	9,69	0,94392		
1	9030	119895	9,03	1,19895	-0,25503	0,66
1	19430	184259	19,43	1,84259		
2	19670	111526	19,67	1,11526	0,72733	-0,24
2	21050	169357	21,05	1,69357		
3	21360	120016	21,36	1,20016	0,49341	-0,31
3	17490	153445	17,49	1,53445		
4	18510	128850	18,51	1,28850	0,24595	-1,02
4	28480	172965	28,48	1,72965		

se nadaljuje...

...nadaljevanje

5	27290	97058	27,29	0,97058	0,75907	1,19
5	27980	177778	27,98	1,77778		
6	28720	99934	28,72	0,99934	0,77844	-0,74
6	25490	176632	25,49	1,76632		
7	27480	101295	27,48	1,01295	0,75337	-1,99
7	28570	186288	28,57	1,86288		
8	25860	110039	25,86	1,10039	0,76249	2,71
8	16990	191472	16,99	1,91472		
9	18520	68235	18,52	0,68235	1,23237	-1,53
9	24870	133557	24,87	1,33557		
R3	23840	128011	23,84	1,28011	0,05546	1,03
R2-R3			440,32		5,55286	-0,24

Datum: 25.5.2008

	d	l	d	l	Δh	$\Delta \Sigma d$
R7	5900	107811	5,90	1,07811		
1	5920	133663	5,92	1,33663	-0,25852	-0,02
1	26170	202668	26,17	2,02668		
2	26540	80717	26,54	0,80717	1,21951	-0,37
2	27760	211584	27,76	2,11584		
3	27330	107920	27,33	1,07920	1,03664	0,43
3	27740	163465	27,74	1,63465		
4	27780	81290	27,78	0,81290	0,82175	-0,04
4	28520	273783	28,52	2,73783		
5	23270	23770	23,27	0,23770	2,50013	5,25
5	20300	229417	20,30	2,29417		

6	24460	39574	24,46	0,39574	1,89843	-4,16
6	21170	221822	21,17	2,21822		
7	21010	58222	21,01	0,58222	1,63600	0,16
7	26900	235407	26,90	2,35407		
8	25420	95158	25,42	0,95158	1,40249	1,48
8	22650	175659	22,65	1,75659		
9	25610	53441	25,61	0,53441	1,22218	-2,96
9	10990	182155	10,99	1,82155		
R8	11060	81729	11,06	0,81729	1,00426	-0,07
R7-R8			436,50		12,48287	-0,30

	d	l	d	l	Δh	$\Delta \Sigma d$
R8	22370	178032	22,37	1,78032		
1	22110	62313	22,11	0,62313	1,15719	0,26
1	29930	233403	29,93	2,33403		
2	30080	97880	30,08	0,97880	1,35523	-0,15
2	26420	138552	26,42	1,38552		

se nadaljuje...

...nadaljevanje

3	26830	150205	26,83	1,50205	-0,11653	-0,41
3	27290	131323	27,29	1,31323		
4	28750	124641	28,75	1,24641	0,06682	-1,46
4	25160	158214	25,16	1,58214		
5	21510	118082	21,51	1,18082	0,40132	3,65
5	25720	166283	25,72	1,66283		
6	28350	80570	28,35	0,80570	0,85713	-2,63
6	15000	177603	15,00	1,77603		
7	14760	113776	14,76	1,13776	0,63827	0,24
7	8910	155410	8,91	1,55410		
R13	8240	104369	8,24	1,04369	0,51041	0,67
R8-R13			361,43		4,86984	0,17

	d	l	d	l	Δh	$\Delta \Sigma d$
R13	8190	105732	8,19	1,05732		
1	8960	156741	8,96	1,56741	-0,51009	-0,77
1	15110	112796	15,11	1,12796		
2	14690	176620	14,69	1,76620	-0,63824	0,42
2	28750	83287	28,75	0,83287		
3	25320	168956	25,32	1,68956	-0,85669	3,43
3	23650	114038	23,65	1,14038		
4	22980	154159	22,98	1,54159	-0,40121	0,67
4	27560	130782	27,56	1,30782		
5	28500	137558	28,50	1,37558	-0,06776	-0,94
5	26010	151614	26,01	1,51614		
6	27260	139900	27,26	1,39900	0,11714	-1,25
6	29540	98311	29,54	0,98311		
7	30390	233847	30,39	2,33847	-1,35536	-0,85
7	22020	61259	22,02	0,61259		
R8	22500	176944	22,50	1,76944	-1,15685	-0,48

R13-R8			361,43		- 4,86906	0,23
---------------	--	--	---------------	--	------------------	-------------

	d	l	d	l	Δh	$\Delta \Sigma d$
R8	11140	78578	11,14	0,78578		
1	10950	179048	10,95	1,79048	-1,00470	0,19
1	25710	50925	25,71	0,50925		
2	23630	172876	23,63	1,72876	-1,21951	2,08
2	22960	107005	22,96	1,07005		
3	28220	243307	28,22	2,43307	-1,36302	-5,26
3	22810	44807	22,81	0,44807		
4	19390	212714	19,39	2,12714	-1,67907	3,42
4	24420	40950	24,42	0,40950		
5	20300	230460	20,30	2,30460	-1,89510	4,12

se nadaljuje...

