



Grad Vrbovec

Studentska praksa: VRBOVEC '98



ZAGREB, prosinac 1998.



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU - GEODETSKI FAKULTET

UNIVERSITY OF ZAGREB - FACULTY OF GEODESY

Zavod za inženjersku geodeziju - Institute of Engineering Geodesy

Studentska praksa: VRBOVEC '98



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU - GEODETSKI FAKULTET
UNIVERSITY OF ZAGREB - FACULTY OF GEODESY
Zavod za inženjersku geodeziju - Institute of Engineering Geodesy

Voditelj prakse: Doc.dr.sc. Zdravko Kapović

Suradnici: Doc.dr.sc. Miodrag Roić
Mr.sc. Ivan Fanton
Siniša Mastelić-Ivić, dipl.ing.
Marijan Ratkajec, dipl.ing.

Studenti:
I. Bačić-Deprato
B. Mustajbašić
I. Rukavina
V. Jurić-Grgić
A. Neferović
A. Rupić
I. Lukić
R. Paar
G. Solar
S. Mišanović
I. Pendo
T. Tomić
V. Mandić
I. Poljanac

Zagreb, prosinac 1998.

Studentska praksa: VRBOVEC '98

SADRŽAJ

1.	UVOD	1
2.	VISINSKA OSNOVA	3
2.1	Projekt nivelmanske mreže	3
2.2	Niveliranje	3
2.3	Izjednačenje nivelmanske mreže	3
3.	POLOŽAJNA OSNOVA	5
3.1	Projekt polja osnovnih točaka	5
3.2	GPS mjerjenje i izjednačenje	6
3.3	Projekt polja dopunskih točaka	8
3.4	Mjerjenje i izjednačenje poligonske mreže	8
4.	IZMJERA	10
4.1	Postojeće stanje	10
4.2	Terenski radovi	10
4.3	Prikaz ostvarene izmjere	11
5.	3D IZMJERA I VIZUALIZACIJA	12
5.1	Izvođenje mjerena	12
5.2	3D-model dvorca	13
6.	ZAKLJUČAK	15
LITERATURA		
PRILOG		

PRILOG

1. UVOD

U tradiciju Geodetskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu ubrajamo, između ostalog, i studentske prakse koje se organiziraju i izvode već desetljećima diljem Lijepe naše. Tako se ove godine tradicija nastavila ostvarenjem studentske prakse, Usmjerenja inženjerska geodezija, u Vrbovcu od 4. do 10. listopada. Pripreme za praksu započele su već u proljeće ove godine nakon razgovora između predstavnika Ureda za katastarsko-geodetske poslove Zagrebačke županije, Ureda za katastarsko-geodetske poslove ispostava Vrbovec (u daljem tekstu: Katastar) i Zavoda za inženjersku geodeziju Geodetskog fakulteta (u daljem tekstu: Fakultet). U tijeku intenzivnih priprema gradonačelnik grada Vrbovca izrazio je spremnost sponzoriranja prakse. Sponzorstvo Vrbovca i finansijska potpora Fakulteta omogućili su uspješnu realizaciju prakse, koja se napisljetu okončava ovim elaboratom.

Da bi se rad na praksi što uspješnije organizirao definirane su radne zadaće, koje su nosile ove kratke nazive:

- **Nivelman,**
- **GPS,**
- **Poligonometrija,**
- **Izmjera,**
- **3D-izmjera.**

Formirano je pet grupa studenata, koje su zadužene s navedenim radnim zadaćama. Grupa **Nivelman** radila je na novoj visinskoj osnovi dok su grupe **GPS** i **Poligonometrija** obnavljale položajnu osnovu. **Izmjera** radila je na snimanju detalja u centru Vrbovca, a grupa zadužena za **3D-izmjjeru** snimala je dvorac Patačić kako bi izradila njegov 3D model. Svaka grupa imala je jednog nastavnika za voditelja. Sudionici prakse imali su smještaj i "stožer" u motelu Vrbovec. Slika 1. prikazuje skupnu fotografiju sudionika, a u tablici 1. nalaze se njihova imena.



Slika 1. Skupna fotografija svih sudionika prakse.

Zanimljivo je u ovim recima spomenuti kako je izgledao jedan radni dan. Već u 7 sati počinjao je doručak. Oko 7:30 kretalo se na teren prema zadaćama raspoređenim prethodne večeri. Stanka za objed trajala je sat i pol. Popodne se radilo do 18 sati, a poneke grupe radile bi i duže. Završetkom terenskog

rada i večerom nije završavao radni dan. Naime, kako se radilo modernim instrumentima trebalo je podatke prebaciti na računalo i potom obaviti kontrolna računanja, što je znalo trajati i do ponoći. Morali smo biti sigurni da su prebačeni podaci upotrebljivi.

Tablica 1. Sudionici prakse Vrbovec '98.

