

## Almin Đapo, MSc in Technical Sciences

On May 12, 2005, Almin Đapo defended his MSc thesis *Processing and Interpretation of Geodetic Measurements on the Zagreb Geodynamic Network*. His mentor was Assoc. Prof. Dr. Damir Medak. The examination committee included Assist. Prof. Dr. Boško Pribičević, Assoc. Prof. Dr. Stanislav Frangeš, and Prof. Dr. Eduard Prelogović from the Faculty of Mining, Geology and Oil Engineering.



Almin Đapo was born on 17th August 1974 in Dubrovnik, where he finished primary and secondary school (mathematics and informatics) with the work *Relativity from Galileo to Einstein*. In 1993, he enrolled the Faculty of Geodesy, University of Zagreb. During his studies, he was a teaching assistant in Geoinformatics II, Marine Geodesy I, Geodetic Astronomy I, Physical Geodesy II and III, Geodesy in Geosciences. He was one of the initiators and editors of the geodesy student journal *Ekscentar*. In 1996, he was the founding member of the Faculty's first rowing team. He earned the Rector Award for the best student written work *Three-Dimensional Geodetic Model of the Plitvice Lakes*. He finished his diploma thesis in 2000 with the topic *Connection of the Republic of Croatia to the World Absolute Gravimetric Network – UNIGRACE Project*. His mentor was academician Petar Krešimir Čolić. Since April 2000, Almin Đapo has been working as a collaborator on the project *Establishment of New Geoid Points on the Territory of the Republic of Croatia*. In October 2000, he was appointed as a young researcher at the scientific project *Satellite and Physical Geodesy in the Republic of Croatia (07151)*, under the leadership of Dr. D. Medak. Since November 2000, Almin Đapo has been a younger assistant at the Institute of Higher Geodesy, today Institute of Geomatics. He was admitted to the postgraduate studies at the Faculty of Geodesy in 2002. Currently, he is employed as an assistant on the Chair of Hydrography. As the author or co-author, he published 14 scientific or professional papers. He presented his work at five international scientific conferences. He is a member of the Croatian Chamber of Architects and Engineers in Civil Engineering.

The thesis *Processing and Interpretation of Geodetic Measurements on the Zagreb Geodynamic Network* consists of 185 pages (A4 paper), 61 figures, 18 tables, 31 references, 16 appendices, abstract in Croatian and in English, short biography of the author. The thesis is divided into following nine chapters:

1. Introduction
2. Plate Tectonics
3. Stress and Deformation
4. Geodetic Methods for Deformation Measurements
5. Zagreb Geodynamic Network

6. GPS-observations
7. Processing of GPS-observations
8. Visualization of Results
9. Conclusion

Since 1997, Faculty of Geodesy, University of Zagreb has been performing systematic research related with precise satellite positioning for geodynamic purposes on specially founded stations in the area of the City of Zagreb. Although the first and primary goal of the measurement campaign performed in 1997 was the establishment of a homogeneous field of GPS-points

for the City of Zagreb, repeated GPS measurements on the complete network in 2001 and 2004 fulfilled the second purpose of the network: the Zagreb Geodynamic Network was created.

The main goals of the thesis were the determination of kinematical movements on the points of the Network 1997-2004, and the comparison of commercial and scientific software packages for the processing of GPS-measurements.

In the first chapter, the author explains the motivation for his research: monitoring of global and local geodynamics is the most important application of precise satellite positioning. The hypothesis clearly states which scientific questions the thesis should answer. Previous work of other authors is reported in detail, especially of those authors who investigated the Adriatic Microplate and the Zagreb area. The chapter ends with the structure of the rest of the thesis.

The second chapter describes the Earth as a dynamic planet, as shown with movements of tectonic plates. The main principles of tectonic plates theory, as well as physical mechanisms that cause the movements are explained.