...nadaljevanje

5	23450	23486	23,45	0,23486		
6	28310	273697	28,31	2,73697	-2,50211	-4,86
6	27770	80990	27,77	0,80990		
7	27740	163196	27,74	1,63196	-0,82206	0,03
7	27490	107891	27,49	1,07891		
8	27670	211822	27,67	2,11822	-1,03931	-0,18
8	26670	81259	26,67	0,81259		
9	26020	203017	26,02	2,03017	-1,21758	0,65
9	5830	133765	5,83	1,33765		
R7	5970	107795	5,97	1,07795	0,25970	-0,14
R8-R7			436,45		- 12,48276	0,05

	d	l	d	l	Δh	$\Delta \Sigma d$
R7	5950	110276	5,95	1,10276		
1	5840	136266	5,84	1,36266	-0,25990	0,11
1	26170	203445	26,17	2,03445		
2	26510	81241	26,51	0,81241	1,22204	-0,34
2	27700	210875	27,70	2,10875		
3	27420	107309	27,42	1,07309	1,03566	0,28
3	31040	164079	31,04	1,64079		
4	30710	121066	30,71	1,21066	0,43013	0,33
4	27820	161120	27,82	1,61120		
5	26640	127799	26,64	1,27799	0,33321	1,18
5	26680	166293	26,68	1,66293		
6	29730	92743	29,73	0,92743	0,73550	-3,05
6	26170	182607	26,17	1,82607		
7	25490	98484	25,49	0,98484	0,84123	0,68
7	26340	193255	26,34	1,93255		
8	27380	80761	27,38	0,80761	1,12494	-1,04
8	25960	200770	25,96	2,00770		
9	24200	84485	24,20	0,84485	1,16285	1,76
9	12170	159012	12,17	1,59012		
R9	12150	65649	12,15	0,65649	0,93363	0,02
R7-R9			472,07		7,55929	-0,07

	d	l	d	l	Δh	$\Delta \Sigma d$
R9	11920	132161	11,92	1,32161		
1	12130	132033	12,13	1,32033	0,00128	-0,21
1	20560	218071	20,56	2,18071		
2	20220	68868	20,22	0,68868	1,49203	0,34
2	11700	186898	11,70	1,86898		
3	12050	54630	12,05	0,54630	1,32268	-0,35
3	9800	223393	9,80	2,23393		

se nadaljuje...

...nadaljevanje

4	10320	47689	10,32	0,47689	1,75704	-0,52
4	17880	290439	17,88	2,90439		
5	19560	75995	19,56	0,75995	2,14444	-1,68
5	11770	106214	11,77	1,06214		
6	9240	169844	9,24	1,69844	-0,63630	2,53
6	22500	61942	22,50	0,61942		
R8	22030	177589	22,03	1,77589	-1,15647	0,47
R9-R8			211,68		4,92470	0,58

	d	l	d	l	Δh	$\Delta \Sigma d$
R8	22020	179135	22,02	1,79135		
1	22520	63484	22,52	0,63484	1,15651	-0,50
1	9440	170946	9,44	1,70946		
2	11550	107279	11,55	1,07279	0,63667	-2,11
2	20380	67151	20,38	0,67151		
3	16800	281615	16,80	2,81615	-2,14464	3,58
3	10470	46017	10,47	0,46017		
4	9660	221757	9,66	2,21757	-1,75740	0,81
4	11190	60885	11,19	0,60885		
5	12550	193096	12,55	1,93096	-1,32211	-1,36
5	20210	67709	20,21	0,67709		
6	20560	216899	20,56	2,16899	-1,49190	-0,35
6	12150	126375	12,15	1,26375		
R9	11910	126533	11,91	1,26533	-0,00158	0,24
R8-R9			211,41		- 4,92445	0,31

	d	l	d	l	Δh	$\Delta \Sigma d$
R9	12570	64819	12,57	0,64819		
1	11840	158200	11,84	1,58200	-0,93381	0,73
1	24040	83319	24,04	0,83319		
2	26130	199596	26,13	1,99596	-1,16277	-2,09
2	28080	75722	28,08	0,75722		
3	25610	188135	25,61	1,88135	-1,12413	2,47
3	25580	96198	25,58	0,96198		
4	26090	180301	26,09	1,80301	-0,84103	-0,51
4	29560	93115	29,56	0,93115		
5	26850	166639	26,85	1,66639	-0,73524	2,71

5	24060	126312	24,06	1,26312		
6	30420	161987	30,42	1,61987	-0,35675	-6,36
6	32060	119812	32,06	1,19812		
7	29750	160531	29,75	1,60531	-0,40719	2,31
7	27410	110511	27,41	1,10511		
8	27750	214301	27,75	2,14301	-1,03790	-0,34

se nadaljuje...

...nadaljevanje

8	26790	81317	26,79	0,81317		
9	25870	203141	25,87	2,03141	-1,21824	0,92
9	5760	137179	5,76	1,37179		
R7	6000	111277	6,00	1,11277	0,25902	-0,24
R9-R7			472,22		- 7,55804	-0,40

	d	l	d	l	Δh	$\Delta \Sigma d$
R1	10890	52842	10,89	0,52842		
1	9430	146228	9,43	1,46228	-0,93386	1,46
1	14660	135791	14,66	1,35791		
2	13830	154791	13,83	1,54791	-0,19000	0,83
2	18900	121369	18,90	1,21369		
3	22630	184215	22,63	1,84215	-0,62846	-3,73
3	15730	96724	15,73	0,96724		
4	14380	193726	14,38	1,93726	-0,97002	1,35
4	16090	85351	16,09	0,85351		
5	15920	180797	15,92	1,80797	-0,95446	0,17
5	15610	91533	15,61	0,91533		
HE42	15740	136983	15,74	1,36983	-0,45450	-0,13
R1-HE42			183,81		- 4,13130	-0,05

	d	l	d	l	Δh	$\Delta \Sigma d$
HE42	15710	137726	15,71	1,37726		
1	15590	92285	15,59	0,92285	0,45441	0,12
1	16110	184995	16,11	1,84995		
2	15890	89770	15,89	0,89770	0,95225	0,22
2	14220	191101	14,22	1,91101		
3	15880	93898	15,88	0,93898	0,97203	-1,66
3	22580	183053	22,58	1,83053		
4	18960	120315	18,96	1,20315	0,62738	3,62
4	13410	153043	13,41	1,53043		
5	15060	133612	15,06	1,33612	0,19431	-1,65
5	9730	146082	9,73	1,46082		
R1	10680	52945	10,68	0,52945	0,93137	-0,95
HE42-R1			183,82		4,13175	-0,30