Nastavnici		Studenti						
1.	Z. Kapović	6.	I. Bačić-Deprato	11.	B. Mustajbašić	16.	I. Rukavina	
2.	M. Roić	7.	V. Jurić-Grgić	12.	A. Neferović	17.	A. Rupić	
3.	I. Fanton	8.	I. Lukić	13.	R. Paar	18.	G. Solar	
4.	S. Mastelić-Ivić	9.	S. Mišanović	14.	I. Pendo	19.	T. Tomić	
5.	M. Ratkajec	10.	V. Mandić	15.	I. Poljanac			

No, na praksi bilo je i drugih zbivanja osim naporna rada. Naši nastavnici doc. Kapović i doc. Roić, te kolega Paar bili su gosti na radio Vrbovcu, gdje su imali priliku ukratko prezentirati jednotjedno geodetsko događanje u Vrbovcu. U posjeti praktikantima bili su i ugledni gosti, gospoda prof. Ladislav Feil, prodekan Fakulteta za znanstveni i stručni rad, Branimir Gojčeta, ravnatelj Državne geodetske uprave, Đuro Turk, gradonačelnik grada Vrbovca, Zlatko Kuten, pročelnik Ureda za katastarsko-geodetske poslove Zagrebačke županije, Stjepan Galić, pročelnik Ureda za katastar i geodetske poslove grada Zagreba, te Dragan Vicković, novinar Radio Vrbovca. Tom prilikom održana je i cijelovita prezentacija rada na praksi. Istog popodneva održano je i prigodno natjecanje u horizontiranju i centriranju instrumenta. Rezultate nećemo spominjati!

2. VISINSKA OSNOVA

Planom prakse predviđjelo se ostvariti proglašenje visinske osnove u Vrbovcu. U tu svrhu već su prije početka prakse djelatnici Katastra stabilizirali niz novih repera. Pored ove prioritetne zadaće, na polju visinske osnove, trebalo je radi mogućnosti kontrole odrediti i visine niza točaka iz polja osnovnih kao i dopunskih točaka.

Visinsku osnovu trebalo je osloniti na repere preciznog nivelmana provedenog 1948. i 1957. Stoga su iz Katastra preuzeti položajni opisi repera s nadmorskim visinama. Rekognosciranjem terena ustanovljeno je sljedeće:

- iz vlaka br. 266 preciznog nivelmana visoke točnosti uz željezničku prugu Drava-Koprivnica-Vrbovec-Zagreb pronađen je reper MDXCV na željezničkoj stanici Vrbovec,
- reper 82/266 na propustu kanala na 460+180 kilometru i reper 4520 na stražarnici na 462+200 kilometru uništeni su rekonstrukcijom kanala odnosno obnovom stražarnice,
- reper 5974 na crkvi Sv. Vida u Vrbovcu uništen je također u toku obnove crkve.

Radovi na visinskoj osnovi pripadaju zadaći **Nivelman**, a grupu koja je radove obavila sačinjavali su studenti Verica Jurić-Grgić i Ilija Pendo, uz povremeno uključivanje Tomislava Tomića, Andreje Neferović i Ivana Lukića. Voditelj je bio mr.sc. Ivan Fanton.

2.1 Projekt nivelmanske mreže

Budući na širem području Vrbovca postoji samo reper MDXCV na zgradi željezničke stanice odlučeno je novu visinsku osnovu osloniti samo na taj reper! Eventualno priključivanje nove visinske osnove na dva ili više repera daleko izvan Vrbovca premašilo bi plan prakse. Nadalje, zahtjevalo bi još nekoliko desetaka kilometara nivelmana uz prometnice s vrlo gustim prometom. Sami smo se uvjerili koliko je to opasno.

Za izradu projekta nivelmanske mreže korišteni su: topografska karta 1:25000, plan grada Vrbovca, položajni opisi repera. Prema projektu (vidi sliku: VISINSKA OSNOVA) trebalo je odrediti visine novostabiliziranih repera: 5974P na crkvi Sv. Vida, 701 na trafostanici kod nove gradske tržnice, 702 na trafostanici u Ulici Kralja Tomislava u naselju Jug, 703 na zgradi diskonta PIK-a Vrbovec i 704 na upravnoj zgradi Doma za starije osobe.

2.2 Niveliranje

Za niveliranje korišteni su digitalni niveliri Leica NA 2000 i Zeiss DiNi 10 uz uporabu kodiranih letava. Prije početka niveliranja obavljeno je ispitivanje nivelira. Mjerenja su automatski pohranjivana i po završetku rada svakog dana prebacivana na računalo. Plan niveliranja prikazan je na slici: PLAN NIVELIRANJA.

Budući je uz svaki instrument postojala samo po jedna kodirana letva ovaj nivelman može se svrstati u red tehničkog nivelmana povećane točnosti kojeg karakterizira vjerojatna slučajna pogreška do 5 mm/km (Macarol 1961). Detalj s terenskih radova na nivelmanu prikazuje slika 2.

Za vrijeme prakse izniveliрано je ukupno 15 kilometara nivelmanskih linija. Ovaj podatak govori o efikasnosti primjene modernog instrumentarija u geodetskoj praksi.

2.3 Izjednačenje nivelmanske mreže

Izjednačenje nivelmanske mreže provedeno je po direktnim mjerenjima. Ključni nivelmanski vlak između repera MDXCV i 5974P niveliran je tri puta te je visinska razlika dobivena aritmetičkom sredinom. Dodavanjem te visinske razlike visini repera MDXCV dobivena je visina repera 5974P.



Slika 2. Terenski radovi na nivelmanu, nastavnik je uvijek u blizini.