In the third chapter, stress and deformation as basic notions in geodynamics are explained. Stress is the force exerted on an aerial unit spreading through the material through intra-atomic fields. Stress is causing deformation as a measurable effect. Theoretic background of these phenomena, as well as the different ways of its determination is given.

The fourth chapter analyses geodetic methods of deformation measurements: classical terrestrial measurements, VLDBI, satellite laser measurements, global positioning system and satellite radar interferometry. Measurement principles of all mentioned methods are described with a special emphasis on GPS.

The history of the Zagreb Geodynamic Network is given in the fifth chapter. This network was used for the practical part of the thesis. The interdisciplinary character

## *Almin Đapo, magistar tehničkih znanosti*

Almin Đapo obranio je 12. svibnja 2005. na Geodetskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu magistarski rad *Obrada i interpretacija geodetskih mjerenja na Geodinamičkoj mreži Grada Zagreba*. Mentor je bio prof. dr. sc. Damir Medak, a u Povjerenstvu za obranu magistarskog rada bili su još doc. dr. sc. Boško Pribičević, prof. dr. sc. Stanislav Frangeš, te prof. dr. sc. Eduard Prelogović s Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.

Almin Đapo rođen je 17. kolovoza 1974. u Dubrovniku, gdje je završio osnovnu školu i gimnaziju, matematičko-informatički smjer. Maturirao je s temom *Relativnost od Galileja do Einsteina*. Godine 1993. upisao se na Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu. Za vrijeme studija bio je demonstrator iz predmeta Geoinformatika II, Pomorska geodezija I, Geodetska astronomija I, Fizikalna geodezija II, Fizikalna geodezija III i Geodezija u geoznanostima. Bio je jedan od pokretača i urednika časopisa studenata geodezije *Ekscenar*. Također je bio potpredsjednik podružnice Studentskog zbora na Geodetskom fakultetu. Godine 1996. s kolegama je osnovao prvu veslačku ekipu Geodetskog fakulteta. Dobitnik je Rektorove nagrade za najbolje pisane studentske radove Sveučilišta u Zagrebu za rad pod nazivom *Trodimenzionalni geodetski model Plitvičkih jezera*. Diplomirao je početkom 2000. godine pod mentorstvom akademika Petra Krešimira Čolića na temi *Priključenje Republike Hrvatske u svjetsku apsolutnu gravimetrijsku mrežu – Projekt UNIGRACE*. Od 2000. radi kao vanjski suradnik na projektu *Uspostavljanje novih geoidnih točaka na teritoriju Republike Hrvatske*, a u listopadu iste godine izabran je u zvanje znanstvenog novaka na projektu *Satelitska i fizikalna geodezija u Republici Hrvatskoj (07151)* kojeg je voditelj bio prof. dr. sc. D. Medak. U studenome 2000. izabran je u zvanje mlađi asistent u Zavodu za višu geodeziju, danas Zavodu za geomatiku, Geodetskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu. Godine 2002. upisao je poslijediplomski studij na Geodetskom fakultetu. Danas radi kao asistent na Katedri za hidrografiju. Kao autor i koautor objavio je 14 znanstvenih i stručnih radova. Prezentirao je radove na pet međunarodnih simpozija. Član je Hrvatske komore arhitekata i inženjera u graditeljstvu.

Magistarski rad *Obrada i interpretacija geodetskih mjerenja na Geodinamičkoj mreži Grada Zagreba* sadrži 185 stranica teksta formata A4, 61 sliku, 18 tablica, popis literature s 31 naslovom, 16 priloga, sažetak na hrvatskom i engleskom jeziku, kratki životopis autora te CD s digitalnom verzijom magistarskog rada. Rad je podijeljen u 9 poglavlja:

1. Uvod
2. Tektonika ploča
3. Stres i deformacije krutih tijela
4. Geodetske metode za mjerenje deformacija
5. Geodinamička mreža Grada Zagreba