Datum: 29.5.2008

	d	l	d	l	Δh	$\Delta \Sigma d$
R4	25920	73259	25,92	0,73259		
1	26510	183001	26,51	1,83001	-1,09742	-0,59

1	28130	105784	28,13	1,05784		
2	28820	167231	28,82	1,67231	-0,61447	-0,69

se nadaljuje...

...nadaljevanje

2	27830	118647	27,83	1,18647		
3	26050	167996	26,05	1,67996	-0,49349	1,78
3	27730	115437	27,73	1,15437		
4	30440	178538	30,44	1,78538	-0,63101	-2,71
4	27210	103087	27,21	1,03087		
5	25280	149686	25,28	1,49686	-0,46599	1,93
5	15660	147053	15,66	1,47053		
6	15480	134820	15,48	1,34820	0,12233	0,18
6	22830	92574	22,83	0,92574		
R3	23100	140926	23,10	1,40926	-0,48352	-0,27
R4-R3			350,99		- 3,66357	-0,37

	d	l	d	l	Δh	$\Delta \Sigma d$
R3	23130	141620	23,13	1,41620		
1	22900	93261	22,90	0,93261	0,48359	0,23
1	15430	137467	15,43	1,37467		
2	15710	149715	15,71	1,49715	-0,12248	-0,28
2	25390	150149	25,39	1,50149		
3	27230	103196	27,23	1,03196	0,46953	-1,84
3	30190	176260	30,19	1,76260		
4	27760	113487	27,76	1,13487	0,62773	2,43
4	26160	168581	26,16	1,68581		
5	27760	119260	27,76	1,19260	0,49321	-1,60
5	28850	169590	28,85	1,69590		
6	28100	108149	28,10	1,08149	0,61441	0,75
6	26310	182129	26,31	1,82129		
R4	26130	72367	26,13	0,72367	1,09762	0,18
R3-R4			351,05		3,66361	-0,13

Datum: 6.6.2008

	d	l	d	l	Δh	$\Delta \Sigma d$
R6	22520	71013	22,52	0,71013		
1	22830	155184	22,83	1,55184	-0,84171	-0,31
1	28050	137942	28,05	1,37942		
2	29940	159609	29,94	1,59609	-0,21667	-1,89
2	29640	143280	29,64	1,43280		
3	27440	151421	27,44	1,51421	-0,08141	2,20
3	29190	109373	29,19	1,09373		
4	28930	199886	28,93	1,99886	-0,90513	0,26
4	28200	69398	28,20	0,69398		
5	28100	209477	28,10	2,09477	-1,40079	0,10
5	28690	47387	28,69	0,47387		
6	29680	186910	29,68	1,86910	-1,39523	-0,99

se nadaljuje...

...nadaljevanje

6	27150	99355	27,15	0,99355		
7	27150	170168	27,15	1,70168	-0,70813	0,00
7	25710	104234	25,71	1,04234		
R5	25310	127014	25,31	1,27014	-0,22780	0,40
R6-R5			438,53		- 5,77687	-0,23

	d	l	d	l	Δh	$\Delta \Sigma d$
R5	29040	46955	29,04	0,46955		
1	28950	186658	28,95	1,86658	-1,39703	0,09
1	28490	90452	28,49	0,90452		
2	30090	163933	30,09	1,63933	-0,73481	-1,60
2	27840	104197	27,84	1,04197		
3	27060	191046	27,06	1,91046	-0,86849	0,78
3	28300	74614	28,30	0,74614		
4	28640	207499	28,64	2,07499	-1,32885	-0,34
4	28310	67152	28,31	0,67152		
5	26940	221564	26,94	2,21564	-1,54412	1,37
5	16280	92329	16,28	0,92329		
6	16630	189490	16,63	1,89490	-0,97161	-0,35
6	28770	69963	28,77	0,69963		
R4	28150	190825	28,15	1,90825	-1,20862	0,62
R5-R4			373,49		- 8,05353	0,57

	d	l	d	l	Δh	$\Delta \Sigma d$
R4	28280	189637	28,28	1,89637		
1	28660	68777	28,66	0,68777	1,20860	-0,38
1	16650	191834	16,65	1,91834		
2	16280	94613	16,28	0,94613	0,97221	0,37
2	26980	219217	26,98	2,19217		
3	28250	64873	28,25	0,64873	1,54344	-1,27
3	28590	205704	28,59	2,05704		
4	28410	72759	28,41	0,72759	1,32945	0,18
4	27110	192044	27,11	1,92044		
5	27780	105213	27,78	1,05213	0,86831	-0,67
5	30070	166508	30,07	1,66508		
6	28510	93092	28,51	0,93092	0,73416	1,56
6	28810	184390	28,81	1,84390		
R5	29190	44624	29,19	0,44624	1,39766	-0,38
R4-R5			373,57		8,05383	-0,59

	d	l	d	l	Δh	$\Delta \Sigma d$
R5	25020	127063	25,02	1,27063		
1	25930	104327	25,93	1,04327	0,22736	-0,91
1	27280	172936	27,28	1,72936		
2	27010	102163	27,01	1,02163	0,70773	0,27