Visine ostalih točaka u nivelmanskoj mreži dobivene su zatvaranjem figura na prethodno izračunate visine repera. U tablici 2. date su visine svih točaka kojima su odredene visine. Na temelju dvostrukih mjerena i zatvaranja figura procjenjuje se da pogreške visina ne prelaze ± 2 mm.

Tablica 2. Visine svih niveliranih točaka.

Točka	Visina	Točka	Visina	Točka	Visina	Točka	Visina
MDXCV	116.2311	502	114.469	602	129.060	611	129.996
5974P	145.7287	503	114.899	603	139.583	612	125.869
701	140.1800	504	120.177	604	143.126	613	123.328
702	118.1184	505	134.944	605	145.677	614	134.633
703	115.0293	506	135.256	606	146.689	615	131.644
704	114.7493	507	117.268	607	146.745	617	143.644
307	141.647	508	134.885	608	142.570	618	144.607
370	114.582	510	122.354	609	137.459	619	141.573
404	111.305	601	122.139	610	133.996	620	134.113

3. POLOŽAJNA OSNOVA

U nekoliko rekognosciranja terena, koji su prethodili praksi, načinjeno je idejno rješenje i plan radova na položajnoj osnovi. Na temelju toga stabilizirane su nove točke betonskim stupićima veličine 15x15x60 cm. Svaka točka ima okrugli reper s rupicom u sredini te podzemni centar veličine 15x15x5 cm. Djelatnici Katastra uz nadzor predstavnika Fakulteta sproveli su stabilizaciju točaka. Naglašavamo da se prilikom odabira položaja novih točaka vodilo računa o budućim akcijama uređenja i izgradnje grada te se na taj način donekle smanjila mogućnost uništenja novostabiliziranih točaka.

Položajna osnova ostvarena je u dvije cjeline: prva je polje osnovnih točaka, a druga polje dopunskih točaka. Polje osnovnih točaka radilo se GPS-om dok su dopunske točke mjerene terestričkim metodama. Budući da GPS omogućuje određivanje koordinata točaka, bez obzira na međusobno dogledanje i udaljenost između njih (Hofmann-Wellenhof i dr., 1994), projektom se predvidjelo obuhvatiti osim užeg gradskog područja i nešto šire izvengradsko područje. Dopunskim točkama, koje su priključene na polje točaka određenih GPS-om, obuhvaćen je centar grada.

Kod određivanja novog polja točaka za GPS mjerjenje ostvaren je priključak na postojeću geodetsku osnovu. Time je omogućen postupak transformacije koordinata između dva različita koordinatna sustava na temelju identičnih točaka. Razlog je potreba iskazivanja svih novouspostavljenih točaka u državnom Gauss-Krügerovom koordinatnom sustavu (Ratkajec i Kapović, 1997).

Katastar, zasnovan još na austrougarskom katastru, danas sve manje može odgovoriti na zahtjeve koji se pred njega stavljuju bez uvođenja modernih tehnoloških dostignuća. Stoga je razumljivo stremljenje k međnom katastru (Roić i Mastelić-Ivić, 1992). Svrha novoodređenih točaka je, prije svega, održavanje kataстра, ali je i neophodno polazište za postupnu uspostavu međnog katastra.

Radovi na položajnoj osnovi ostvareni su u zadaćama **GPS** i **Poligonometrija**. Grupa zadužena za **GPS** sastojala se od sljedećih studenata: Ivan lukić, Ivan Bačić-Deprato i Andrea Neferović, a pri mjerenu priključili su im se i svi ostali studenti. Voditelj im je bio asistent Marijan Ratkajec. Grupu koja je obavila radove na **poligonometriji** sačinjavali su studenti: Ivana Rukavina, Igor Poljanac i Goran Solar. Njihov voditelj bio je doc.dr.sc. Zdravko Kapović.

3.1 Projekt polja osnovnih točaka

Za izradu projekta polja točaka za GPS mjerjenje korišteni su: topografska karta 1:25000, plan grada Vrbovca, podaci o postojećoj geodetskoj osnovi, položajni opisi trigonometrijskih točaka, kontaktirani su djelatnici Katastra.

Po dolasku u Vrbovec svi studenti sudjelovali su u rekognosciranju terena i obilasku novopostavljenih točaka. Na temelju postojećih resursa i rekognosciranja uvidjelo se da je idejni projekt položajne osnove moguće proširiti pa se pristupilo stabilizaciji još nekoliko točaka. Ovo je bilo još jedno dragocjeno studentsko iskustvo (vidi sliku 3.)!

Grupa koja je sudjelovala u rekognosciranju terena radi pronalaženja trigonometara, uvjerila se u tvrdnju o velikom broju uništenih. Naime, ukupno obiđeno je jedanaest trigonometara. Od tog broja pronađena su samo četiri (307, 394, 404 i 362), za šest njih konstatirano je da su unišeni (405, 406, 290, 318, 321 i 306), a jedan nije upotrebljiv za mjerjenje GPS-om zbog velikog zaklanjanja (288). Zbog postavljenih rokova, ali i raskvašenog terena, moralo se s ovim trigonometrima provesti mjerjenje koristeći ih kasnije kao identične točke pri transformaciji. Konačan projekt polja točaka za GPS mjerjenje prikazuje slika: **POLOŽAJNA OSNOVA – Osnovne točke**. Njime je obuhvaćeno ukupno petnaest točaka.