6. GPS-opažanja
7. Računalna obrada GPS-opažanja
8. Vizualizacija rezultata
9. Zaključak

Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu od 1997. godine provodi sustavan znanstveno-istraživački rad vezan uz primjenu preciznog satelitskog određivanja položaja za geodinamičke svrhe na specijalno stabiliziranim točkama na području Grada Zagreba. Iako je prvi i osnovni cilj GPS-kampanje izvedene 1997. godine bila uspostava Temeljne GPS-mreže Grada Zagreba kao osnove za uspostavu homogenog polja GPS-točaka za Grad Zagreb, ponovljenim mjerenjima 2001. i 2004. godine na cjelovitoj mreži, ispunjena je i druga planirana svrha te mreže, tj. ostvarena je Geodinamička mreža Grada Zagreba.

Glavni ciljevi magistarskog rada bili su određivanje kinematičkih pomaka na točkama Geodinamičke mreže Grada Zagreba 1997-2004 te usporedba komercijalnog i znanstvenog softvera za obradu GPS-mjerenja.

U prvom poglavlju izlaže se motivacija rada: praćenje globalne i lokalne geodinamike kao jedna od najvažnijih znanstvenih primjena preciznog satelitskog pozicioniranja. Poslije motivacije daje se hipoteza rada u kojoj se jasno postavljaju pitanja na koja magistarski rad treba dati odgovor. Potom se opisuju prethodna istraživanja vezana uz geodinamička istraživanja Jadranske mikro-ploče i zagrebačkog područja. Autor se ovdje pretežno služi navođenjem kvalitetnih referenci. Na kraju poglavlja izložena je struktura magistarskog rada.

Drugo poglavlje opisuje Zemlju kao dinamičan planet, što je vidljivo iz pomaka tektonskih ploča. Prikazani su osnovni principi pomicanja tektonskih ploča, te fizikalni mehanizmi koji uzrokuju to gibanje.

Treće poglavlje opisuje stres i deformaciju kao osnovne pojmove u geodinamici. Stres se izražava kao sila po jedinici površine koja se širi kroz materijal pomoću unutaratomskih polja. Stres uzrokuje deformaciju kao mjerljivu posljedicu. Detaljno su opisani teorijski temelji tih pojmova i objašnjeni različiti načini njihova mjerenja.

U četvrtom poglavlju zasebno se obrađuju geodetske metode mjerenja deformacija: preko klasičnih terestričkih do dugobazisne interferometrije, satelitskih laserskih mjerenja, globalnog pozicijskog sustava i satelitske radarske interferometrije. Ukratko su opisani principi mjerenja svim navedenim metodama s posebnim naglaskom na GPS.

U petom poglavlju opisuje se detaljno nastanak Geodinamičke mreže Grada Zagreba, koja je poslužila za realizaciju praktičnog dijela magistarskog rada. Objašnjava se interdisciplinarni karakter kako te mreže tako i svih geodinamičkih istraživanja u kojima precizna geodetska mjerenja imaju sve važniju ulogu. Opisan je

of the Network is explained. The project of the Network, underground and overground foundation of the stations unique in Croatia is shown.

The sixth chapter describes all GPS measurements on the Zagreb Geodynamic Network. Each campaign is accompanied by a graphical and tabular distribution of stations depending on sessions and used instruments.

The seventh chapter is especially important, because it shows the author's contribution to the research of the Network. A unique approach is used in processing of GPS measurements: all campaigns are processed with scientific software GAMIT/GLOBK, developed at Massachusetts Institute of Technology. The author has shown complete understanding of this complex modular scientific package and explained in detail the method of Kalman filtering used for unified processing of timely distant campaigns. At the end of this chapter, an original contribution of the thesis is given: comparison of accuracy in coordinates and baseline components obtained with the Trimble software and the GAMIT software.

The eighth chapter deals with the methodology of result visualization, which has already been used in the

seventh chapter. The package used was Generic Mapping Tools, an open-source package developed at the University of Hawaii. Almin Đapo explains the various ways in which he used this popular scientific geovisualization tool in detail.