2	29890	188766	29,89	1,88766		
3	28480	49127	28,48	0,49127	1,39639	1,41
3	28220	207097	28,22	2,07097		
4	28120	67034	28,12	0,67034	1,40063	0,10
4	28970	199352	28,97	1,99352		
5	29150	108752	29,15	1,08752	0,90600	-0,18
5	27560	152819	27,56	1,52819		
6	29570	144717	29,57	1,44717	0,08102	-2,01
6	30120	164204	30,12	1,64204		
7	27860	143569	27,86	1,43569	0,20635	2,26
7	22080	156243	22,08	1,56243		
R6	23390	71036	23,39	0,71036	0,85207	-1,31
R5-R6			438,65		5,77755	-0,37

Datum: 8.6.2008

	d	l	d	l	Δh	$\Delta \Sigma d$
R7	20210	67730	20,21	0,67730		
1	21170	179733	21,17	1,79733	-1,12003	-0,96
1	29520	81247	29,52	0,81247		
2	30450	202242	30,45	2,02242	-1,20995	-0,93
2	23300	86083	23,30	0,86083		
3	22270	173520	22,27	1,73520	-0,87437	1,03
3	27160	111836	27,16	1,11836		
4	26690	171965	26,69	1,71965	-0,60129	0,47
4	27130	106464	27,13	1,06464		
5	29750	195671	29,75	1,95671	-0,89207	-2,62
5	27710	89779	27,71	0,89779		
6	25380	184084	25,38	1,84084	-0,94305	2,33
6	30100	110613	30,10	1,10613		
7	30500	153209	30,50	1,53209	-0,42596	-0,40
7	29770	121031	29,77	1,21031		
8	29100	160234	29,10	1,60234	-0,39203	0,67
8	20460	131672	20,46	1,31672		
9	20010	166094	20,01	1,66094	-0,34422	0,45
9	11950	128979	11,95	1,28979		
R6	11570	113087	11,57	1,13087	0,15892	0,38
R7-R6			494,20		- 6,64405	0,42

	d	l	d	l	Δh	$\Delta \Sigma d$
R6	17830	77071	17,83	0,77071		
1	16030	277619	16,03	2,77619	-2,00548	1,80
1	27670	87120	27,67	0,87120		
2	29680	186856	29,68	1,86856	-0,99736	-2,01
2	10300	165881	10,30	1,65881		
3	10940	48360	10,94	0,48360	1,17521	-0,64
3	18530	274988	18,53	2,74988		
4	17900	62911	17,90	0,62911	2,12077	0,63

4	10910	156767	10,91	1,56767		
5	11660	52252	11,66	0,52252	1,04515	-0,75
5	5360	228776	5,36	2,28776		
6	4830	73536	4,83	0,73536	1,55240	0,53
6	5930	219502	5,93	2,19502		
7	5970	74211	5,97	0,74211	1,45291	-0,04
7	6670	213937	6,67	2,13937		
8	6960	64952	6,96	0,64952	1,48985	-0,29
8	6460	211398	6,46	2,11398		
9	5650	77452	5,65	0,77452	1,33946	0,81
9	9450	257736	9,45	2,57736		
10	9550	29486	9,55	0,29486	2,28250	-0,10
10	14930	157870	14,93	1,57870		
11	15190	147260	15,19	1,47260	0,10610	-0,26
11	5170	266513	5,17	2,66513		
12	5060	37148	5,06	0,37148	2,29365	0,11
12	4640	242729	4,64	2,42729		
13	4020	51954	4,02	0,51954	1,90775	0,62
13	3630	264419	3,63	2,64419		
14	3080	27063	3,08	0,27063	2,37356	0,55
14	7220	237378	7,22	2,37378		
15	8180	95948	8,18	0,95948	1,41430	-0,96
15	21680	244616	21,68	2,44616		
16	21660	141454	21,66	1,41454	1,03162	0,02
16	23760	135117	23,76	1,35117		
R11	23330	142124	23,33	1,42124	-0,07007	0,43
R6-R11			399,83		18,51232	0,45

	d	l	d	l	Δh	$\Delta \Sigma d$
R11	20130	162466	20,13	1,62466		
1	20280	133648	20,28	1,33648	0,28818	-0,15
1	10220	140332	10,22	1,40332		
R12	10200	73464	10,20	0,73464	0,66868	0,02
R11-R12			60,83		0,95686	-0,13

	d	l	d	l	Δh	$\Delta \Sigma d$
R12	10170	75271	10,17	0,75271		
1	10240	142147	10,24	1,42147	-0,66876	-0,07
1	20130	133577	20,13	1,33577		
R11	20210	162376	20,21	1,62376	-0,28799	-0,08
R12-R11			60,75		-0,95675	-0,15

	d	l	d	l	Δh	$\Delta \Sigma d$
R11	23540	142570	23,54	1,42570		
1	23600	135771	23,60	1,35771	0,06799	-0,06
1	21620	143564	21,62	1,43564		
2	21810	246325	21,81	2,46325	-1,02761	-0,19
2	8340	88253	8,34	0,88253		