Slika 3. Stabilizacija točaka uz budno oko nastavnika.

3.2 GPS mjerjenje i izjednačenje

Kod planiranja GPS mjerjenja odabrana je statička metoda, trajanje *sessiona* 30 minuta i *sample rate* 15 sekundi. Plan je također predviđao uključenje svih studenata u GPS mjerjenje.

Za GPS mjerjenje na raspolaganju bilo je šest GPS prijamnika:

- Trimble 4000 SSi (2 uređaja),
- Ashtech M-XII (2 uređaja),
- Topcon Turbo SII (2 uređaja).

Budući je ovo bila vrlo zahtjevna zadaća planirana je za treći dan prakse. Do tada trebalo je završiti projekt, upoznati se s rukovanjem prijamnika, napuniti baterije, kompletirati dodatnu opremu, napraviti nekoliko varijanti plana mjerjenja. Konačni i ostvareni plan mjerjenja dat je u tablici 3.

Kao što je vidljivo iz tablice 3. odabrana je varijanta s dva stacionarna Ashtech prijamnika na točkama 503 i 504. Ostali prijamnici bili su pokretni. Prije polaska na teren svaka ekipa dobila je zapisnik za GPS mjerjenje kao i plan mjerjenja. Po povratku u stožer opažanja sa svakog prijamnika prebačena su na računalo, a potom zapisana u RINEX2 formatu. Još u Vrbovcu napravljeno je i testno računanje vektora. Definitivno računanje svih vektora, izjednačenje mreže te transformacija koordinata obavljeno je na Fakultetu Trimbleovim softverskim paketom GPSurvey.

Tablica 3. Plan GPS mjerjenja.

	7.10.1998.	DOY 280	V R B O V E C ' 9 8				
	Vrijeme	I Turbo SII 1	II Ashtech 1	III Ashtech 2	IV Trimble 1	V Turbo SII 2	VI Trimble 2
1	8:00 - 8:30	394	503	504	362	501	
	8:30 - 9:00						
2	9:00 - 9:30	502	503	504	404	507	
	9:30-10:00						
3	10:00-10:30	508	503	504	506	505	
	10:30-11:00						
4	11:00-11:30	307	503	504	509	511	
	11:30-12:15						
5	12:15-12:45	510	503	504	362	511	
	12:45-14:30						
6	14:30-15:00		503	504	509	508	510
	15:00-15:45						
7	15:45-16:15		503	504	404	508	307

U postupku računanja vektora fiksirani su svi ambiguiteti, što govori podosta o značajkama mjerjenja provedenih GPS-om. Spomenimo neke: broj i konstelacija satelita prilikom mjerjenja bili su zadovoljavajući i povoljni, trajanje sessiona dostatno, za premještanje uređaja bilo je dovoljno vremena, oko točaka nije bilo značajnih zaklanjanja, kao niti refelektirajućih površina (vidi sliku 4).



Slika 4. Pravovremeno treba uključiti GPS, ali i ucrtati zaklanjanje.

Nakon provedenog izjednačenja mreže osnovnih točaka (vidi sliku: Mreža osnovnih točaka) dobivena je i ocjena točnosti. Ni jedna položajna pogreška ne prelazi ± 5 mm, dok niti jedna visinska pogreška ne prelazi ± 15 mm uz vjerojatnost od 68%. U postupak provođenja transformacije preko identičnih točaka uključena su sva četiri trigonometra. Međutim, u prvom koraku transformacije uočena su prevelika preostala odstupanja kod trigonometra 362 (tablica 4.). Stoga se u narednom koraku transformacije ovaj trigonometar morao tretirati kao i novoodređene točke.

U tablici 4. u koloni "visine prije transformacije" nalaze se visine koje su određene nivelmanom i prikazane su u poglavljju 2. **Visinska osnova**, osim visina trigonometara 362 i 394. U usporedbi

koordinata trigonometara prije i poslije transformacije očigledno je nesuglasje kod trigonometra 362. Pretpostavljamo da je ovaj trigonometar prestabiliziran iz nama nepoznatih razloga. Predlažemo da se nadalje za trigonometar 362 koriste koordinate, koje se u tablici 4. date u koloni "poslije transformacije" te će one biti upisane u položajni opis dat u Prilogu.

Tablica 4. Usporedba koordinata i visina točaka prije i poslije transformacije.

	Date koordinate			Koordinate dobivene GPS-om			Razlike		
	Prije transformacije			Poslije transformacije					
	Y	x	h	Y	x	h	Δy	Δx	Δh
307	5610818.86	5084476.85	141.647	5610818.817	5084476.832	141.675	0.043	0.018	-0.028
362	5605518.03	5085146.61	142.291	5605513.421	5085152.264	142.531	4.609	-5.654	-0.240
394	5605147.44	5080992.86	113.59	5605147.369	5080992.849	113.622	0.071	0.011	-0.032
404	5607569.38	5082038.29	111.305	5607569.495	5082038.318	111.314	-0.115	-0.028	-0.009
501				5608053.452	5083066.060	127.578			
502			114.469	5608168.468	5082585.104	114.449			0.020
503			114.899	5608730.141	5082722.372	114.863			0.036
504			120.177	5609969.136	5083365.956	120.160			0.017
505			134.944	5610660.662	5083753.998	134.952			-0.008
506			135.256	5610452.306	5083095.602	135.299			-0.043
507			117.268	5609549.276	5082782.187	117.270			-0.002
508			134.885	5610694.085	5083874.329	134.895			-0.010
509				5610223.141	5084371.781	134.218			
510			122.354	5610071.745	5082731.648	122.394			-0.040
511				5609313.152	5084730.120	144.961			