Finally, the ninth chapter summarizes the answers on hypothesis and goals of the thesis. Due to the careful approach to the planning and performing of satellite positioning campaigns with the processing, the obtained accuracy is significantly higher from the magnitudes of movements in local geodynamic network. Open-source software packages used for processing and visualizations have important advantages, which were proved in this thesis.

The candidate Almin Đapo, Graduate Engineer, comprehended the methodology of scientific work: finding the research material, reading, analysing and making conclusions together with its presentation. His work, especially in processing of all GPS campaigns, the comparison of scientific and commercial GPS-processing software packages, are an important contribution to the application of geodesy in geodynamics.

*Prepared by Damir Medak*

## *Admir Mulahusić, MSc in Technical Sciences*

On January 16, 2006, Admir Mulahusić defended his master thesis *Cartography of Sarajevo* at the Faculty of Civil Engineering, University of Sarajevo. His mentor was Prof. Dr. Miljenko Lapaine, a full professor at the Faculty of Geodesy, University of Zagreb, and a full professor at the Faculty of Civil Engineering, University of Sarajevo. Assoc. Prof. Dr. Stanislav Frangeš from the Faculty of Geodesy, University of Zagreb, and Assist. Prof. Dr. Zdravko Galić from the Faculty of Civil Engineering, University of Sarajevo, were members of the Committee for Grading and Defending of the Thesis.

Admir Mulahusić was born in Sarajevo on 17th October 1969. He attended and finished primary and the secondary technical school in Sarajevo. In 1988, he enrolled the graduate studies at the Department of Geodesy, Faculty of Civil Engineering, University of Sarajevo. He graduated in 1993. He lived and worked in Canada from December 1995 to December 1999. He attended and finished the *Global Connections Training Program in Canadian Business Culture, Communication and International Trade and Marketing* in Winnipeg (Canada). At the end of 2000, he attended the course *Digital photogram-*

*metric workstations, modern technology in digital terrain modelling, application in GIS, architectural photogrammetry* in Vienna (Austria). In 2004, he finished the *Individual training course on establishing digital topographic maps at PASCO Corporation* under the International cooperation programme of the Government of Japan in Tokyo (Japan).

From 1996 to 1999, he worked in the field of applied geodesy, projecting, land development of new subdivisions, land surveying with some involvement in Town Planning and Municipal Engineering (companies IDG Stanley in Winnipeg and Anton Kikas Ltd. in Toronto). After he returned to Bosnia and Herzegovina, he worked as a Professional Advisor in the field of Geodesy and Legal Property at the Municipality "Novo Sarajevo". Afterwards, he started to work as an assistant at the Faculty of Civil Engineering in Sarajevo (Geodesy department), where he is still employed as an assistant in teaching activity (courses Photogrammetry I and Photogrammetry II). He has been the Head of the Institute of Geodesy and Geoinformatics at the Faculty of Civil Engineering in Sarajevo since 2004.

projekt izrade mreže, te specijalna podzemna i nadzemna stabilizacija točaka jedinstvena u Republici Hrvatskoj.

U šestom poglavlju opisuju se sva provedena GPS-mjerenja na Geodinamičkoj mreži Grada Zagreba. Za svaku kampanju grafički je i tablično prikazan raspored točaka prema vremenskoj raspodjeli opažanja i korištenim instrumentarijem.

Sedmo poglavlje posebno je značajno jer je u njemu izražen autorov doprinos istraživačkom radu na predmetnoj mreži. Za obradu GPS-mjerenja korišten je jedinstveni pristup: sve GPS-kampanje obrađene su uz pomoć znanstvenog softvera za obradu GPS-mjerenja GAMIT/GLOBK razvijenog na Massachusetts Institute of Technology. Autor je u radu demonstrirao cjelovito znanje u upotrebi ovog znanstvenog softvera i detaljno je objasnio metodologiju Kalmanovog filtriranja koja se upotrebljava pri objedinjavanju vremenski odvojenih kampanja. Na kraju ovog poglavlja dat je i izvorni doprinos rada u kojem je uspoređena točnost koordinata i vektora dobivenih komercijalnim programskim paketima za obradu GPS-mjerenja tvrtke Trimble sa znanstvenim softverom.