3	7040	229827	7,04	2,29827	-1,41574	1,30
3	3370	20267	3,37	0,20267		
4	3360	257988	3,36	2,57988	-2,37721	0,01
4	3750	58768	3,75	0,58768		
5	4940	249899	4,94	2,49899	-1,91131	-1,19
5	5020	36323	5,02	0,36323		
6	5150	265507	5,15	2,65507	-2,29184	-0,13
6	15070	141433	15,07	1,41433		
7	15030	151675	15,03	1,51675	-0,10242	0,04
7	9710	23597	9,71	0,23597		
8	9450	251661	9,45	2,51661	-2,28064	0,26
8	5640	74393	5,64	0,74393		
9	6470	208435	6,47	2,08435	-1,34042	-0,83
9	6990	58043	6,99	0,58043		
10	6630	206916	6,63	2,06916	-1,48873	0,36
10	5910	65725	5,91	0,65725		
11	6000	210992	6,00	2,10992	-1,45267	-0,09
11	4960	65286	4,96	0,65286		
12	5220	220544	5,22	2,20544	-1,55258	-0,26
12	11520	48299	11,52	0,48299		
13	10940	152844	10,94	1,52844	-1,04545	0,58
13	18050	73370	18,05	0,73370		
14	18340	285456	18,34	2,85456	-2,12086	-0,29
14	10880	50999	10,88	0,50999		
15	10370	168418	10,37	1,68418	-1,17419	0,51
15	29760	181687	29,76	1,81687		
16	27550	82060	27,55	0,82060	0,99627	2,21
16	15790	287948	15,79	2,87948		
R6	18050	87365	18,05	0,87365	2,00583	-2,26
R11-R6			399,87		- 18,51158	-0,03

	d	l	d	l	Δh	$\Delta \Sigma d$
R6	11560	108646	11,56	1,08646		
1	11930	124505	11,93	1,24505	-0,15859	-0,37
1	20230	160746	20,23	1,60746		
2	20250	126348	20,25	1,26348	0,34398	-0,02
2	29350	155273	29,35	1,55273		
3	29540	116090	29,54	1,16090	0,39183	-0,19
3	30590	146230	30,59	1,46230		
4	30010	103599	30,01	1,03599	0,42631	0,58
4	25530	178064	25,53	1,78064		
5	27560	83759	27,56	0,83759	0,94305	-2,03
5	29870	188650	29,87	1,88650		
6	26970	99442	26,97	0,99442	0,89208	2,90
6	26830	169144	26,83	1,69144		
7	27020	109025	27,02	1,09025	0,60119	-0,19
7	22440	170306	22,44	1,70306		
8	23140	82885	23,14	0,82885	0,87421	-0,70
8	30540	199164	30,54	1,99164		
9	29460	78100	29,46	0,78100	1,21064	1,08

9	19910	183520	19,91	1,83520		
R7	21440	71543	21,44	0,71543	1,11977	-1,53
R6-R7			494,17		6,64447	-0,47

PRILOGA J:

Nivelmanski obrazec št. 2

Mestna nivelmanska mreža 1. reda

Trbovlje 2008

Podatki o nivelmanskih letah:

štev.	mD (ppm)	peta	mm
26911	0,20	-0,016	mm
26917	0,30	0,060	mm

Razlika pet let

11-17	-0,066	mm
17-11	0,066	mm

		višinska razlika iz niveliranja "naprej"			višinska razlika iz niveliranja "nazaj"			temperatura "naprej" sredina				temperatura "nazaj" sredina				meter late "naprej"		meter late "nazaj"		popravljalna vs. raztja	
OD	DO	Štev. late	h'nap	S	Štev. late	h'naz	S														
poligon 1																					
HE42	R1	17-17	4,1318	183,8	17-17	-4,1313	183,8	27,0	25,3	26,2	26,8	27,0	26,9	1,000003940	1,000004390	4,1318	-4,1				
R1	R2	11-11	3,9956	650,4	11-11	-3,9943	650,8	24,7	22,3	23,5	13,7	24,7	19,2	1,000002350	0,999999770	3,9956	-3,9				
R2	R3	11-11	5,5529	440,3	17-11	-5,5520	433,8	22,3	25,1	23,7	12,7	13,7	13,2	1,000002470	0,999996170	5,5529	-5,5				
R3	R4	11-17	3,6636	351,1	17-11	-3,6636	351,0	26,6	26,9	26,8	26,9	26,6	26,8	1,000004300	1,000004300	3,6636	-3,6				
R4	R5	11-17	8,0538	373,6	17-11	-8,0535	373,5	20,2	19,8	20,0	21,4	20,2	20,8	1,000000250	1,000000730	8,0538	-8,0				
R5	R6	17-17	5,7776	438,7	17-17	-5,7769	438,5	19,8	20,4	20,1	22,9	21,4	22,2	1,000000310	1,000001540	5,7776	-5,7				
zanka 1																					
R7	R10	17-11	41,1797	714,8	17-17	-41,1781	718,7	22,8	30,5	26,7	26,0	28,2	27,1	1,000004240	1,000004510	41,1799	-41,1				
R10	R11	11-11	-29,3109	492,4	11-17	29,3120	498,6	30,5	23,0	26,8	23,0	26,0	24,5	1,000004300	1,000002950	-29,3110	29,3				
R11	R6	11-17	-18,5116	399,5	17-11	18,5123	399,8	21,9	22,9	22,4	21,2	21,9	21,6	1,000001690	1,000001180	-18,5116	18,5				
R6	R7	17-17	6,6445	494,2	17-17	-6,6441	494,2	21,2	22,9	22,1	19,1	21,2	20,2	1,000001480	1,000000340	6,6445	-6,6				
zanka 2																					
R11	R12	11-11	0,9569	60,8	11-11	-0,9568	60,8	21,9	21,3	21,6	21,3	21,9	21,6	1,000001210	1,000001210	0,9569	-0,9				
R7	R8	11-11	12,4829	436,5	11-11	-12,4828	436,5	19,6	26,8	23,2	24,4	23,7	24,1	1,000002170	1,000002680	12,4829	-12,4				
R8	R9	17-11	-4,9245	211,4	11-17	4,9247	211,7	26,3	28,8	27,6	27,0	28,8	27,9	1,000004780	1,000004990	-4,9245	4,9				
R9	R7	11-11	-7,5580	472,2	11-11	7,5593	472,1	28,8	28,7	28,8	23,7	27,0	25,4	1,000005500	1,000003460	-7,5580	7,5				
R8	R13	11-11	4,8698	361,4	11-11	-4,8691	361,4	26,8	21,7	24,3	21,7	24,4	23,1	1,000002800	1,000002080	4,8698	-4,8				