3.3 Projekt polja dopunskih točaka

Za izradu projekta dopunskih točaka korišteni su: plan grada Vrbovca, podaci o postojećoj geodetskoj osnovi, položajni opisi trigonometrijskih i poligonskih točaka. Projektom je predviđeno polje dopunskih točaka odrediti terestričkim metodama, te se vodilo računa da se točke međusobno dogledaju. Konačni projekt dopunskih točaka prikazuje sliku: POLOŽAJNA OSNOVA – Dopunske točke.

Dopunske točke čine mrežu, od šest poligonskih vlakova, priključenu na tri GPS točke. Tri glavna vlaka postavljena su između GPS točaka dok su tri dopunska vlaka priključena na poligone glavnih vlakova. Na taj način dobivene su zatvorene figure u kojima se lako može napraviti brza kontrola mjerena. Od dvadeset dopunskih točaka jedna je poligon od izmjere iz 1977., s novom numeracijom (616) i novim koordinatama.

3.4 Mjerenje i izjednačenje poligonske mreže

Na dopunskim točkama mjereni su prijeljni i vezni kutovi u dva girusa te dužine obostrano koristeći pribor za prisilno centriranje. Za mjerenje korištena je mjerna stanica Leica TC 1800 s mogućnosti automatske registracije mjerena i mogućnosti prijenosa podataka na računalo što se uvelike koristilo. Kako je bilo na terenu pokazuje slika 5.

Budući je prije nekoliko godina renoviran toranj crkve Sv. Vida, koji je bio trigonometar 2. reda 87c, trebalo je kontrolirati postav nove jabuke. Stoga je sa svake dopunske točke vizirano na toranj ukoliko je bio nezaklonjen. Cilj je bio napraviti presjek naprijed kako bi se odredile koordinate novog signala i usporedile s koordinatama starog.

Radi jednostavnosti računanja poligonskih vlakova koristilo se izjednačenje po hijerahiji prema planu računanja prikazanom na slici: POLIGONSKA MREŽA – Plan računanja. Kako su tri glavna vlaka (1, 2 i 3) postavljena između osnovnih točaka, čije su kordinate dobivene iz GPS mjerena i potom transformacije a točka za orientaciju trebao je biti toranj crkve, moralo se ove vlakove najprije

izjednačiti kao da su priključeni samo po koordinatama. Zatim su presjekom pravaca izračunate koordinate tornja označenog sada kao 87P. Potom su izračunati nanovo glavni vlakovi, ali sada kao priključeni i po smjeru i po koordinatama. Nakon toga slijedilo je računanje triju dopunskih vlakova (4, 5 i 6). Rezultati su prikazani u tablici 5.



Slika 5. Asistent savjetuje mlađeg kolegu.

Ova računanja provedena su tabličnim kalkulatorom Excel iz Microsoftova officea 97. Relativne srednje pogreške položajnih koordinata dopunskih točaka kreću se između 1/17000 i 1/57000 što ocjenjujemo vrlo zadovoljavajućom točnosti.

Tablica 5. Gauss-Krügerove koordinate dopunskih točaka.

Točka	Y	x	Točka	Y	x
601	5610065.877	5083284.696	611	5610426.242	5083661.180
602	5610169.848	5083245.363	612	5610271.391	5083554.969
603	5610286.473	5083177.618	613	5610169.642	5083515.047
604	5610530.214	5083217.678	614	5610246.625	5083352.059
605	5610567.053	5083296.481	615	5610323.347	5083495.768
606	5610518.594	5083330.272	616	5610462.341	5083283.362
607	5610560.985	5083385.596	617	5610346.255	5083259.642
608	5610594.786	5083501.999	618	5610528.586	5083418.140
609	5610617.110	5083640.194	619	5610502.815	5083451.012
610	5610554.152	5083732.777	620	5610442.681	5083550.244

4. IZMJERA

Planom studentske prakse grupa za izmjeru imala je zadaću polarnom metodom snimiti uži centar Vrbovca. Grupu za izmjeru sačinjavali su: Vedrana Mandić, Smiljan Mišanović i Ante Rupić. Budući se radilo o opsežnoj zadaći, radi izmjere detalja za prikaz u krupnom mjerilu, njima se kasnije priključila još jedna grupa: Ivan Bačić-Deprato, Ivan Lukić i Andrea Neferović. Voditelj izmjere bio je asistent Siniša Mastelić-Ivić.

4.1 Postojeće stanje

Snimanje detalja obavljeno je s novostabiliziranih točaka položajne osnove čije su koordinate određene tijekom studentske prakse GPS-om i terestričkim metodama. U katastru postoje katastarski planovi 1:1000 za područje centra Vrbovca. Jedan od ciljeva naše izmjere bio je napraviti usporedbu dviju izmjera, katastrske i naše "studentske", na ovom ograničenom području. Razlog tomu je što su se ove izmjere izvodile s različite položajne osnove.