U osmom poglavlju zasebno je opisana metodologija vizualizacije rezultata rada, koja je već primijenjena u

sedmom poglavlju. Riječ je o programskom paketu Generic Mapping Tools (Osnovni kartografski alati), slobodnom softveru razvijenom na Sveučilištu Hawaii. Autor je detaljno prikazao načine na koje je upotrijebio ovaj vrlo popularni kartografski alat za vizualizaciju svojega rada.

Zaključno deveto poglavlje pregledno prikazuje odgovore na postavljene hipoteze i ciljeve magistarskog rada. Primijenjenim pristupom satelitskim mjerenjima i njihovoj obradi postignuta je točnost koja je signifikantno bolja od magnitude pomaka na točkama lokalne geodinamičke mreže. Slobodni softveri uobičajeno se upotrebljavaju na znanstvenim institucijama kako za obradu tako i za vizualizaciju rezultata. Njihove prednosti dokazane su i u ovom magistarskom radu.

Pristupnik Almin Đapo, dipl. ing., ovladao je metodom znanstveno-istraživačkog rada: prikupljanjem izvornika, njihovim čitanjem, analiziranjem, stvaranjem zaključaka i njihovom prezentacijom. Svojim je radom, posebno samostalno izvedenom obradom svih GPS-kampanja, usporedbom znanstvenog i komercijalnog softvera za obradu GPS-mjerenja dao vrijedan doprinos području primjene geodezije u geodinamici.

Pripremio Damir Medak

## *Admir Mulahusić, magistar tehničkih znanosti*

Admir Mulahusić obranio je 16. siječnja 2006. godine na Građevinskom fakultetu Univerziteta u Sarajevu magistarski rad pod naslovom *Kartografija Sarajeva*. Mentor je bio prof. dr. sc. Miljenko Lapaine, redoviti profesor na Geodetskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu i Građevinskom fakultetu Univerziteta u Sarajevu. U povjerenstvima za ocjenu i obranu rada bili su uz mentora još dr. sc. Stanislav Frangeš, izvanredni profesor Geodetskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu i dr. Zdravko Galić, docent Građevinskog fakulteta Univerziteta u Sarajevu.

Admir Mulahusić rođen je u Sarajevu, 17. listopada 1969. Osnovnu i srednju Geodetsku tehničku školu završio je u Sarajevu. Godine 1988. upisao se na Građevinski fakultet u Sarajevu (Odsjek za geodeziju), a 1993. diplomirao. Od prosinca 1995. do prosinca 1999. živi i radi u Kanadi, gdje pohađa i završava *'Global Connections Training Program In Canadian Business Culture, Communication and International*



*Trade and Marketing'*. Krajem 2000. godine boravi u Beču (Austrija), gdje pohađa tečaj *Digital photogrammetric workstations, modern technology in digital terrain modelling, application in GIS, architectural photogrammetry*. Godine 2004. završava u Tokiju (Japan) *Individual training course on establishing digital topographic maps at PASCO corporation* pod pokroviteljstvom Japan International Cooperation Agency (JICA) under the International cooperation programme of the Government of Japan.

Od 1996. do 1999. radi na poslovima inženjerske geodezije i projektiranja (kompanije IDG Stanley u Winnipegu i Anton Kikas Limited u Torontu). Nakon povratka u Bosnu i Hercegovinu radio je u općini Novo Sarajevo, kao viši stručni suradnik za geodetske i imovinsko pravne poslove. Nakon toga izabran je za asistenta na Odsjeku za geodeziju Građevinskog fakulteta u Sarajevu, gdje i danas radi kao asistent na predmetima Fotogrametrija I