PRILOGA K:

Poročilo o kalibraciji nivelmanskih lat

POROČILO O KALIBRACIJI

Merilo: komparator MSGL001, FGG KG

ločljivost 0.001 mm
 nazivna točnost 0.003 mm

certifikat št. **A121/02**

SŽ Kalibracijski laboratorij Ravne
 do 09.04.2002

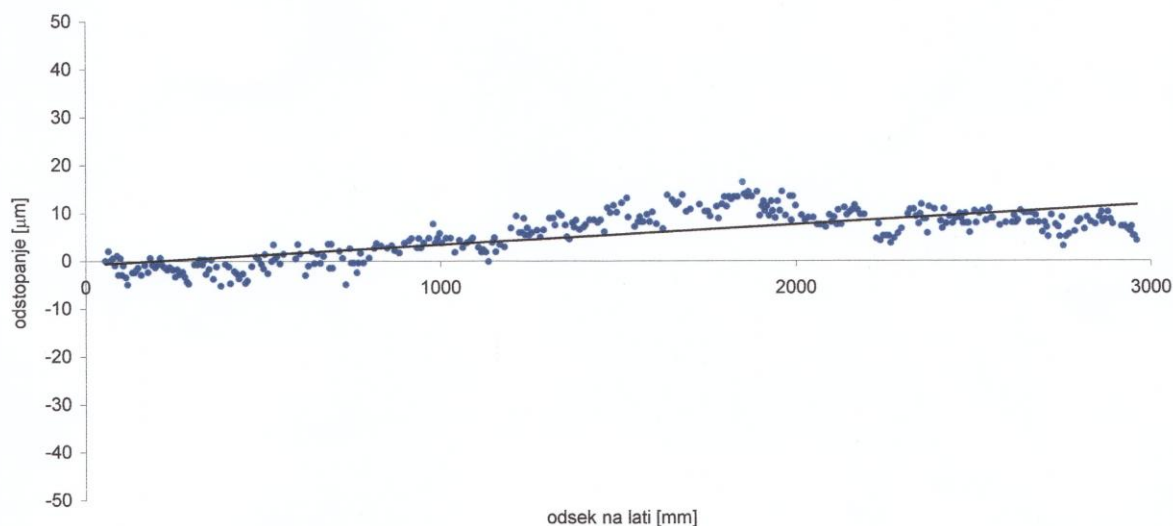
Kalibracija številka: **118-2/2003**

Invar lata (tip, št.): **LEICA GPCL3 26911**
 Št. merjenih črt razdelbe: 339

Datum kalibracije: **09.12.2003**
 Naročilo: **GURS**

DOLOČITEV MERILA RAZDELBE

horizontalni položaj late



Popravek razdelbe late $m_0 = 4.24 \pm 0.20 \text{ ppm}$ $T_0 = 20 \text{ °C}$

Popravek pete late $l_0 = -0.016 \pm 0.005 \text{ mm}$

Popravek odčitka na lati

$$L = l_0 + L' \left[1 + (m_0 + \alpha (T - T_0)) \cdot 10^{-6} \right]$$

L' odčitek na lati [m]

α linearni razteznostni koeficient razdelbe [ppm/°C]

T temperatura late [°C]

Operater

Louisa Bajceta

Ljubljana, 09.12.2003

Pregledal

[Signature]

Predstojnik Katedre za geodezijo

[Signature]



UNIVERZA V LJUBLJANI FGG - Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo

Oddelek za geodezijo, Katedra za geodezijo

Jamova 2, 1000 LJUBLJANA, tel: (01) 4768 500 fax: (01) 4250 704, E-mail: DKOGOJ@FGG.UNI-LJ.SI