Radi ispitivanja podudarnosti dviju izmjera potrebito je obje imati u digitalnom obliku. "Studentska" izmjeru digitalnom je nastajala već provođenjem mjerjenja s digitalnim instrumentarijem. Katastarska izmjeru postala je digitalnom postupkom skaniranja planova 1:1000. Vektorizacija rasterskih podataka nije provedena već je raster korišten samo kao podloga pri vizualnoj ocjeni podudarnosti dviju izmjera.

4.2 Terenski radovi

Kao što je kazano, snimanje detalja obavljeno je polarnom metodom. Kod polarne metode mjere se relativne polarne koordinate pojedine točke detalja obzirom na stajališnu točku i točku za orientaciju. Stajališna točka ima poznate apsolutne pravokutne koordinate, u ovom slučaju radi se o Gauss-Krügerovim koordinatama. Jednostavnim se matematičkim operacijama relativne polarne koordinate svih detaljnih točaka preračunaju u pravokutne apsolutne koordinate. Osim položajnih koordinata izmjerom su određene i visine detaljnih točaka. Određivanjem položajnih koordinata i visine svake detaljne točke moguće je izraditi horizontalni i visinski prikaz terena.



Slika 6. Detalj s terenskih radova na izmjeri.

Za mjerjenje korištene su mjerne stanice Leica TC 600 i Leica TC 1800, obje s mogućnošću automatske registracije. Upoznavanje s instrumentima provedeno je na Fakultetu u Zagrebu, gdje su instrumenti i ispitani. Samo snimanje trajalo je punih pet dana, što dovoljano govori o opsežnosti ovog zadatka. Detalj s terenskih radova prikazuje slika 6.

Snimanjem obuhvaćeni su svi značajni detalji terena, počevši od poprečnih profila ulica, pročelja kuća, šahtova, žardinjera, drveća, hidranata, prometnih znakova, rasvjetnih stupova, klupa i ostalih objekata na terenu. Svakodnevno se nakon obavljenih terenskih radova obavljalo prebacivanje mjerenih podataka iz mjernih stanica u računalo.

4.3 Prikaz ostvarene izmjere

Obrada mjerenih podataka napravljena je u računaonici Fakulteta u Zagrebu. Programom Microsoft Excel 97 izračunate su koordinate detaljnih točaka i njihove visine, a zatim su prebačene u bazu podataka izrađenu u programu Microsoft Access 97. Baza je omogućila učitavanje podataka u CAD program Microstation 95, gdje je napravljen digitalni plan mjerenog područja. Svi veći objekti (ulice, kuće i sl.) prikazani su tlocrtno, dok su ostali objekti (šahtovi, semafori, drveće, itd.) prikazni znakovima. Visinski prikaz dobiven je na temelju odabralih točaka unešenih u program Surfer 6.0, a zatim je taj prikaz preklopljen na plan područja u programu Microstation 95. Izmjera se radila za plan u mjerilu 1:200, kojeg u elaboratu nije moguće prikazati. Ostvarena izmjera za sada je pohranjena u digitalnom obliku.

5. 3D IZMJERA I VIZUALIZACIJA

Prodor modernih tehnologija u područje geodezije zadnjih je desetljeća dosegnuo neslućene razmjere. Brzi računalni razvoj promijenio je čak i poimanje geodetske struke. Računalom podržano upravljanje prostorom osim obične filozofije danas postaje stvarnost (Matijević i Roić, 1997).

Grupa zadužena za **3D izmjeru** dobila je zadaću napraviti trodimenzionalnu izmjерu dvorca "Patačić" (slika 7.), izgrađenog u 18. stoljeću, i izraditi vizualizaciju kao neophodnu digitalnu podlogu za bolje upravljanje prostorom. Imajući u vidu starost zgrade digitalna podloga može služiti i za očuvanje kulturne baštine. Možda veličina zgrade od 1000 m^3 , odnosno njezin model stvoren na računalu, na običnog promatrača neće ostaviti poseban dojam. Ali zamislite ogromno industrijsko postrojenje veličine nekoliko milijuna m^3 . Računalo vam omogućuje da ga "obiđete" za nekoliko sati te procijenite vrijednost postrojenja, za što bi vam inače trebalo nekoliko tjedana ili mjeseci.



Slika 7. Fotografija dvorca "Patačić".

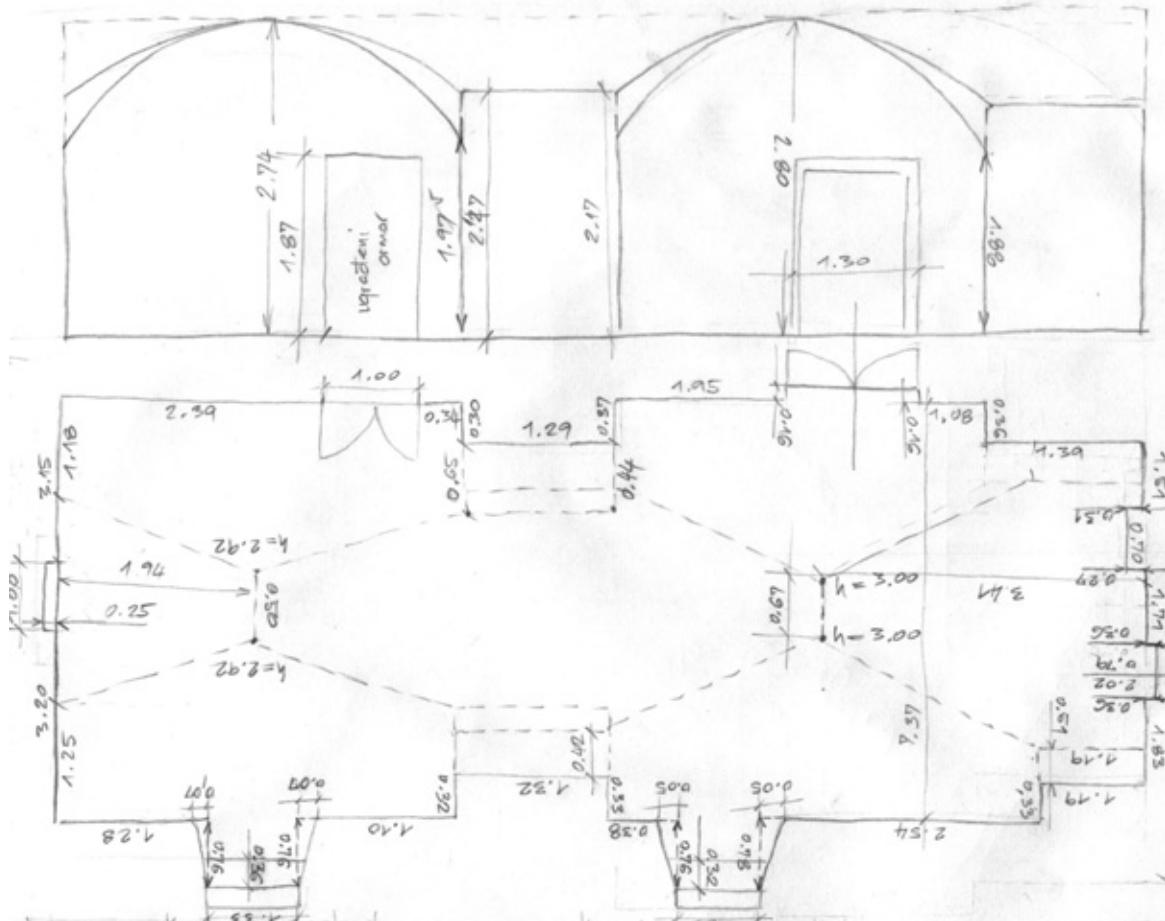
Grupu koja je radila 3D izmjeru i vizualizaciju sačinjavali su studenti: Tomislav Tomić, Branka Mustajbašić, Igor Poljanac i Rinaldo Paar. Voditelj bio je dr.sc. Miodrag Roić.

5.1 Izvođenje mjerenja

Izvođenje mjerenja sastojalo se iz tri dijela:

- postavljanje geodetske osnove,
- trodimenzionalno snimanje karakterističnih točaka zgrade,
- detaljna izmjera unutrašnjosti.

Zadana točnost izmjere bila je 2 cm (relativno 1 cm), a da bi bila ostvarena trebalo je postaviti geodetsku osnovu za određivanje prostornih točaka zgrade. Stoga je izmjereni zatvoreni poligonski vlak uz uporabu pribora za prisilno centriranje. S točaka poligonskog vlaka opažane su karakteristične točke zgrade. Pristupačne točke opažane su polarno, a nepristupačne metodom presjeka pravaca. Koristili su se instrumenti Leica TC 1800 i Zeiss Elta 15, s mogućnosti automatske registracije mjerjenih podataka i prijenosa podataka u računalo.



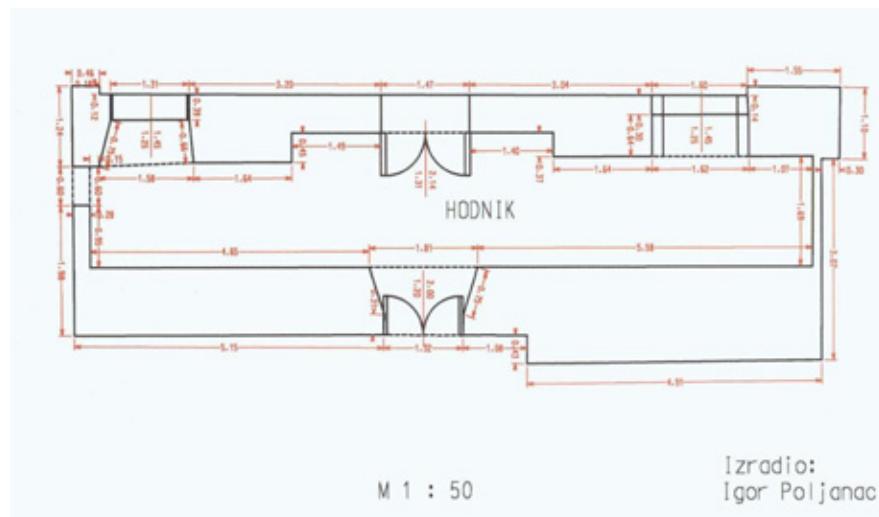
Slika 8. Jedna od skica 3D-izmjere.