POROČILO O KALIBRACIJI

Merilo: komparator MSGL001, FGG KG

ločljivost 0.001 mm
 nazivna točnost 0.003 mm

certifikat št. **A121/0**

SŽ Kalibracijski laboratorij Ravn
 do 09.04.200

Kalibracija številka: **117-2/2003**

Invar lata (tip, št.): **LEICA GPCL3 26917**

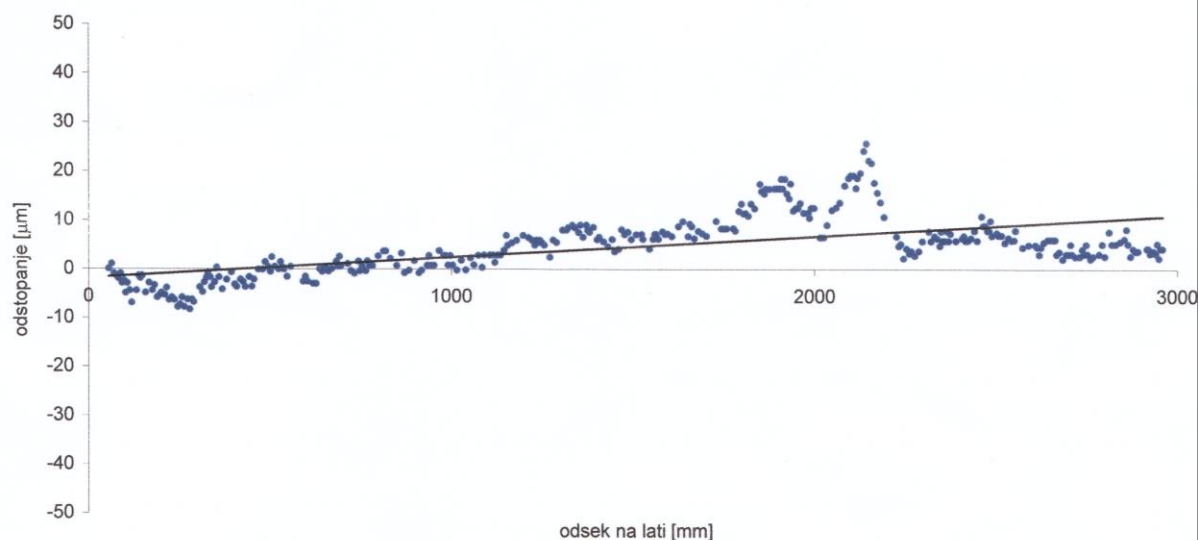
Datum kalibracije: **09.12.2003**

Št. merjenih črt razdelbe: 339

Naročilo: **GURS**

DOLOČITEV MERILA RAZDELBE

horizontalni položaj late



Popravek razdelbe late $m_0 = 4.24 \pm 0.30 \text{ ppm}$ $T_0 = 20 \text{ °C}$

Popravek pете late $l_0 = 0.050 \pm 0.004 \text{ mm}$

Popravek odčitka na lati

$$L = l_0 + L' \left[1 + (m_0 + \alpha (T - T_0)) \cdot 10^{-6} \right]$$

L' odčitek na lati [m]

α linearni razteznostni koeficient razdelbe [ppm/°C]

T temperatura late [°C]

Operater

Jozija Begovšek

Ljubljana, 09.12.2003

Pregledal

[Signature]

Predstojnik Katedre za geodezijo



UNIVERZA V LJUBLJANI FGG - Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo

Oddelek za geodezijo, Katedra za geodezijo

Jamova 2, 1000 LJUBLJANA, tel: (01) 4768 500 fax: (01) 4250 704, E-mail: DKOGOJ@FGG.UNI-LJ.SI

PRILOGA L:

Izračun ocene natančnosti višinskih razlik pred izravnavo

- ocena natančnosti na osnovi razlik dvojnih merjenj nivelmanske linije

linija		višinska razlika		odstopanje	dolžina		
od	do	tja	nazaj	δ	d	$\delta \cdot \delta$	$\delta \cdot \delta / d$
HE42	R1	4,1318	-4,1313	0,50	0,184	0,2481	1,3501
R1	R2	3,9956	-3,9943	1,31	0,651	1,7169	2,6390
R2	R3	5,5529	-5,5520	0,93	0,437	0,8742	2,0002
R3	R4	3,6636	-3,6636	0,00	0,351	0,0000	0,0000
R4	R5	8,0538	-8,0535	0,30	0,374	0,0877	0,2348
R5	R6	5,7776	-5,7769	0,69	0,439	0,4801	1,0946
R7	R10	41,1799	-41,1783	1,59	0,717	2,5246	3,5222
R10	R11	-29,3110	29,3121	1,06	0,496	1,1245	2,2695
R11	R6	-18,5116	18,5123	0,69	0,400	0,4769	1,1932
R6	R7	6,6445	-6,6441	0,41	0,494	0,1661	0,3361
R11	R12	0,9569	-0,9568	0,10	0,061	0,0100	0,1645
R7	R8	12,4829	-12,4828	0,09	0,437	0,0088	0,0201
R8	R9	-4,9245	4,9247	0,20	0,212	0,0404	0,1910
R9	R7	-7,5580	7,5593	1,28	0,472	1,6502	3,4950
R8	R13	4,8698	-4,8691	0,70	0,361	0,4949	1,3695

Σ 19,8798

δL 0,58

- ocena natančnosti na osnovi razlik dvojnih merjenj nivelmanskega poligona

poligon	višinska razlika		odstopanje	dolžina		
	tja	nazaj	γ	d	$\gamma \cdot \gamma$	$\gamma \cdot \gamma / d$
poligon 1 HE42 do R6	31,1754	-31,1716	3,73	2,435	13,9313	5,7213
poligon 2 R7-R10-R11R-6	-6,6428	6,6461	3,34	1,612	11,1548	6,9199
poligon 3 R7-R9-R8	-12,4826	12,4841	1,49	0,684	2,2071	3,2267

Σ 15,8679

δP 1,15

- ocena natančnosti iz odstopanj pri zapiranjih nivelmanskih zank

zanka	odstopanje	dolžina		
	f	d	f-f	f-f/d
zanka 1 R7-R10-R11-R6-R7	-0,15	2,106	0,0225	0,0107
zanka 2 R7-R8-R9-R7	-0,43	1,120	0,1849	0,1651