Detaljna izmjera unutrašnjosti obuhvaćala je izmjeru svake pojedine prostorije zgrade. To se radilo s ručnim laserskim daljinomjerom DISTO, koji se pokazao vrlo dobrim instrumentom za mjerjenje visina prostorija. Kod izmjere unutrašnjosti trebalo je izmjeriti svaki detalj, odnosno istaku, veći od 1 cm. Pri tome je upotrebljavan i ručni dvometar. Kod izmjere unutrašnjosti trebalo je posebnu pažnju posvetiti crtanju skica (slika 8.), koje su kasnije u velikoj mjeri poslužile kod izrade 3D-modela. Sve prostorije su fotografirane, kako kasnije ne bi bilo poteškoća prilikom crtanja modela ako se nešto propustilo izmjeriti.

5.2 3D -model dvorca

Digitalni 3D-model dvorca izrađivao se na PC računalima fakultetske računaonice. Prije same izrade modela trebalo je izračunati koordinate prostornih točaka objekta. Prvo su računate koordinate svake točke u zatvorenom poligonskom vlaku. Nakon toga bilo je moguće izračunati koordinate detaljnih točaka objekta koje su opažane s tih točaka ili polarnom metodom ili presjekom pravaca. Za računanje koordinata točaka korišten je tablični kalkulator Excel iz Microsoftova officea 97.

Izračunate koordinate detaljnih točaka zgrade učitane su u Microstation 95, s kojim se modelirao 3D-model dvorca. Svaki član grupe trebao je izraditi jednu prostoriju zgrade, a na kraju su sve prostorije spojene u jednu cjelinu. Iz tako napravljenog 3D-modela moguće je dobiti razne presjeke, tlocrte ili nacrte dvorca (slika 9.).



Slika 9. Tlocrt hodnika zgrade.

Dvodimenzionalni prikaz (slika 10.) 3D-modela dvorca "Patačić" vrlo je sličan fotografiji. Cilj vizualizacije, između ostalog, je i bio dobiti model sličan realnom objektu. Na kraju je napravljen i film koji može poslužiti za prezentaciju dvorca.



Slika 10. Dvodimenzionalni prikaz 3D-modela.

6. ZAKLJUČAK

Četrnaest studenata, pod nadzorom pet nastavnika, u relativno je kratkom vremenskom razdoblju od šest dana trajanja studentske prakse mjerjenjem prikupila mnoštvo raznovrsnih podataka. Naime, sve ono što je bilo izmjereno na terenu obrađivano je još cijeli semestar, kako bi se naposljetku mogao izraditi završni elaborat. Rezimirajmo ukratko što je sve napravljeno.

Na području Vrbovca određene su visine pet novih repera, za jedanaest novih točaka koordinate u Gauss–Krügerovom sustavu određene su GPS-om, a za dvadesetjednu točku terestričkim metodama. Napravljena je relacijska baza podataka o stalnim geodetskim točkama, čija se najvažnija prednost pred klasičnim načinom arhiviranja podataka očituje u mogućnosti brzog pregledavanja i ažuriranja. Radi lakšeg pronalaženja točaka na terenu, osim ispisanih položajnih opisa iz baze, načinjeni su grafički prikazi smještaja točaka na rasterskim podlogama. Centar Vrbovca snimljen je polarnom metodom za prikaz u krupnom mjerilu. Vizualizacija dvorca “Patačić” sjajan je primjer uloge geodezije u očuvanju kulturne baštine. Film o dvorcu što je napravljen na temelju trodimenzionalne izmjere može poslužiti i u turističkoj promidžbi Vrbovca.

Ocjenujući pouzdanost koordinata i visina stalne geodetske osnove možemo kazati sljedeće:

- Uklapanje novoodređene položajne osnove u postojeću geodetsku osnovu ostvareno je na temelju malog broja trigonometara, iz objektivnih razloga. Na temelju preostalih odstupanja nakon transformacije držimo da u apsolutnom smislu nova položajna osnova “pliva” unutar 12 cm, dok joj je relativna točnost oko deset puta bolja. Jednostavno objašnjenje za ovu paradoksalnu situaciju nalazi se u neophodnom postupku uklapanja preciznih mjerjenja u netočan postojeći okvir.
- Nova visinska osnova, u apsolutnom smislu, ovisi o točnosti repera MDXCV na kojeg je oslonjena. U relativnom smislu visinska osnova zadovoljava postavljenu točnost tehničkog nivelmana povećane točnosti.

LITERATURA

- Hofmann-Wellenhof, B., G. Kienast, H. Lichtenegger (1994): GPS in der Praxis. Springer Verlag, Wien-New York.
- Macarol, S. (1961): Praktična geodezija, II izdanje. Tehnička knjiga, Zagreb.
- Matijević, H., M. Roić (1997): Računalom podržano upravljanje prostorom. Zbornik radova: Prvi hrvatski kongres o katastru, 19.-21. veljače 1997., Hrvatsko geodetsko društvo, Zagreb.
- Ratkajec, M., Z. Kapović (1997): Globalni referentni sustavi i međni katastar. Zbornik radova: Prvi hrvatski kongres o katastru, 19.-21. veljače 1997., Hrvatsko geodetsko društvo, Zagreb.
- Roić, M., S. Mastelić-Ivić (1992): Pregled radova na automatizaciji katastra u Austriji. Geodetski list, 1992, 4, 479-488, Zagreb.