Σ 0,1758

δZ 0,21

PRILOGA M:

Izhodna datoteka programa VIM s podatki o izravnavi

Izravnava VIŠINSKE geodetske Mreže
Program: VIM, ver.4.0, dec. 02
Copyright (C) Tomaž Ambrožič & Goran Turk

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

Datum: 14. 7.2008
Čas: 11:38:56

NADMORSKE VIŠINE REPERJEV

Reper	Nadm.viš.	Opomba
HE42	219.0079	Dani reper
R1	223.1400	Novi reper
R2	227.1350	Novi reper
R3	232.6870	Novi reper
R4	236.3510	Novi reper
R5	244.4050	Novi reper
R6	250.1820	Novi reper
R7	256.8260	Novi reper
R8	269.3090	Novi reper
R9	264.3840	Novi reper
R10	298.0050	Novi reper
R11	268.6930	Novi reper
R12	269.6500	Novi reper
R13	274.1780	Novi reper

Število vseh reperjev = 14
Število danih reperjev = 1
Število novih reperjev = 13

MERITVE VIŠINSKIH RAZLIK IN DOLŽIN

Reper zadaj	Reper spredaj	Merjena viš.razlika	Merjena dolžina
HE42	R1	4.1316	0.1840
R1	R2	3.9950	0.6510
R2	R3	5.5525	0.4370
R3	R4	3.6636	0.3510
R4	R5	8.0536	0.3740
R5	R6	5.7773	0.4390
R7	R10	41.1791	0.7170
R10	R11	-29.3116	0.4960
R11	R6	-18.5120	0.4000
R6	R7	6.6443	0.4940
R11	R12	0.9568	0.0610
R7	R8	12.4829	0.4370
R8	R9	-4.9246	0.2120
R9	R7	-7.5587	0.4720
R8	R13	4.8695	0.3610

Število opazovanj = 15

Vektor normalnih enačb je zaseden 0.00 %.

ENAAČBE POPRAVKOV VIŠINSKIH RAZLIK

Št. Reper op. zadaj	Reper spredaj	Koeficienti			Utež
		a1	a2	f	
1 HE42	R1	0.	1.	0.0005	5.4348
2 R1	R2	-1.	1.	0.0000	1.5361
3 R2	R3	-1.	1.	-0.0004	2.2883
4 R3	R4	-1.	1.	0.0004	2.8490
5 R4	R5	-1.	1.	0.0004	2.6738
6 R5	R6	-1.	1.	-0.0003	2.2779
7 R7	R10	-1.	1.	-0.0001	1.3947
8 R10	R11	1.	-1.	0.0005	2.0161
9 R11	R6	1.	-1.	-0.0010	2.5000
10 R6	R7	-1.	1.	-0.0003	2.0243
11 R11	R12	-1.	1.	0.0002	16.3934
12 R7	R8	-1.	1.	0.0001	2.2883
13 R8	R9	1.	-1.	0.0004	4.7170
14 R9	R7	1.	-1.	-0.0007	2.1186
15 R8	R13	-1.	1.	-0.0004	2.7701

IZRAČUNANI POPRAVKI VIŠINSKIH RAZLIK

Št. Reper op. zadaj	Reper spredaj	Merjena	Popravek	Definitivna
		viš.razl.	viš.razl.	viš.razlika
1 HE42	R1	4.1316	0.0000	4.1316
2 R1	R2	3.9950	0.0000	3.9950
3 R2	R3	5.5525	0.0000	5.5525
4 R3	R4	3.6636	0.0000	3.6636
5 R4	R5	8.0536	0.0000	8.0536
6 R5	R6	5.7773	0.0000	5.7773
7 R7	R10	41.1791	0.0001	41.1791
8 R10	R11	-29.3116	0.0000	-29.3115
9 R11	R6	-18.5120	0.0000	-18.5120
10 R6	R7	6.6443	0.0000	6.6443
11 R11	R12	0.9568	0.0000	0.9568
12 R7	R8	12.4829	0.0002	12.4830
13 R8	R9	-4.9246	0.0001	-4.9245
14 R9	R7	-7.5587	0.0002	-7.5585
15 R8	R13	4.8695	0.0000	4.8695

Srednji pogrešek utežne enote, $m_0 = 0.00029$

Izračunano odstopanje = ***** mm ($s = 6.086$ km).

Dopustni odstopanji v sklenjeni niv. zanki:

- mreža NVM $f = \pm 1 \cdot \sqrt{s+0.04 \cdot s^2} = 2.8$ mm
 - mestna niv. mreža 1. reda $f = \pm 2 \cdot \sqrt{s+0.04 \cdot s^2} = 5.5$ mm

IZRAVNANE NADMORSKE VIŠINE REPERJEV

Reper	Približna višina	Popravek višine	Definitivna višina	Sred.pog. višine
R1	223.1400	-0.0005	223.1395	0.0001
R2	227.1350	-0.0006	227.1344	0.0003
R3	232.6870	-0.0001	232.6869	0.0003
R4	236.3510	-0.0005	236.3505	0.0004
R5	244.4050	-0.0009	244.4041	0.0004
R6	250.1820	-0.0006	250.1814	0.0005
R7	256.8260	-0.0002	256.8257	0.0005
R8	269.3090	-0.0002	269.3088	0.0005
R9	264.3840	0.0002	264.3843	0.0005
R10	298.0050	-0.0001	298.0049	0.0005
R11	268.6930	0.0004	268.6934	0.0005
R12	269.6500	0.0002	269.6502	0.0005
R13	274.1780	0.0002	274.1783	0.0005